

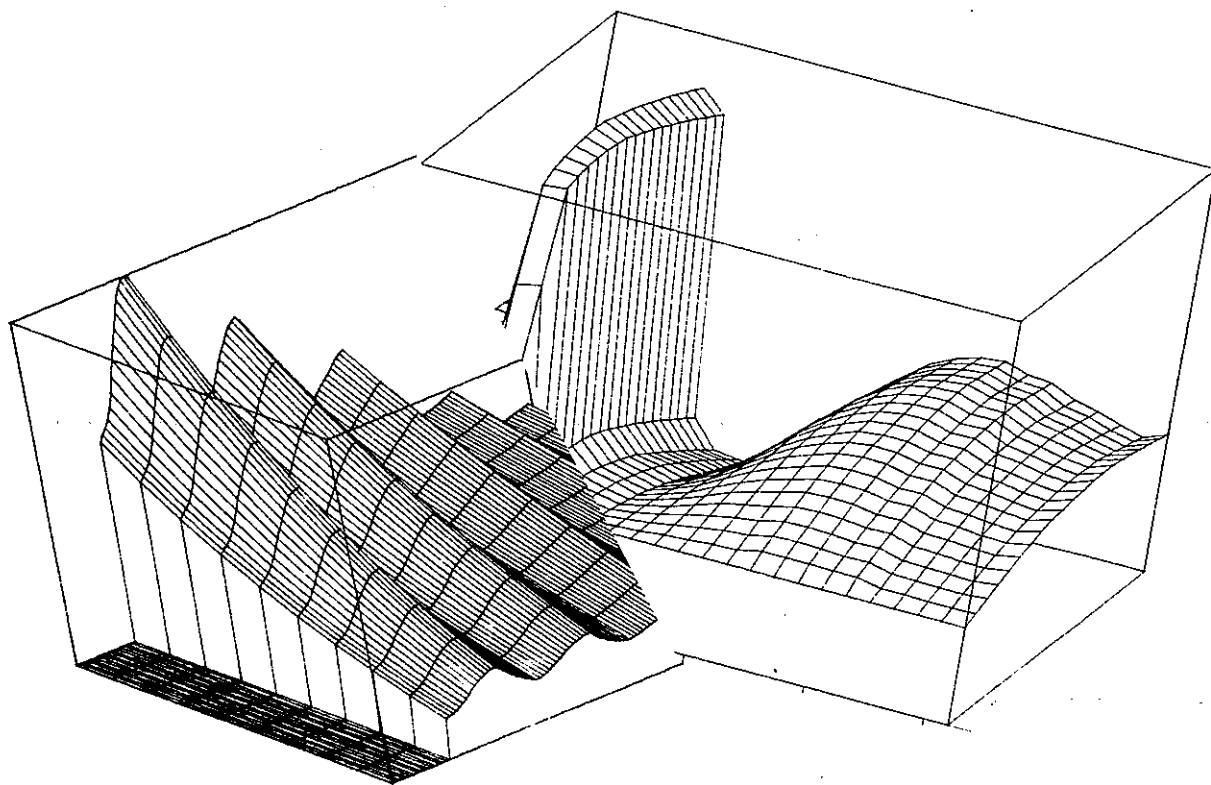
# FISKERIKANDIDATOPPGAVE

AV

**EDGAR HENRIKSEN**

Sommerloddefiske eller vinterloddefiske ?

En bioøkonomisk analyse av loddebestanden  
i Barentshavet.



**Institutt for Fiskerifag  
Universitetet i Tromsø  
1984**

## FORORD.

Med dette leveres min fiskerikandidatoppgave. Den er en del av fiskerikandidateksamen. Oppgaven har kostet et års hardt arbeid, mange frustrasjoner og mye fravær fra familien. Til gjengjeld har den gitt mange aha-opplevelser og gleden ved å fullføre et større arbeid. Jeg har dessuten lært endel bioøkonomi underveis.

Jeg vil rette en takk til min veileder cand. oecon. aman. Ola Flåten for god veiledning og oppklarende diskusjoner under utarbeidelsen av teorikapittelet og kostnadskapittelet. Fiskerikandidat Sigfus Kristmannsson, tidligere forsker ved FTFI-Tromsø, har vært til uvurderlig hjelp i programmeringsfasen og ved tilrettelegging av simuleringsopplegget. Han har bl.a. laget opplegget for alle de maskintegnede figurene. Uten hans hjelp ville EDB-opplegget blitt langt mere tidkrevende og dårligere. Takk Sigfus! Jeg vil også takke fiskerifagstudent Leif Longva for hans bidrag til kapittel 5..

Til sist vil jeg takke Det Kongelige Miljøverndepartement og NFFR for økonomisk støtte. Fra MD har jeg motatt støtte slik at jeg slapp å ta sommerjobb i innspurten med oppgaven. NFFR har finansiert deler av innsamlinga av det empiriske materialet over prosjektet "Bioøkonomiske studier i Barentshavet" (IV 403.53).

Tromsø november 1984.

  
Edgar Henriksen.

# INNHO L D S F O R T E G N E L S E

---

<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMSTILLING.....	1
1.2. OPPGAVENS INNHold.....	2
1.2.1. TEORIEN (kapittel 2.).....	3
1.2.2. LODDAS BIOLOGI (kapittel 3.).....	4
1.2.3. FANGST, FLÅTE OG FABRIKKSTRUKTUR (kapittel 4.).....	4
1.2.4. PRISER OG INNTEKTER (kapittel 5.).....	4
1.2.5. KOSTNADER (kapittel 6.).....	5
1.2.6. SIMULERINGSMODELLEN (kapittel 7.).....	5
1.2.7. RESULTATER OG ANALYSE (kapittel 8.).....	5
1.3. SYMBOL- OG VARIABELLISTE.....	5
<b>2. BIOØKONOMISK TEORI.....</b>	<b>9</b>
2.1. GENERELL BIOØKONOMISK TEORI.....	9
2.2. FISKERIØKONOMISK TEORI BESKREVET VED HJELP AV SCHAEFER-MODELLEN .....	9
2.2.1. PRODUKTFUNKSJONEN - SAMMENHENGEN MELLOM W OG .....	10
2.2.2. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, $Y = qEW..$	13
2.2.3. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, $Y = qEhWk$	16
2.3. HVORDAN REALISERE GRUNNRENTE.....	23
2.4. KAPITALTEORI OG BIOØKONOMI, $Y = qEW.....$	24
2.4.1. KAPITALTEORI OG BIOØKONOMI, $Y = qEhWk.....$	28
2.5. BEVERTON & HOLT MODELLEN. ....	29
2.6. FISKE PÅ EN ÅRSKLASSE MED SESONGVEKST.....	34
2.7. PRISEN SOM TIDSFUNKSJON.....	40
2.8. HVA SKJER DERSOM $F_{MAX} < \infty$ .....	42
2.9. AKTUELLE KOSTNADSFUNKSJONER.....	45
2.9.1. SKIFT I KOSTNADSFUNKSJONEN UNDER FISKE.....	47
2.10. FRA ÅRSKLASSE TIL BESTAND.....	47
2.10.1. BESTAND MED SESONGVEKST.....	50
2.11. B&H-MODELLEN MED PRODUKTFUNKSJONEN $Y = qEhWk.....$	50
2.11.1. SESONGVEKST OG PRODUKTFUNKSJON: $Y = qEhWk..$	53
2.11.2. FISKE PÅ BESTAND MED PRODUKTFUNKSJON $Y = qEh.....$	54

2.12. LODDEFISKE I BARENTSHAVET.....	57
<b>3. LODDAS BIOLOGI, UTBREDELSE OG VANDRING.....</b>	<b>60</b>
3.1. LODDEBESTANDER I NORSKEHAVET.....	60
3.2. UTBREDELSE OG LIVSMØNSTER.....	61
3.3. NATURLIG DØDELIGHET.....	61
3.4. INDIVIDVEKST, - SESONGAVHENGIG OG TETTHETSAVHENGIG..	62
3.4.1. TETTHETSAVHENGIG VEKST.....	63
3.5. BEREGNINGER FOR VEDVARENDE UTBYTTE.....	65
3.6. UTVIKLING I FETT OG TØRRSTOFF.....	65
3.6.1. FETT.....	65
3.6.2. TØRRSTOFF.....	67
3.7. REKRUTTERING.....	68
3.8. VANDRING.....	69
3.8.1. FANGSTFELT.....	70
<b>4. FANGST, FLÅTE OG FABRIKKSTRUKTUR.....</b>	<b>72</b>
4.1. KORT OM HISTORISK UTVIKLING.....	72
4.2. FANGSTSAMMENSETNING; SELEKSJON.....	72
4.2.1. FANGST PER ÅRSKLASSE.....	73
4.3. UTVIKLING I FLÅTESTØRRELSE OG SAMMENSETNING.....	73
4.4. FABRIKKSTRUKTUR.....	75
4.4.1. REGIONAL FORDELING AV FOREDLINGSKAPASITET....	76
4.4.2. FØRINGSDISTANSER.....	76
4.4.3. MOTTAKSKAPASITET.....	77
4.5. PRODUKTFUNKSJON - SAMMENHENG MELLOM FANGST OG INNSAT	78
<b>5. PRISER PÅ LODDE OG INNTEKTER FRA LODDEFISKE.....</b>	<b>81</b>
5.1. PRIS PÅ LODDE TIL OPPMALING.....	81
5.1.1. KVALITETSGRADERING.....	82
5.1.2. PRISKALKYLESKJEMAET.....	82
5.1.3. AVREGNINGSPRIS.....	83
5.1.4. SALGSAPPARATET FOR MEL OG OLJE.....	84
5.1.5. PRISREGULERINGSFONDET FOR SILD.....	85
5.1.6. SPESIALPRODUKTER.....	87
5.1.7. PRISSTØTTE.....	88
5.1.8. MARKEDSBESTEMT PRIS TIL FISKER.....	88
5.2. PRIS PÅ LODDE TIL KONSUM.....	90



5.3.	INNTEKTSBEREGNINGER FOR LODDEFISKE.....	92
5.3.1.	KONSUMINNTEKTER.....	93
5.3.2.	INNTEKTER FRA LEVERANSER TIL OPPMALING.....	93
5.3.3.	SAMLEDE FANGSTINNTEKTER.....	95
<b>6.</b>	<b>SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I RINGNOTFISKE.....</b>	<b>96</b>
6.1.	KAPITALKOSTNADER.....	96
6.1.1.	PRISJUSTERTE KAPITALKOSTNADER.....	98
6.2.	DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.....	99
6.2.1.	PRISJUSTERTE DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.....	100
6.3.	DRIVSTOFFKOSTNADER.....	100
6.4.	PRODUKTAVGIFT.....	102
6.5.	ARBEIDSKRAFTKOSTNADENE.....	103
6.6.	SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I LODDEFISKERIENE.....	106
6.6.1.	KAPITALKOSTNADER I LODDEFISKE.....	106
6.6.2.	DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.....	109
6.6.3.	DRIVSTOFFKOSTNADER.....	110
6.6.4.	ARBEIDSKRAFTKOSTNADER.....	111
6.6.5.	TIDSBRUK I LODDEFISKET.....	111
6.6.6.	SESONGLENGDE.....	112
6.6.7.	SAMLEDE SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I LODDEFISKE.....	112
<b>7.</b>	<b>MODELLSIMULERING: KOMBINERING AV TEORI OG EMPIRI.....</b>	<b>113</b>
7.1.	SIMULERINGSOPPLEGGET.....	113
7.1.1.	SIMULERINGSMODELLEN.....	113
7.2.	SIMULERINGSPROGRAMMET FOR LODDEFISKE (LODDEDY).....	117
7.2.1.	DYNAMO; EN KORT BESKRIVELSE.....	117
7.2.2.	ANTALL LODDE.....	119
7.2.3.	BIOMASSE.....	119
7.2.4.	GYTEBIOMASSE.....	120
7.2.5.	NATURLIG DØDELIGHET.....	120
7.2.6.	INDIVIDVEKTER VED ALDER OG TIDSPUNKT.....	120
7.2.7.	FANGST I ANTALL INDIVIDER.....	121
7.2.8.	START OG STOPP AV SESONG.....	121
7.2.9.	FLÅTEN.....	122
7.2.10.	FANGST GENERERT UT I FRA REGIONAL FORDELING.....	122
7.2.11.	ÅRLIG FANGST.....	123
7.2.12.	FANGSTFELT.....	123
7.2.13.	PRIS.....	123
7.2.14.	INNTEKTER.....	123

7.2.15. KOSTNADER.....	124
7.2.16. NÅVERDI.....	124
7.2.17. TID ETC.....	124
7.3. MODELLENS FORUTSETNINGER OG BEGRENSNINGER.....	125
7.3.1. LODDEDY'S FORUTSETNINGER.....	125
7.3.2. MODELLENS BEGRENSNINGER.....	127
<b>8. BIOØKONOMISK ANALYSE.....</b>	<b>129</b>
8.1. ANALYSEOPPLEGGET.....	129
8.1.1. SESONGVEKSTENS BETYDNING FOR VALG AV FANGSTSTRATEGI.....	130
8.1.2. PRODUKTFUNKSJONENS BETYDNING FOR VALG AV FANGSTSTRATEGI.....	136
8.1.3. DEN KORTSIKTIGE PROFITTFUNKSJONEN'S BETYDNING	138
8.2. DYNAMISK OPTIMERING.....	144
8.3. DEN OPTIMALE LØSNINGEN.....	145
8.3.1. LANG SESONG.....	145
8.3.2. TO SESONGER.....	148
8.3.3. EN KORTERE SESONG.....	149
8.4. KOMENTARER TIL OPTIMAL LØSNING.....	152
<b>9. REFERANSELISTE.....</b>	<b>154</b>
<b>10. APPENDIKS I: Fangststatistikk.....</b>	<b>160</b>
<b>11. APPENDIKS II: Kommentarer til priskalkyleskjemaet.....</b>	<b>161</b>
<b>12. APPENDIKS III: Kapitalkostnader.....</b>	<b>164</b>
<b>13. APPENDIKS IV: Driftsavhengige kostnader.....</b>	<b>166</b>
<b>14. APPENDIKS V: Drivstofforbruk.....</b>	<b>167</b>
<b>15. APPENDIKS VI: LODDESB.....</b>	<b>168</b>
<b>16. APPENDIKS VII: LODDELB.....</b>	<b>179</b>
<b>17. APPENDIKS VIII: LODDEDY.....</b>	<b>184</b>

## 1. INNLEDNING.

I denne oppgaven vil jeg se på det "klassiske" bioøkonomiske problemet: Hvordan optimere økonomisk utbytte fra et fiskeri? Fiskeriet brukt som case er loddefisket i Barentshavet. Lodda i Barentshavet beskattes i det alt vesentligste av Soviettunionen og Norge. Fisket foregår i to sesonger kalt vinterloddefisket og sommerloddefisket. Vinterloddefiske foregår under gyteinnsiget til Finnmarkkysten i tidsrommet januar - april. I denne sesongen leveres en del avlodda til konsum til høyere priser en resten av fangstene som går til oppmaling. Sommerloddefiske foregår mot slutten av beitesesongen, i tidsrommet august - november, fra Bjørnøya og nordøstover i Barentshavet. Lodda fiskes i hovedsak av ringnotflåten. Under vinterloddefiske står trålere for i underkant av 10% av oppfisket kvantum.

Lodda befinner seg på et lavt trofisk nivå, dvs den befinner seg nært starten i næringskjeden og beiter på en rekke arter dyreplankton. Loddas næringsopptak vil derfor avhenge av en sterk årsvariasjonen i tilgangen på byttedyr. Forekomstene av byttedyr bestemmes av årsvariasjonen i lys og næringssalter. Denne årsvariasjonen i næringstilgang er karakteristisk for alle planktonetere på høye breddegrader. Tilgangen på byttedyr har en syklisk utvikling med en topp hver sensommer/høst, hvoretter der raskt avtar mot 0. Dette medfører at loddas individvekst blir sterkt sesongpreget. Sesongvekstens og gytevandringens betydning ved samfunnsøkonomisk optimalisering vil bli analysert i denne oppgaven.

### 1.1. PROBLEMSTILLING.

Problemstillingen i denne oppgaven er relatert til hvilke implikasjoner biologiske faktorer som sesongvekst og gytevandring har å si for samfunnsøkonomisk optimal utnyttelse av loddebestanden. I den videre framstillingen er forutsetningen at målsetningen med utnyttelsen av Barentshavlodda å oppnå størst mulig samfunnsøkonomisk overskudd i loddefiske. Denne målsetninga gir i seg selv ingen presis formulering av problemstillingen. En mere presis formulering er som følger: Gitt at målet er størst mulig samfunnsøkonomisk overskudd fra loddefiske under forutsetning av

at mottakskapasiteten på land ligger fast, hva betyr da:

- 1) Sesongveksten for valg av sesongstart og sesonglengde ?
- 2) Gytevandringen for valg av sesongstart og sesonglengde ?
- 3) Fartøystørrelsen for fiskets økonomiske resultat ?
- 4) Den store økningen i priser som innføringen av en konsumfiskesesong i et industrifiske for valg av sesongstart og sesonglengde ?

Som det framgår av presiseringen av problemstillingen er ikke selve det samfunnsøkonomiske optimum så interessant som hvordan ressursene skal allokteres for å finne dette. Det jeg er ute etter å finne er den sesongstart, sesonglengde og den fartøystørrelse som skal brukes gitt den overordnede forutsetningen. Jeg vil ikke bruke tid på å finne f.eks. bioøkonomisk likevekt. I denne oppgaven tar jeg ikke med mottakskapasiteten i den økonomiske analysen som annet enn en teknisk beskrivelse.

## 1.2. OPPGAVENS INNHOLD.

Oppgaven består av åtte kapitler som det er naturlig å dele inn i tre deler. Den første delen består av innledningen og teori (kapitlene 1. og 2.) og jeg betrakter denne som oppgavens viktigste del. Den andre delen består av datamaterialet og bearbeidelsen av dette (kapitlene 3., 4., 5., og 6.). Den tredje og siste delen består av simuleringamodellen og simuleringresultatene. Simuleringsmodellen må betraktes som bindeleddet mellom teorien og dataene. Kapitlene vil bli summarisk presentert i avsnittene til dette underkapittelet.

I oppgaven betrakter jeg loddefiske som en case. Det viktigste med simuleringene i denne oppgaven er å skape en basis for en analyse i henhold til teorien. Av denne grunnen har jeg betraktet arbeidet med dataene som mindre viktig enn arbeidet med analysen og teorien. Følgen av at jeg har betraktet datamaterialet som mindre viktig er at jeg f.eks. ikke har gjennomført en større statistisk analyse av materialet. I de tilfeller jeg har laget kurver på basis av datamaterialet er disse øyetilpasset i stedet for beregnet vha en passende statistisk metode. På tross av dette regner jeg datamaterialet tilstrekkelig gjennomarbeidet slik at analysens kvalitet ikke svekkes vesentlig.

En god del av beregningene som er gjort i denne oppgaven er gjort på grunnlag av data belagt med forenklinger og forutsetninger. Dette gjelder f.eks. fastfrysning av mottakskapasitet, flåtas fart og prisene. For disse dataene er det relativt enkelt teknisk å foreta sensitivitetsberegninger mhp resultatene, men det vil være relativt tidkrevende. Jeg har derfor latt dette være til fordel for problemstillingene skissert tidligere i dette kapitlet.

### 1.2.1. TEORIEN (kapittel 2.).

Denne oppgaven begynte som en studie av hvilke implikasjoner sesongvekst har for valg av beskatningsstrategi. Dette preger teorikapitlet i meget stor grad. Behandling av prisendring i sammenheng med veksten er også behandlet relativt grundig i teorien. En faktor som det i den teoretiske analysen er brukt liten tid på er analyse av vilke økonomiske implikasjoner vandringsmønsteret har for utnyttelsen av en fiskeart. Jeg mener likevel at det er vist klart, om enn kort, hvorfor vandringsmønsteret påvirker det økonomiske resultatet.

I bioøkonomisk litteratur er problemstillinger omkring sesongvekst i svært liten grad behandlet. Det finnes idag kun en artikkel som eksplisitt behandler hvilke bioøkonomiske implikasjoner sesongvekst har. Dette er en artikkel av Flåten (1983a). I artikkelen modifiseres en Schaefer-type bioøkonomisk modell slik at den også kan benyttes til analyse av sesongvekst. I denne oppgaven er en tradisjonell Beverton-Holt type bestandsmodell forsøkt modifisert til et analyseverktøy for å kunne besvare problemstillingen.

Det er vanlig at en i en bioøkonomisk analyse kommer fram til pang-pang løsninger. Med dette menes at en på et gitt tidspunkt skal sette inn en meget stor fiskeinnsats. En fisker bestanden ned for siden å la denne bygge seg opp igjen til neste fiskeperiode. Dette stiller imidlertid krav til fiskets produktfunksjon som jeg mener ikke oppfylles i loddefiske. Kravet er at fiskeinnsatsen grenseproduktivitet er konstant. Som jeg skal vise senere er fiskeinnsatsens grenseproduktivitet ikke konstant, men avtakende i loddefiske. Behandlingen av denne typen produkt-

funksjon, og hva den betyr for valg av fangststrategi er viet stor oppmerksomhet i teorikapittelet.

### 1.2.2. LODDAS BIOLOGI (kapittel 3.).

I dette kapittelet er de biologiske input i simuleringsmodellen presentert. Dette inbefatter sesongvekst og tetthetsavhengig vekst. Den tetthetsavhengige veksten diskuteres i det videre lite. Prisene til fisker er avhengige av innholdet av fett og tørstoff i loddefangstene og følgelig er den prosentvise utviklingen i disse produktene fra lodde tatt med.

Rekruteringsfunksjonen er hentet direkte fra litteraturen (Hamre og Tjelmeland, 1982) og vandringsmønsteret er funnet dels med støtte i litteraturen (Hamre 1980) og dels på bakgrunn av fangststatistikk fordelt på ICES sine statistikkområder.

### 1.2.3. FANGST, FLÅTE OG FABRIKKSTRUKTUR (kapittel 4.).

Dette kapittelet omhandler grovt klasifisert det teknologiske aspektet ved loddefiske. Med dette menes fangstteknologien, representert ved seleksjon, utviklingen i fartøystøttelse og fabrikkstørrelser og lokalisering. For den videre analysen er den viktigste delen av dette kapittelet de produktfunksjonene som avledes fra gjeldene fabrikk- og flåtestruktur.

### 1.2.4. PRISER OG INNTEKTER (kapittel 5.).

Dataene for priser til konsum og oppmaling er innsamlet av medstudent Lief Longva. Han har også stått for største delen av bearbeidelsen av materialet. Dataene er i hovedsak hentet fra publikasjoner fra SSF og fra Nordsildmel. Prisene er i 1983 kr.

Dette kapittelet inneholder også opplysninger om fangstanvendelse. Med konsumlodde mener jeg i denne oppgaven all lodde som ikke går til oppmaling. Konsumloddemengder er fastsatt og plasert i de rette tidspunktene av året.

### 1.2.5. KOSTNADER (kapittel 6.)

Kostnadene for flåta er i første rekke hentet fra "Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m l.l. og over". Kostnadene er prisjusterte opp til 1983 kr. Arbeidskraftkostnadene er satt til gjennomsnittelig industriarbeiderlønn inkludert sosiale utgifter.

Kostnadene til sildemelfabrikkene er ikke med. Grunnen er at disse er definert ut av problemstillinga.

### 1.2.6. SIMULERINGSMODELLEN (kapittel 7.).

Simuleringsmodellen benyttet i denne oppgaven er deterministisk og programert i Dynamo. Rundt programmet som uttrykker modellen er det laget en rekke styringsprogrammer som sørger for gjentatte kjøringar av modellen og som tar vare på simuleringsresultatene. De sistnevnte programmene er laget av fiskerikandidat Sigfus Kristmannsson, tidligere forsker ved FTFI-Tromsø. Modellen må betraktes som kombinerings av teorien og de eksogent gitte dataene fra kapitlene 3., 4., 5., og 6..

I dette kapitlet presenteres også en oppsummering av hvilke forutsetninger modellen bygger på og endel av modellens begrensninger.

### 1.2.7. RESULTATER OG ANALYSE (kapittel 8.).

Resultatene er frambrakt ved simuleringer og vil bli presentert enten i teksten, i figurer eller i tabeller. Resultatene vil bli vurdert og analysert i henhold til teorikapitlet og problemstillingen for denne oppgaven. Jeg vil i tillegg knytte endel kommentarer til analysen.

## 1.3. SYMBOL- OG VARIABELLISTE.

I de fleste kapitlene introduseres det symboler og/eller variabler. I det følgende vil jeg liste opp symbolene og variablene brukt i denne oppgaven og forklare dem. I tillegg til denne listen er alle variablene forklart etter hvert som de introdu-

seres. Variablene er presentert i alfabetisk rekkefølge. Jeg vil ikke ta med kombinasjoner av variabler og prefikser og postfikser dersom disse ikke inngår i definisjoner.

- am:** Antall mann ombord i et fartøy i loddefiske.
- A, a og b:** Paramerte som inngår i en mere avansert produkt-funksjon.
- AK:** De samfunnsøkonomiske mannskapskostnadene .
- AR:** Gjennomsnittelig samfunnsøkonomisk inntekt.
- B:** Gytebestanden i millioner tonn, Denne størrelsen er benyttet ved beregning av antall rekrutter.
- BF:** Basis fettinnhold brukt under beregning av oppmalingspris (GP).
- B<sub>0</sub>:** Konstant parameter som inngår i rekruttfunksjonen.
- BK:** Brennstoffkostnadene for et fartøy i perioden.
- BP:** Basispris ved oppmaling.
- BT:** Basis tørstoffinnhold brukt under beregningen av oppmalingspris (GP).
- c:** Kostnad per fiskeinnsatsenhet.
- cf:** Faste kostnader per fartøy.
- C(t):** Antall individer i fangst.
- dk:** Driftsavhengige kostnader per døgn per fartøy.
- DK:** Driftsavhengige kostnader i en simuleringsperiode per fartøy.
- e:** Et fartøys fiskeinnsats.
- E:** Flåtas fiskeinnsats. I teorien er denne ubenevnt. I simuleringsmodellen er den gitt som fartøy/periode.
- E<sub>mey</sub>:** Den fiskeinnsats som gir maksimum økonomisk utbytte.
- E<sub>msy</sub>:** Den fiskeinnsats som gir størst vedvarende fangstvolum fra en bestand
- f:** Fettinnhold i lodda.
- fd:** Utseilt distanse for et fartøy i en periode.
- F:** En årsklasses momentane fiskedødelighetsrate.
- FC:** Faste kostnader i fiske.
- F<sub>max</sub>:** En stor nok fiskeinnsats til å tilfredstille en pang-pang løsning.
- FS:** Fettreguleringssatsen til bruk ved beregninger av oppmalingspris (GP).
- F(V):** Drivstofforbruket per n.mil ved en gitt hastighet (V).
- GP:** Pris per hl lodde til oppmaling.



- G(W)**: En bestands tilvekst slik den uttrykkes i Schaefer-modellen.  
**h** og **k**: parametre i en produktfunksjon.  
**i**: Heltall som angir en årsklasses alder.  
**I**: Seleksjonskoeffisient.  
**j**: Indeks som angir sesong i forbindelse med fastleggelsen av prisene til konsum og oppmaling.  
**kk**: Kapitalkostnader per driftsdøgn per fartøy.  
**K**: Kritisk biomasse benyttet ved beregningen av tetthetsavhengig vekst.  
**KK**: Kapitalkostnader per periode per fartøy.  
**KF**: Fangster levert til konsum.  
**KR**: Inntekter fra konsumleveranser.  
**KP**: Sesongavhengig konsumpris.  
**M**: En årsklasses momentane naturlige dødelighetsrate.  
**MC**: Marginale kostnader.  
**MR**: Marginale inntekter.  
**MSY**: Maksimalt vedvarende utbytte.  
**N(t)**: Antall individer i en årsklasse ved tidspunkt  $t$ .  
**OR**: Inntektene fra lodde til oppmaling.  
**p, p(t)**: Pris som hhv konstant og som variabel mhp tid.  
**PV**: Nåverdien av et innbetalingsoverskudd fra fiske.  
**q**: proporsjonalitetskonstant.  
**r**: Bestandens underliggende vekstrate slik den uttrykkes i Schaefer-modellen.  
**r(t)**: Bestandens underliggende vekstrate når denne har sesongvariasjon.  
**R**: Antall rekruttet i  $10^{10}$ , denne betegnelsen brukes i forbindelse med beregningen av produktfunksjonen.  
**R<sub>m</sub>**: Konstant parameter som inngår i rekruteringsfunksjonen.  
**ST**: Tid i døgn brukt til steaming.  
**SW(t)**: Gytebiomasse ved tidspunkt  $t$ .  
**tt**: Tørstoffinnholdet i lodda.  
**t<sub>g</sub>**: Det årlige gytetidspunktet.  
**t<sub>min</sub>**: Årlig minimum i individvekt når en årsklasse har sesongvekst.  
**t<sub>max</sub>**: Årlig maksimum i individvekt når en årsklasse har sesongvekst.  
**t<sub>p</sub>**: Lengde av en simuleringsperiode.  
**t<sub>-</sub>**: Årlig minimum i biomasse når en årsklasse har sesongvekst.  
**t<sub>+</sub>**: Årlig maksimum i biomasse når en årsklasse har sesongvekst.

- TC: Samlede samfunnsøkonomiske kostnader.
- TF: Samlet fangst i en periode.
- TR: Samlede samfunnsøkonomiske inntekter.
- TS: Tørrstoffreguleringssats til bruk under beregning av oppmalingspris (GP).
- $u(t)$ : Tettetsavhengig vekstfaktor.
- $v$ : Fangsthastighet; fangstmengde per tidsenhet.
- $V(t)$ : Årsklassen eller bestandens nominelle verdi på tidspunkt  $t$ .
- VC: Variable kostnader, kostnader direkte avhengig av drift.
- $w(t)$ : Gjennomsnittelig individvekt i en årskasse ved tidspunkt  $t$ .
- $w^*$ : Største mulige individvekst, liten bestand.
- W: En bestands eller en årsklasses biomasse.
- $W_L$ : Likevektsbiomasse; Fangst og tilvekst er like store.
- $W_{ia}$ : En årsklasses vektandel i fangsten.
- $W_k$ : Kritisk biomasse benyttet i sammenheng med tetthetsavhengig vekst.
- $W_{max}$ : Den bestandsstørrelse hvorved  $G(W) = 0$ .
- $W_{mey}$ : Den bestandsstørrelse hvorved en har største samfunnsøkonomiske overskudd.
- $W^*$ : Optimal biomassestørrelse når bestanden betraktes i et kapitalteoretisk perspektiv.
- $y$ : Fangsten fra ett fartøy.
- Y: Flåtens fangst.
- YC: Kostnader prororsjonale med fangstens størrelse.
- $Y_L$ : Likevektsfangst; Fangst og tilvekst er like store.
- $Y_{tak}$ : Mottakskapasitetens øvre grense.
- $Y^*$ : Optimal fangst når bestanden betraktes i et kapitalteoretisk perspektiv.
- $\lambda$ : Samfunnets diskonteringsrate (alternativ avkastning på kapital).
- $\Pi$ : Profitt, samfunnsøkonomisk overskudd.
- $\Phi_\lambda$ : Utviklingen i biomasse når en bestand beskattes i henhold til Fisher regelen.

## 2. BIOØKONOMISK TEORI

I dette kapitlet vil jeg presentere bioøkonomisk teori. Først presenteres en enkel bioøkonomisk modell som senere utvides til å omfatte det teoretiske rammeverket for denne oppgaven. Denne framgangsmåten velges fordi sentrale begreper og problemstillinger kan defineres på en enkel måte, for siden å benyttes i det teoretiske rammeverket som er spesielt for denne oppgaven, nemlig sesongvekst.

### 2.1. GENERELL BIOØKONOMISK TEORI.

Generelt drøfter bioøkonomisk teori økonomisk tilpassing ved utnyttelse av levende naturressurser. Sentralt i denne teorien står diskusjonen om effekten på det samfunnsøkonomiske resultatet ved uregulert og regulert tilgang til å utnytte ressursen. For å kunne foreta en bioøkonomisk analyse er det nødvendig å kjenne naturressursens vekstpotensiale, utbyttets verdi og kostnadene ved utnyttelse av ressursen.

Den mest sentrale delen i bioøkonomisk teori er bestandsmodellen som beskriver naturressursen. I det følgende er naturressursen fisk og jeg vil innlede teorikapitlet med å benytte en relativt enkel bestandsmodell kalt Schaefermodellen. Fiskeriøkonomisk teori har tradisjonelt vært oppbygd omkring denne modellen. Årsaken er antageligvis at den er enkel å løse analytisk og at de analytiske løsningene er lette å tolke. Modellen vil bli benyttet til å avklare sentrale bioøkonomiske begreper og problemstillinger. Senere vil jeg utvide teoridelen til også å omfatte Beverton & Holt-modellen (heretter B&H-modellen). Til sist analyseres økonomien i et fiskeri der individene har en utpreget sesongvekst ved hjelp av modifisering av B&H-modellen.

### 2.2. FISKERIØKONOMISK TEORI BESKREVET VED HJELP AV SCHAEFER-MODELLEN.

Schaefer-modellen er en bioøkonomisk modell basert på bestandens overskudds produksjon. (Eng.: surplus production models). Modeller av denne typen kjennetegnes av at de beskriver en bestands

potensielle utbytte på grunnlag av forekomster uten informasjon om individvekst, rekruttering eller dødelighet (Eliassen, 1982).

Grunnlaget for Schaefer-modellen ble lagt allerede i 1838 av Velhulst (Velhulst, 1838; sitert i Flåten, 1983a) hvor han modellerer sigmoid bestandstilvekst. Bestander med tilvekst som lar seg beskrive ved hjelp av den sigmoide grafen har liten tilvekst når bestanden er liten, rask tilvekst ved midlere verdier og avtagende mot null tilvekst når bestanden vokser mot en øvre grense.

Teorien angående sigmoid bestandstilvekst er videreutviklet av Schaefer (1957; sitert i Eliassen 1982). En bestand med biomasse  $W$  som det ikke fiskes på vil ha en tilvekst  $G(W)$  som er avhengig av bestandsstørrelsen. Dette kan uttrykkes på følgende måte:

$$dW/dt = G(W) \quad (1)$$

Verbalt vil denne formelen uttrykkes som følger: Endring av bestandsstørrelsen over tid er avhengig av bestandsstørrelsen selv.

Det neste problemet som må løses for å komme videre er å finne  $G(W)$ . Basert på Velhulst (op.cit) Schaefer en funksjon ved følgende resonement: Bestanden vokser mot en grense  $W_{max}$  og tilveksten er proporsjonal med bestandsstørrelsen  $W$  og en underliggende vekstrate  $r$ .  $G(W)$  kan følgelig uttrykkes slik:

$$G(W) = dW/dt = rW(1 - W/W_{max}) \quad (2)$$

Grafen til  $G(W)$  vil være en parabel som skjærer  $W$ -aksen ved  $W=0$  og  $W=W_{max}$ . Toppunktet, eller maksimal tilvekst, finnes ved å derivere  $G(W)$ .

$$G'(W) = r(1 - 2W/W_{max}) \quad (3)$$

Ved maksimal tilvekst er den deriverte av tilvekstfunksjonen = 0.

$$G'(W) = 0 \quad (4)$$

Ved å kombinere ligning 3 og ligning 4 får en:

$$G'(W) = 0 \text{ når } W = W_{max}/2 \quad (5)$$

Settes maksimalbetingelsen fra ligning 5 inn i ligning 2 så finnes den største tilveksten bestanden kan ha:

$$G_{max}(W) = (r/4)W_{max} \quad (6)$$

### 2.2.1. PRODUKTFUNKSJONEN - SAMMENHENGEN MELLOM $W$ OG $Y$ .

Et fiskeri kan betraktes som en produksjonsprosess. Vanligvis diskuterer økonomisk teori allokering av arbeid og kapital mhp produsert mengde. For et fiskeri vil også en tredje faktor nemlig bestandens situasjon og utvikling være et sentralt punkt i en diskusjon om utbytte. I denne sammenhengen er det interessant om det finnes en enkel matematisk sammenheng mellom utbytte (yield,  $Y$ ),  $W$  og fangsttinningsfaktor (effort,  $E=E(\text{arbeid, kapital})$ ). En slik relasjon vil være en bioøkonomisk produktfunksjon.

Fiskeinnsatsen diskuteres vanligvis uten å ta hensyn til alokering av arbeid og kapital. Den enkleste formen for produktfunksjon er formulert ut fra forutsetningen om at  $Y$  er proporsjonal med  $E$  og  $W$  med  $q$  som proporsjonalitetskonstant.

$$Y = qEW \quad (7)$$

der  $q$  kan betraktes som et mål på bestandens tilgjengelighet for fiskeinnsats.

Det er også mulig å finne andre produktfunksjoner enn den overnevnte. Generelt for alle produktfunksjonene er imidlertid at  $qE$  inngår i dem på en eller annen form. Her kan vises til Hannesson's (1979) analyse av produktfunksjoner for de forskjellige redskapsgruppene i Lofotfiske, der han tilpasser en funksjon på formen:

$$Y = AE^a W^b \quad (8)$$

der  $a$  og  $b$  er parametre som uttrykker i hvilken grad  $q$  er avhengig av henholdsvis fiskeinnsatsens og bestandens størrelse.  $q$  viser i henhold til ligning 8 fangst per innsatsenhet som andel av bestandsstørrelsen og kan uttrykkes:

$$q = AE^{a-1} W^{b-1} \quad (9)$$

Ved gjennomføring av en slik analyse finner han at fangstutbytte for snurrevad, som er et aktivt redskap, i mindre grad er avhengig av bestandsstørrelsen enn de øvrige redskapene.

I enkelte fiskerier, for eksempel snurpefiske, er tendensen som Hannesson (op.cit) påviste for snurrevadfiske i Lofoten enda mere utpreget. Ulltang (1976) opererer med en  $q(N)$ -funksjon for sildefiske og finner at  $q(N)$  er sterkt økende når  $N$  går mot 0.  $N$  angir bestandsstørrelse i antall. Dette innebærer at utbyttet nærmest er uavhengig av bestandsstørrelsen. Dersom en i stedet

for en  $q(N)$ -funksjon oppererer med en konstant  $q$  vil en ha en ligning som skrives:

$$Y = qE^h W^k, \quad (10)$$

der  $h$  og  $k$  er parametre som uttrykker at sammenhengen mellom  $Y$ ,  $W$  og  $E$  nødvendigvis ikke er lineær. Dersom  $h$  og  $k$  begge er lik 1 vil ligning 10 og ligning 7 være identiske. Skal en overføre Ulltang (op.cit) sine beregninger til en slik funksjon som beskrevet i ligning 10 vil dette føre til at  $k$  går mot 0. Hannesson (1983:972) kommenterer sammenhengen mellom  $W$ ,  $Y$  og  $W$  slik:

....."The most extreme case is when the catch per unit of fishing effort is totally insensitive to the size of the fish population, as is often supposed to be the case for pelagic species that form shoals and are caught by purse seining, suitable shoals beeing possible to find at almost constant cost until nothing is left.".....

En slik sammenheng vil kunne beskrives av ligning 10 forutsatt at  $k = 0$ . En må imidlertid sette den betingelsen at  $Y = 0$  når  $W = 0$ . Produktfunksjonen ser følgelig slik ut:

$$\begin{aligned} Y &= qE^h \text{ når } W > 0 \text{ og} \\ Y &= 0 \text{ når } W = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

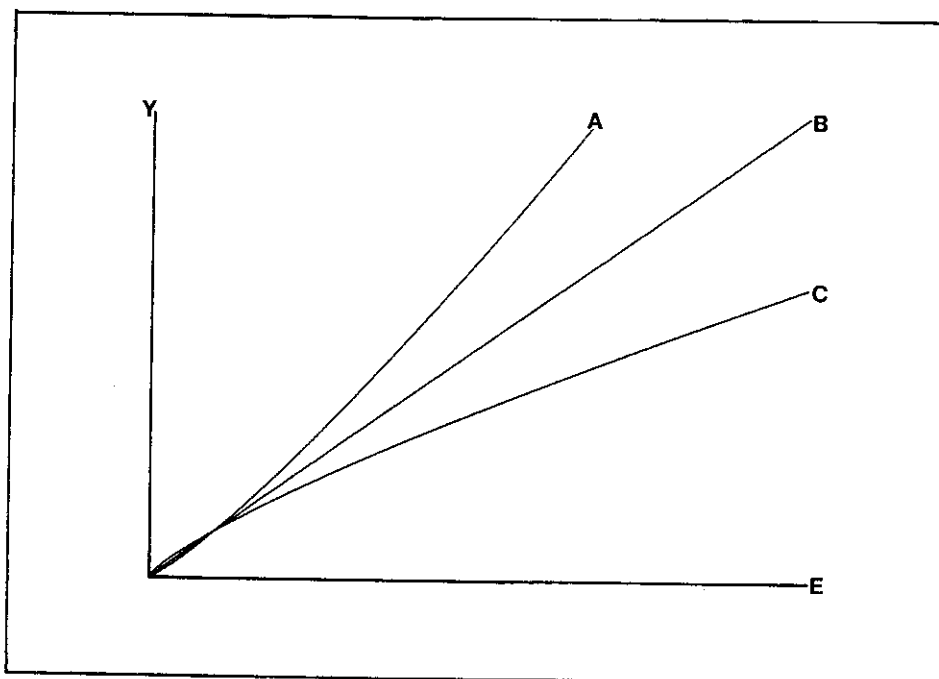
I denne oppgaven vil jeg, for en produktfunksjon som presentert i ligning 11, regne at  $0 < h < 1$ . Dette innebærer avtakende grenseproduktiviteten for fiskeinnsats:

$$dY/dE = hqE^{h-1} \quad (12)$$

Siden  $0 < h < 1$  vil  $dY/dE$  avta når  $E$  øker,  $ddY/dE < 0$ . Av dette følger at  $E$  har synkende grenseproduktiviteten. En slik produktfunksjon vil foreksempel gjelde i fiskerier der marginalen i fangsten må fraktes stadig lengre. Dette vil føre til at mere av den totale sesonglengden brukes til frakt og mindre til den aktive fangstfasen. I Figur 2.1 vises tre grafer for hhv  $h < 1$ ,  $h = 1$  og  $h > 1$ . Grafen merket med  $C$  svarer til kravet satt til ligning 11.

I teoridelen vil jeg benytte to produktfunksjoner, nemlig den beskrevet i ligning 7 og den beskrevet i ligning 10. Spesielt tilfellet av ligning 10 nemlig ligning 11 vil også bli diskutert. I prinsippet vil den teoretiske diskusjonen være uavhengig av pro-

duktfunksjonens form,- de analytiske resultatene vil imidlertid avhenge av denne.



Figur 2.1: Tre grafer til produktfunksjon i ligning 11, for  $h > 1$  (A), for  $h = 1$  (B) og  $h < 1$  (C).

### 2.2.2. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, $Y = qEW$ .

Ligning 2 viser den ubeskattede bestandens tilvekst som funksjon av bestandsstørrelse. Tilveksten kan enten øke bestandens biomasse eller tas ut som fangst. Er fangsten per tidsenhet mindre enn tilveksten per tidsenhet vil biomassen øke, er den derimot større enn tilveksten vil biomassen avta. Innføres således fangst i modellen beskrives endringen i bestandsstørrelsen ved å trekke ligning 7 fra ligning 2. Dette gir:

$$G(W) = rW(1-W/W_{\max}) - qEW \quad (13)$$

En situasjon med likevekt mellom tilvekst og fangstutbytte vil en ha følgende sammenheng:

$$\begin{aligned} rW(1-W/W_{\max}) - qEW &= 0 \\ r(1-W/W_{\max}) - qE &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Dersom en innfører begrepet likevektsutbytte  $Y_L$  når betingelsen i ligning 14 er oppfylt vil en til likevektsutbytte ha en likevektsbiomasse  $W_L$ . Ved innføring av  $W_L$  i ligning 14 kan denne uttrykkes slik:

$$W_L = (W_{\max}/r)(r-qE) \quad (15)$$

Innføres  $Y_L$  og  $W_L$  i ligning 7 og dersom denne kombineres med ligning 15 gir dette:

$$\begin{aligned} Y_L &= qE(W_{\max}/r)(r-qE) \\ Y_L &= (W_{\max}/r)(qEr-(qE)^2) \end{aligned} \quad (16)$$

Dette gir en parabolisk sammenheng mellom  $Y_L$  og  $E$ . Det er et poeng at  $Y_L$ -funksjonen er likeens med  $G(W)$ -funksjonen.

For å finne maksimalt vedvarende utbytte (MSY), d.v.s den største vedvarende verdien  $Y$  kan ha, deriveres ligning 16 mhp  $qE$ :

$$Y_L' = W_{\max} - 2qE(W_{\max}/r) \quad (17)$$

En finner  $E$  ved MSY ( $E_{\text{msy}}$ ) når ligning 17 settes lik 0:

$$E_{\text{msy}} = r/2q \quad (18)$$

Settes ligning 18 inn i ligning 16 får en MSY:

$$MSY = (r/4)W_{\max} \quad (19)$$

En ser at av ligning 6 at  $MSY = G_{\max}(W)$ . Dette kunne en ha avledet direkte fra ligning 14 som sier at hele tilveksten skal fanges ved likevekt.

Sammenhengen mellom  $Y_L$  og  $E$  er parabolisk med et toppunkt i løsningsområdet (den dobbeltderiverte,  $Y_L''$ ,  $<0$ ). Dette medfører at untatt for MSY, som har kun en korensponderende  $E = E_{\text{msy}}$ , kan samme  $Y_L$  oppnås ved bruk av to forskjellige verdier av  $E$ . Enhver  $E > E_{\text{msy}}$  gir et mindre biologisk langtidsutbytte enn MSY når  $E$  øker. Følgelig defineres  $E > E_{\text{msy}}$  som biologisk overbeskatning.

Modellen bringes over på økonomisk form ved å innføre inntekter per fangstenhet =  $p$  slik at totalinntektene  $TR$  kan uttrykkes på følgende form:

$$TR = pY \quad (20)$$

Kostnader per innsatsenhet =  $c$  innføres slik at de totale kostnadene  $TC$  uttrykkes:

$$TC = cE \quad (21)$$



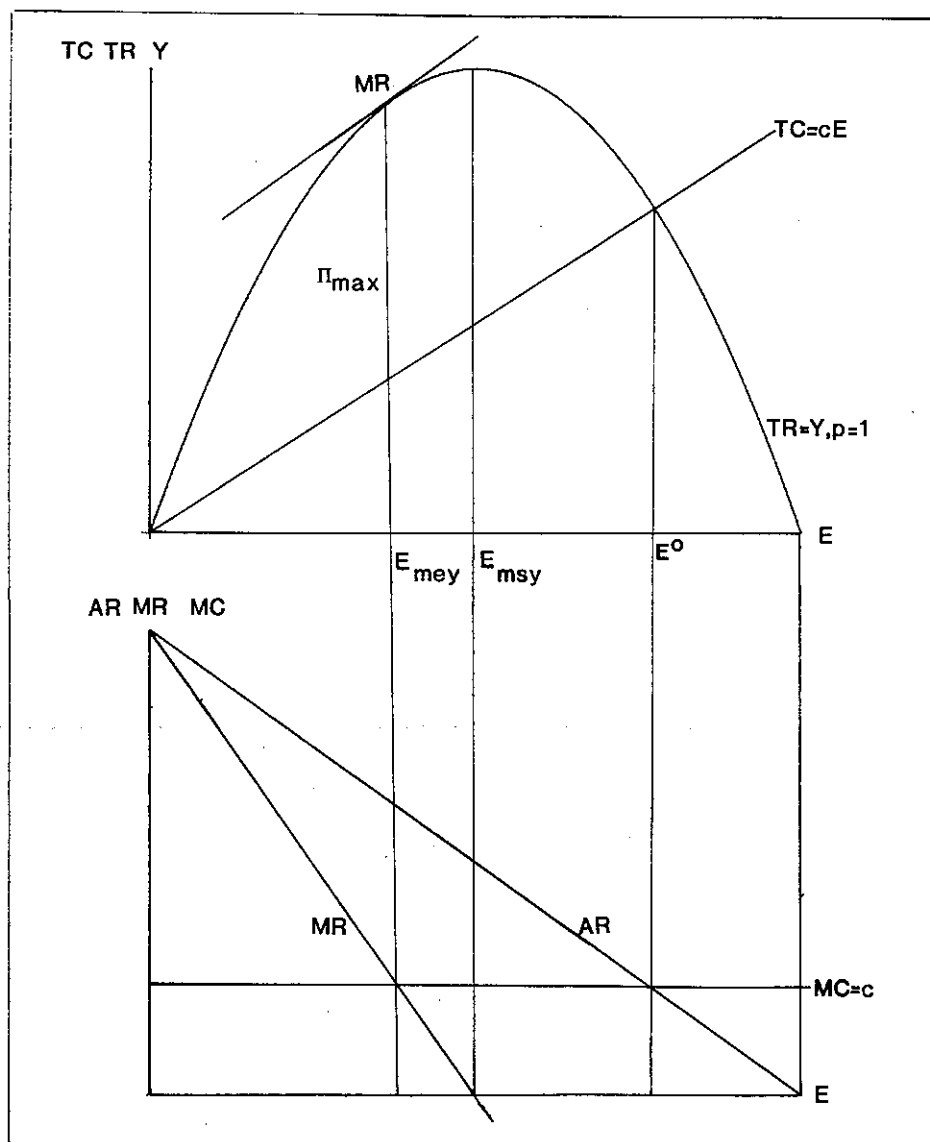
Overskudd  $\Pi$  gis av ligning 22:

$$\Pi = TR - TC \quad (22)$$

Fra ligning 7 finner en at  $E = Y/qW$  som insatt i ligning 21 gir:

$$TC = cY/qW \quad (23)$$

Grafen til ligning 23 vil være lineær og går fra  $TC = cY/q$  når  $W = 1$  mot 0 når  $W$  går mot  $W_{max}$ . Kostnadene er altså omvendt proporsjonale med bestandsstørrelsen. D.v.s des mindre bestand desto større fangstkostnader.



Figur 2.2: Økonomisk tilpasning til fiske illustrert ved en Schaefer modell. Ved tilpasning i  $\Pi_{max}$  vil tangenten til Y-grafen når  $E = E_{mey}$  ha vinkelkoeffisient = MR. Etter Hannesson (1978).

En kan finne  $\Pi$  som funksjon av  $E$  enten matematisk, ved å sette ligning 20 og ligning 21 inn i ligning 22, eller grafisk ved å

framstille grafene til TR og TC som funksjon av E i samme akse-system. Dersom en setter  $p = 1$  vil grafen til TR beskrives av ligning 16 slik at  $TR = Y$ . Grafen til TC beskrives av ligning 21,- sammenhengen mellom kostnader og fiskeinnsats er altså lineær. Dette innebærer at margnalkostnadene MC er lik c. Figur 2.2. viser grafene til TR når  $p = 1$  og TC samt gjennomsnittsinntekter AR, marginale inntekter MR og MC.

Dersom en regner at innsatsfaktorenes samfunnsøkonomiske alternativkostnader er innregnet i c (ligning 21) ser en av Figur 2.2 at det er potensiale for å oppnå overskudd ut over innsatsfaktorenes alternativkostnad. I bioøkonomisk literatur kalles et slikt overskudd **ressursrente**. For å maksimere ressursrente benyttes det generelle samfunnsøkonomiske kriteriet for maksimering av profitt; ved  $\Pi_{max}$  er  $MC = MR$ . Den E som gir  $\Pi_{max}$  kalles  $E_{mey}$  (maximum economical yield) og en ser at  $E_{mey} < E_{msy}$ . Dersom en ikke betrakter fiskeri i et kapitalteoretisk perspektiv og  $c > 0$ , vil dette alltid gjelde. Uansett vil økonomisk overfiske defineres som enhver  $E > E_{mey}$ .

Aktører vil tiltrekkes fiske, dersom inngangen i fiske er fri, så lenge fiske gir avkastning ut over alternativkost. I henhold til Figur 2.2 så lenge  $AR > MC$ . Fiskerne vil i henhold til Gordon (1954) oppfatte fiskets gjennomsnittsinntekt som sin marginalinntekt og frifisketilpassingen blir således der  $AR = MC$ , altså når  $E = E^0$ . Ved fritt fiske går derfor hele grunnrenta tapt. Det samfunnsøkonomiske tapet i fritt fiske er  $\Pi_{max} + (E^0 - E_{max})$ .  $E^0 - E_{mey}$  representerer faktorsløsinga. Frifisketilpassinga representerer likevekt mellom flåte og bestand og kalles i teorien bioøkonomisk likevekt.

### 2.2.3. BESTANDSMODELLEN UTSATT FOR FANGST, $Y = qE^hW^k$ .

Som nevnt i avsnitt 2.2.1. vil produktfunksjonens form innfluere på de analyttiske resultatene. I dette avsnittet vil jeg først drøfte endel forhold omkring kostnadsfunksjonen når produktfunksjonen endres, deretter vil jeg drøfte effekten på  $\Pi$ . Pris og kostnader er slik som beskrevet i 2.2.2..

Fra ligning 10 finner en at  $E = (Y/qW^k)^{1/h}$ , som innsatt i ligning

21 gir:

$$TC = cE = c(Y/qWk) = cY(Y(1/h)-1/qWk)1/h \quad (24)$$

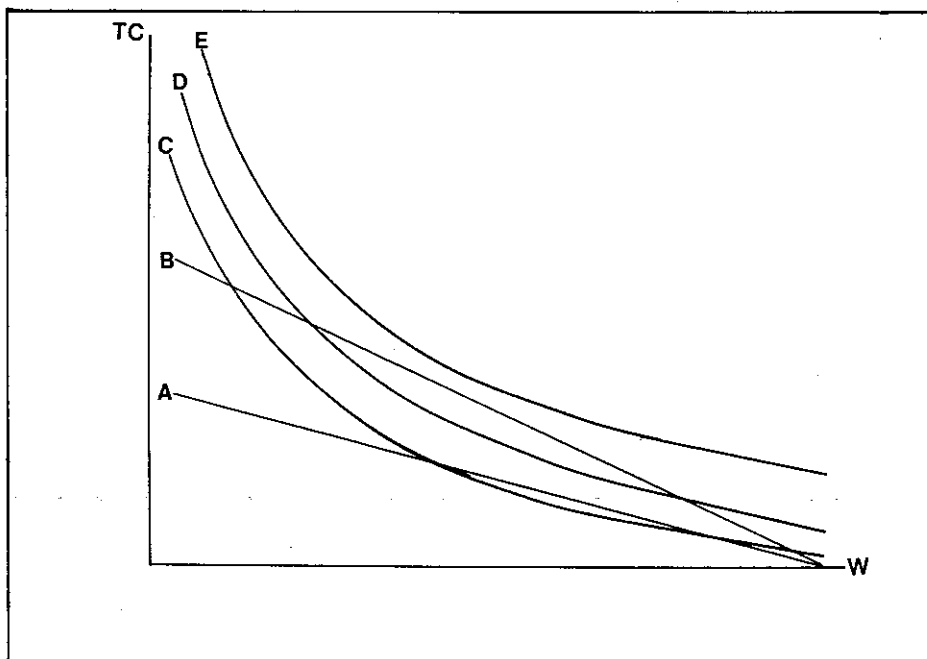
Av ligning 24 ser en at TC kan uttrykkes som en funksjon av Y og W slik:

$$TC(Y,W) = c(Y,W)Y \quad (25)$$

Effekten på TC av endringer i hhv Y og W finner en ved partiell derivering. Ut fra ligning 24 ser en at:

$$\begin{aligned} TC/\partial W &< 0 \text{ og} \\ TC/\partial Y &> 0, \end{aligned} \quad (26)$$

som betyr at kostnadene avtar når bestanden øker og at kostnadene øker når fangstene øker. I Figur 2.3 er kostnadsgrafene avledet fra ligning 7 og ligning 10 vist.

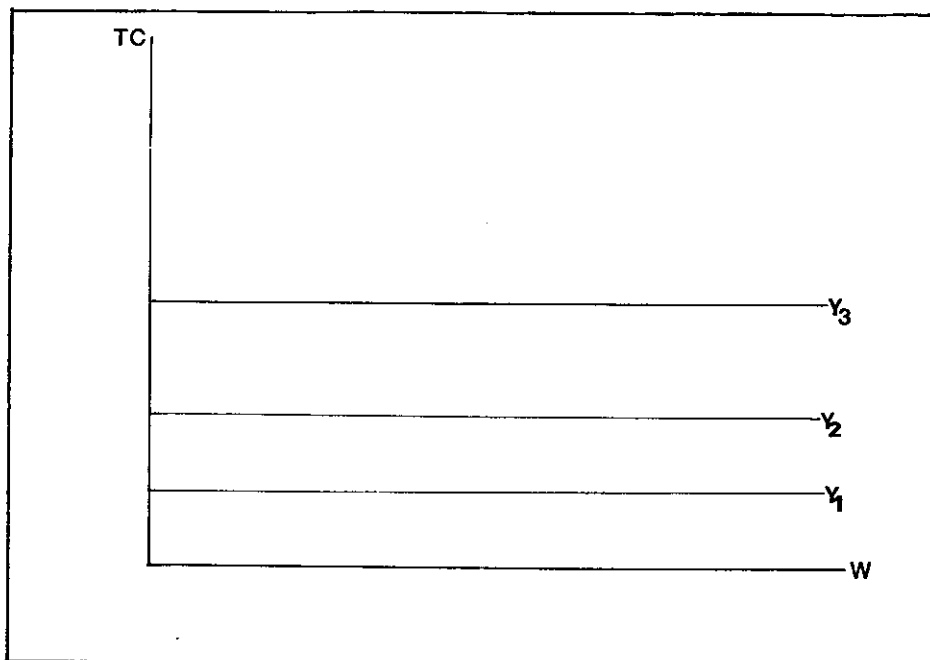


**Figur 2.3:** Kostnader som funksjon av bestandsstørrelse når kostnadene er gitt av ligning 23 (A og B) og ligning 25 (C, D og E). I henhold til ligning 23 er  $c_A$  (c for linje A)  $< c_B$ . C, D og E er grafene for forskjellige Y med konstant c (ligning 25).  $Y_C < Y_D < Y_E$ .

Et spesialtilfelle av ligning 10 har en, som i ligning 11, når k går mot 0. Når k går mot 0 går W mot 1. Dette betyr:

$$\begin{aligned} TC/\partial Y &> 0 \text{ og} \\ TC/\partial W &= 0, \end{aligned} \quad (27)$$

som betyr at kostnadene øker når Y øker, men at kostnadene er ufølsomme for endringer i W. En slik kostnadssammenheng vises i i Figur 2.4.



Figur 2.4: Kostnadene når en produktfunksjon som i ligning 11 gjelder. En ser at kostnadene er uavhengige av bestandsstørrelsen, men avhengige av fangststørrelsen.  $Y_1 < Y_2 < Y_3$ .

Ved innføring av produktfunksjonen i ligning 10 i stedet for den i ligning 7 og bestandstilveksten beskrives av ligning 2 vil ligning 14 måtte modifiseres til:

$$rW(1-W/W_{\max}) - qE^h W^k = 0 \quad (28)$$

Ved likevektsbeskatning er som tidligere nevnt  $Y = G(W)$ . Innføres  $Y_L$  og  $W_L$  som for ligning 15 får en at:

$$Y_L = qE^h W_L^k = rW_L(1-W_L/W_{\max}) \quad (29)$$

Bestandsstørrelsen ved hvilken ligning 29 har sitt maksimum finnes ved å derivere  $Y$  med hensyn på  $W$  ( $dY/dW$ ). En finner ikke uventet at MSY framdeles (som i ligning 5) gis når  $W_L = W_{\max}/2$ .  $E_{\text{msy}}$  finnes ved innsetting av bestandsstørrelsen ved MSY i ligning 29:

$$E_{\text{msy}} = ((r/4q)W_{\max}/(W_{\max}/2)^k)^{1/h} \quad (30)$$

For spesialtilfellet der  $k$  går mot 0 vil  $(W_{\max}/2)^k$  gå mot 1 og ligning 30 går da i mot:

$$E_{\text{msy}} = ((r/4q)W_{\max})^{1/h} \quad (31)$$

For å finne økonomisk tilpassning til et likevektsfiske med en produktfunksjon som i ligning 10 finnes inntektene ved å løse  $qEhW^k$  fra ligning 28 og sette uttrykket inn i ligning 20. Kostnadene finnes ved å løse  $E$  fra ligning 28 og ved innsetting av uttrykket i ligning 21.  $\Pi$  kan da uttrykkes slik:

$$\Pi = prW(1-W/w_{\max}) - c(r/qW^{1-k}(1-W/W_{\max}))^{(1/h)-1} \quad (32)$$

$\Pi_{\max}$  finnes ved å derivere ligning 32 mhp  $W$  og å sette den deriverte lik 0:

$$d\Pi/dW = dTR_L/dW - dTC_L/dW = 0 \quad (33)$$

der  $TR_L$  og  $TC_L$  hhv angir inntekter og kostnader ved likevektsfangst og den deriverte av uttrykkene mhp  $W$  gis i ligningene 34 og 35:

$$dTR_L/dW = pr(1-2W/W_{\max}) \quad (34)$$

$$dTC_L/dW = c((r/hq)W^{-k}((1-k)-(2-k)W/W_{\max})^{(1/h)-1} - ((r/q)W^{1-k}(1-W/W_{\max}))^{(1/h)-1}) \quad (35)$$

Ligning 33 vil være svært vanskelig å løse medmindre en lar  $k$  gå mot 0. Lar en  $k$  gå mot 0 finner en at ligning 33 har nullpunkter når:

$$W = W_{\max}/2 \text{ og} \\ W = (W_{\max}/2)(1 \pm \sqrt{1-4(q/r)(pqh/c)(1/(1/h)-1)/W_{\max}}) \quad (36)$$

Av ligning 36 ser en at  $\Pi$  har minst ett mest tre ekstremalpunkter. For at en skal få tre ekstremalpunkter må diskriminanden (rotuttrykket)  $D$  være positivt. Er  $D = 0$  får en to ekstremalpunkter. For å finne antall ekstremalpunkter er det nødvendig å drøfte  $D$ , dvs uttrykket:

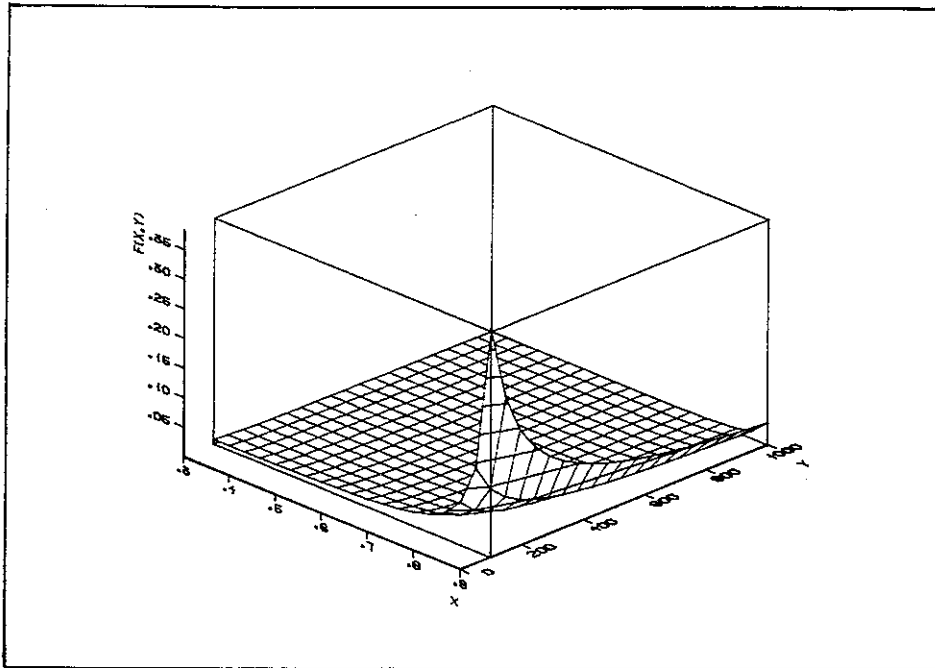
$$D = 1-4(q/r)(pqh/c)(1/(1/h)-1)/W_{\max} \quad (37)$$

Som tidligere nevnt må  $D \geq 0$  for å få flere enn en løsning. Dette innebærer at:

$$1 \leq 4(q/r)(pqh/c)(1/(1/h)-1)/W_{\max} \quad (38)$$

Utrykket til høyre for  $\leq$  har jeg tegnet ut for verdier av  $h$  mellom 0 og 1 og for et intervall av  $W_{\max}$  verdier. Resultatet er presentert i Figur 2.5. En ser av Figur 2.5 at det er svært sansynlig at  $0 < D < 1$  som innebærer tre ekstremalpunkter for ligning 32. Resultatet blir at ligning 32 mest sansynlig får tre ekstremalpunkter, et ved  $W = W_{msy}$ , et til høyre for og et til

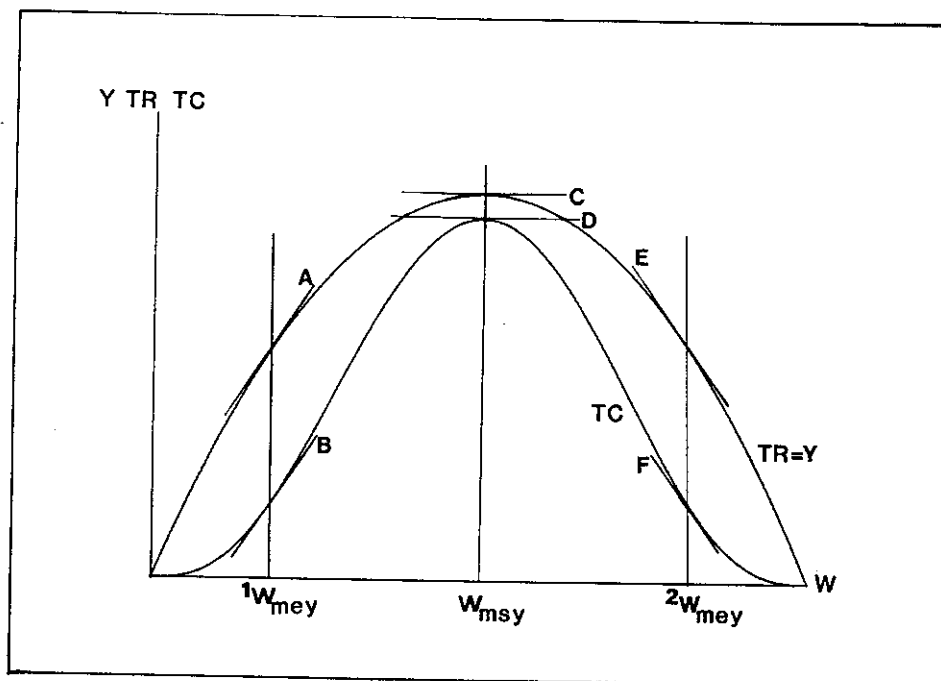
venstre for  $W = W_{msy}$ .



Figur 2.5: Diskriminandverdier ( $F(X,Y)$ ) for  $0.3 \leq h \leq 0.9$  ( $X$ ) og for  $W_{max}$  ( $Y$ ) fra 0 til 1000. Ligningen som ligger til grunn for figuren ser slik ut:  $F(X,Y) = 2X^1/((1/X)-1)/Y$ . Dette innebærer at jeg har satt  $4(q/r)(pq/c) = 2$ .

For å finne ut om ekstremalpunktene er minimums eller maksimumspunkter har jeg valgt å presentere inntektene og kostnadene som de framkommer i ligning 33 i Figur 2.6. Figur 2.6 viser at det framkommer et minimumspunkt for  $W = W_{max}/2$  med maksimumspunkter på høyre og venstre side. På grunn av at både grafen for inntekt og grafen for kostnad begge er symetriske om  $W_{max}/2$  vil maksimumspunktene gi like store  $\Pi$ -verdier. En vil altså få to  $W_{mey}$ -verdier slik at  ${}^1W_{mey} < W_{msy} < {}^2W_{mey}$ . Hvilken av de økonomisk optimale bestandsstørrelsene som velges vil være avhengig av utgangspunktet. Er  $W > W_{msy}$  vil  ${}^2W_{mey}$  velges og er  $W < W_{msy}$  vil en velge  ${}^1W_{mey}$ . Ser en bort fra dette vil en ellers være indifferent i en enartsbetraktning hvilken bestandsstørrelse som skal velges. En flerartsbetraktning vil bli meget komplisert, men ut i fra Andersen (1979:kapittel 3.6) vil jeg komme med følgende utsagn: Den  $W_{mey}$  en velger vil være anhengig av bestandens interartsrelasjoner. Er arten diskutert til nå et byttedyr, der dens predator har komersiell interesse, vil det være fordelaktig å velge  ${}^2W_{mey}$ . Er det derimot et rovdyr en snakker om, og bytte-

dyret har komersiell interesse, vil en velge  ${}^1W_{mey}$ . Begge disse antagelsene impliserer økt biomasse, og derigjennom økt fangstutbytte for den andre arten.



Figur 2.6: Inntekt (TR) og kostnad (TC) under forutsetning av likevektsfangst og at produktfunksjonen lar seg beskrive av ligning 11. Maksimal og minimal avstand mellom grafene har en når tangentene deres (A,B,C,D,E,F) er parallelle (da sees det bort fra  $W = 0$  og  $W = W_{max}$ ). Av dette følger at en har to  $W_{mey}$ ,  ${}^1W_{mey}$  og  ${}^2W_{mey}$ .

I bioøkonomisk likevekt skal to forutsetninger være oppfylt:  $\Pi = 0$  og  $Y = G(W)$ . Når  $k = 0$  kan  $\Pi$  uttrykkes slik:

$$\Pi = pqE^h - cE \quad (39)$$

Setter en inn for den første forutsetningen i ligning 39 får en:

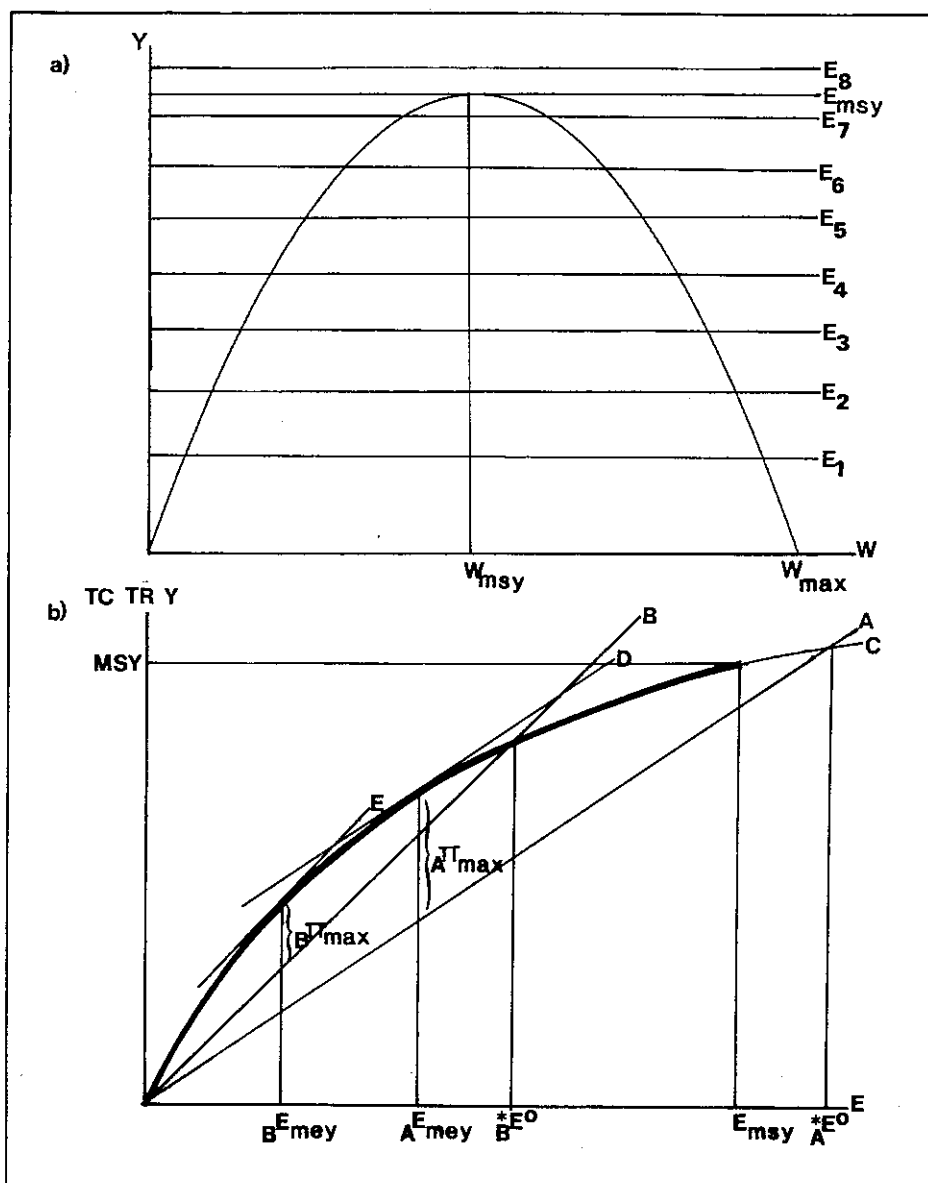
$${}^*E^0 = (pq/c)^{1/(1-h)}, \quad (40)$$

der  ${}^*E^0$  angir fiskeinnsats ved når  $\Pi = 0$  når produktfunksjonen kan beskrives av ligning 11.

Ligning 40 slår fast at det nødvendigvis ikke er en sammenheng mellom  $E$  og  $W$  når forutsetningen  $\Pi = 0$  er oppfylt. Den viser kun at  $\Pi > 0$  når  $E < (pq/c)^{1/(h-1)}$  og at  $\Pi < 0$  når  $E > (pq/c)^{1/(h-1)}$  under forutsetning av at  $W > 0$  for at ligning 11 skal være oppfylt. Når  $W = 0$  er  $\Pi = 0$  slik at i dette tilfellet er det en sammenheng mellom  $E$  og  $W$ .

En produktfunksjon på en slik form som ligning 11 angir medfører

at  $Y(E)$  er bestandsuavhengig. En vil da få en sammenheng som vist i Figur 2.7a mellom  $E$  og  $Y$ . stadig kortere avstnd mellom  $E$ -



**Figur 2.7a:** Sammenhengen mellom den biologiske produktfunksjonen  $Y = G(W)$  og fiskets produktfunksjon  $Y(E) = qE^h$  for vedvarende  $E$ .  $E_1$  til  $E_8$  viser hvordan  $Y$ , gitt ved ligning 11, øker når  $E$  øker. Til hver  $Y(E)$  svarer to  $G(W)$  når  $E < E_{msy}$ . For  $E_{msy}$  svarer kun  $G(W_{msy})$ . For  $E > E_{msy}$  vil bestanden bli nedfisket.

**Figur 2.7b:** Økonomisk tilpassing til fiske når produktfunksjonen er som vist i ligning 11. C-grafen viser sammenhengen mellom  $Y$  og  $E$  og er avledet fra Figur 2.7a. Den tykke delen av C-grafen oppfyller forutsetningen  $Y = G(W)$ , den viser altså for hvilke  $E$  forutsetningen  $Y(E) = G(W)$  holder. Dersom det forutsettes at  $p = 1$  så angir C-grafen også  $TR$ . Linjene A og B viser to kostnadsalternativer gitt ved ligning 21, der  $c_A < c_B$ . For kostnadsalternativ A vil frifisketilpassninga være  $E = {}^*E^0_A > E_{msy}$  som vil føre til sammenbrudd i bestanden etter en tid. For kostnadsalternativ B vil frifisketilpassninga være  $E = {}^*E^0_B < E_{msy}$  som vil føre til et vedvarende fiske med  $Y = Y({}^*E^0_B)$ . Linjene D og E har vinkelkoeffisient hhv lik  $c_A$  og  $c_B$ , og angir i henhold til Figur 2.2 den optimale tilpassning ( $MC = MR$ ) for de respektive kostnadsalternativene.



linjene når  $E$  øker med en enhet kommer av  $E$ 's synkende grenseproduktivitet (se ligning 12). I Figur 2.7b er sammenhengen mellom  $Y$  og  $E$ , forutsatt  $Y = G(W)$  vist. Figur 2.7b kan benyttes til å undersøke den andre forutsetninga for bioøkonomisk likevekt, nemlig den at  $Y = G(W)$ . Ligningene 6 og 19 angir største vedvarende  $Y$ , nemlig  $MSY$ . Dersom  $E^0 > E_{msy}$  vil  $Y > MSY$  pga produktfunksjonen (ligning 11), og siden kostnadene er uavhengig av bestandsstørrelsen (Figur 2.4) så vil  $W$  avta uansett hvilken  $W$  en startet fangst ved. To kostnadsalternativer er gitt med linjene A og B, der kostnadene er gitt av ligning 21 og hvor  $c_A < c_B$ . Figur 2.7b illustreres dette med skjæringspunktet mellom grafene A og C for  $E = E^0$ . Fangstutbyttet vil være konstant =  $Y$  inntil  $W = 0$ , da vil  $Y$  bli 0. Er  $E^0 < E_{msy}$  (som i Figur 2.7's  $E^0$ ) vil en ende opp med samme resultat som over dersom bestanden er så liten at  $Y(E^0) > G(W)$  for  $W < W_{msy}$ . Startes fiske ved  $W_{max}$  vil en oppnå bioøkonomisk likevekt dersom kostnadene beskrives av B. Optimal tilpassning i med kostnader beskrevet av A eller B og når  $p = 1$  vil hhv intrefte ved  $E = A E_{mey}$  eller  $E = B E_{mey}$ .

### 2.3. HVORDAN REALISERE GRUNNRENTE.

Teorien diskuterer endel virkemidler som kan benyttes for å realisere  $\Pi_{max}$  fra fiske. Felles for alle virkemidlene er at de søker å begrense fiskeinsatsen slik at  $E$  går mot  $E_{mey}$ . I det følgende vil fiskerireguleringer diskuteres ut i fra 2.2.2 og Figur 2.2. I prinsippet vil all fiskeriregulering virke på samme måte uavhengig av produktfunksjonens eller bestandsmodellens utseende. Ideelt sett er målet for bruk av virkemidler å maksimere det samfunnsøkonomiske overskuddet.

Hannesson (1978) diskuterer avgiftsbelegging av fritt fiske samt å overføre eiendomsretten til bestanden til et fiskeriselskap eller en person. Hensikten er å realisere ressursrente. Avgifter kan enten legges på innsats eller på fangst. Hensikten med avgifter på innsats er å heve det aktørene oppfatter som MC slik at når  $MC = AR$  er  $E = E_{mey}$ . Avgifter på fangst virker slik at AR senkes slik at når  $AR = MC$  er  $E = E_{mey}$ . Fiskerne oppnår da overskudd = alternativ avkastning på kapital, mens staten trekker inn ressursrenta. I tillegg unngås faktorsløsning. Dersom et

selskap eller en person forvalter ressursen vil det/den alokere innsatsenhetene slik at  $\Pi_{\max}$  realiseres. Jeg går da ut i fra at firmaet/personen ikke vil ha mulighet for også å oppnå monopoloverskudd. Andersen (1979) diskuterer i tillegg til de tidligere nevnte virkemidlene bruk av inngangsavgift. Inngangsavgiftens størrelse må være slik at den er lik  $\Pi_{\max}$  ved  $E = E_{\text{mey}}$ . Samme resonement lar seg gjennomføre ut fra Figur 2.7b og konklusjonene vil bli de samme. Uansett produktfunksjon gjelder hoverpoenget at **fiskeinnsatsen må begrenses** for at  $\Pi_{\max}$  skal kunne oppnås.

Munro (1982) og Flåten (1983b) diskuterer begge anvendbarheten av virkemidler for å relisere ressursrente. Begge understreker at en ikke kan velge virkemidler som det ikke er politisk aksept for å benytte. Flåten (op.cit) ender opp med å foreslå betinget omsettelige kvoter eller konsesjoner. Dette er i realiteten det samme virkemiddelet som Andersen (op.cit) foreslår, men her skal markedet i stedet for myndighetene bestemme inngangsprisen. Betingelsene for omsetting kan sikre en viss politisk styring, mens omsetteligheta sikrer at det oppnås en viss ressursrente, som ikke nødvendigvis er lik  $\Pi_{\max}$ , men som dog er bedre enn ingen ressursrente. Ressursrenta tilfaller de aktørene som først fikk tildelt rettigheter til bestanden.

#### 2.4. KAPITALTEORI OG BIOØKONOMI, $Y = qEW$ .

Dersom en greier å regulere et fiskeri slik at en fra fisket realiserer en årlig profitt  $\Pi(t)$  som tilfredstiller følgende betingelse:

$$0 < \Pi(t) \leq \Pi_{\max} \quad (40)$$

så vil

$$\sum_{t=0}^{\infty} \Pi(t) = \infty \quad (41)$$

dersom en ikke setter krav til alternativ avkastning. Setter en krav til årlig alternativ avkastning på kapitalen =  $\lambda > 0$ , vil summen av inntektsstrømmen gå mot en grense,- bestandens nåverdi PV.

For en bedrift vil kravet til alternativ avkastning være lik avkastninga på det beste prosjektet som en ikke rakk å finansiere. Samfunnets krav til alternativ avkastning skal ideelt

sett være et veid gjennomsnitt av alle foretaks krav til alternativ avkastning. Det er imidlertid vanskelig å beregne  $\lambda$  for samfunnet på et hvert tidspunkt så en setter vanligvis rentekravet, eller diskonteringskravet konstant over en rekke år. Per tiden er samfunnets diskonteringsrate regnet til 0.07 (7%) (Kartevoll m.fl., 1980).

Hvis en betrakter en fiskebestand som kapital blir problemstillinga å beregne nåverdien av inntektsstrømmen når en fastlegger et krav til avkastning. Reguleringsstrategien blir da å finne det riktige årlige uttaket samt å finne den optimale bestandsstørrelsen over tid. En skal altså betrakte bestanden i et kapitalteoretisk eller et dynamisk perspektiv.

Dersom en setter ligning 20 og ligning 23 inn i ligning 22 får en:

$$\Pi = pY - cY/qW = Y(p - c/qW) \quad (42)$$

$\Pi$  kan uttrykkes som en funksjon av  $Y$  og  $W$  slik at ligning 42 kan skrives slik:

$$\Pi(Y, W) = Y(p - c(W)) \quad (43)$$

Nåverdien av bestanden vil i henhold til ligning 43 beregnes slik:

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t} (p - c(W(t))) Y(t) dt \quad (44)$$

Nå vil problemet være å finne det optimale uttaket  $Y = Y^*(t)$  for bestanden og den korensponderende biomassen  $W^*(t)$  når ligning 13 betraktes som bestandens tilstandsligning. En har da betingelsene:

$$W(t) \geq 0 \quad (45)$$

$$0 \leq Y^*(t) \leq Y_{\max} \quad (46)$$

Dette problemet løses i to steg. Først bestemmes  $W^*(t)$  og deretter hvordan en skal komme dit.

$W^*(t)$  bestemmes etter et relativt enkelt resonement. Det en gjør er å betrakte bestanden som en kapital. Resonementet blir da: en skal investere i bestanden, dvs la være å fiske, så lenge den har en raskere tilvekst enn kravet til alternativ avkastning

tilsier, og en skal realisere kapitalen bundet i bestanden når den har en lavere tilvekst enn kravet til avkastning tilsier. Følgelig skal en holde bestanden på et slikt likevektsnivå  $W^*(t)$  som gir  $\lambda$  i årlig avkastning. I henhold til ligning 15 og ligning 16 vil da  $Y^* = G(W^*)$ . I følge Clark and Munro (1975) uttrykkes dette slik:

$$\left( \frac{d}{dW^*} (p - c(W^*)) G(W^*) \right) / (p - c(W^*)) = \lambda \quad (46)$$

Nevneren i ligning 46's venstre side uttrykker endringer i bestandens verdi ved en infinitesimal endring i biomasse og telleren uttrykker endring i profitt per fangstenhet.

Dersom en utfører diferensieringa av ligning 46 får en:

$$G'(W^*) - (c'(W^*) G(W^*)) / (p - c(W^*)) = \lambda \quad (47)$$

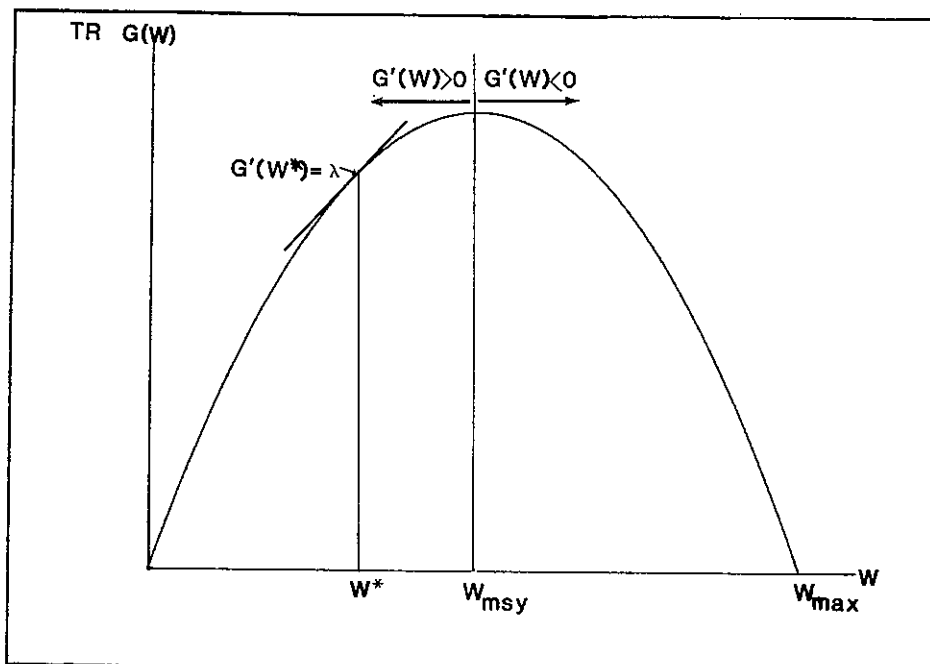
Uttrykt på denne måten så ser en at summen av den deriverte av tilveksten ved  $W^*$ , og hva som kan kalles den marginale bestandseffekten skal være lik diskonteringsrata. Betrakter en  $\Pi$  uttrykt ved ligningene 42 og 43 så ser en at  $c(W)$  avtar når  $W$  øker, altså  $c'(W) < 0$ . Den marginale bestandseffekten vil være virkningen investering i bestanden har på kostnadene. I Figur 2.2 ser en bestandsstørrelsen  $W^*$  når  $c = 0$ , d.v.s at den marginale bestandseffekten faller bort ( $c'(W) = 0$  når  $c = 0$ ). Da har en:

$$G'(W^*) = \lambda \quad \text{når } c = 0 \quad (48)$$

Det vil være interessant å undersøke hva som skjer med  $W^*$  når  $c$  øker fra 0. En økning i  $c$  vil føre til at nevneren i den i uttrykket for den marginale bestandseffekten blir mindre. Dette vil føre til at den marginale bestandseffekten får økt positiv verdi siden  $c' < 0$ .  $G'(W^*)$  må følgelig bli mindre siden ligning 48 skal være oppfylt. Ved en bestemt kostnad vil den marginale bestandseffekten være lik  $\lambda$ . Dette gir  $G'(W) = 0$  som betyr at  $W^* = W_{msy}$ . Som en ser av Figur 2.8 så vil  $W^*$  gå mot  $W_{max}$  når  $G'(W^*)$  får tilstrekkelig negativ verdi som følge av økning i  $c$ .

Når  $c > 0$  og diskonteringsrata  $\lambda = 0$  så får en samme optimale løsning som i avsnitt 2.2.2. Øker  $\lambda$  mens  $c$  og  $p$  holdes konstant og ligning 47 gjelder så ser en at da øker også  $G'(W^*)$ . Dette at innebærer at når  $\lambda$  går mot uendelig så går  $W^*$  mot den  $W$  som tilsvarer bioøkonomisk likevekt. Dersom  $c = 0$  så går  $W^*$  mot 0

når  $\lambda$  går mot uendelig. Grunnen til at  $W^*$  går mot den  $W$  som tilsvarer bioøkonomisk likevekt når  $c > 0$  er at en ikke skal ha



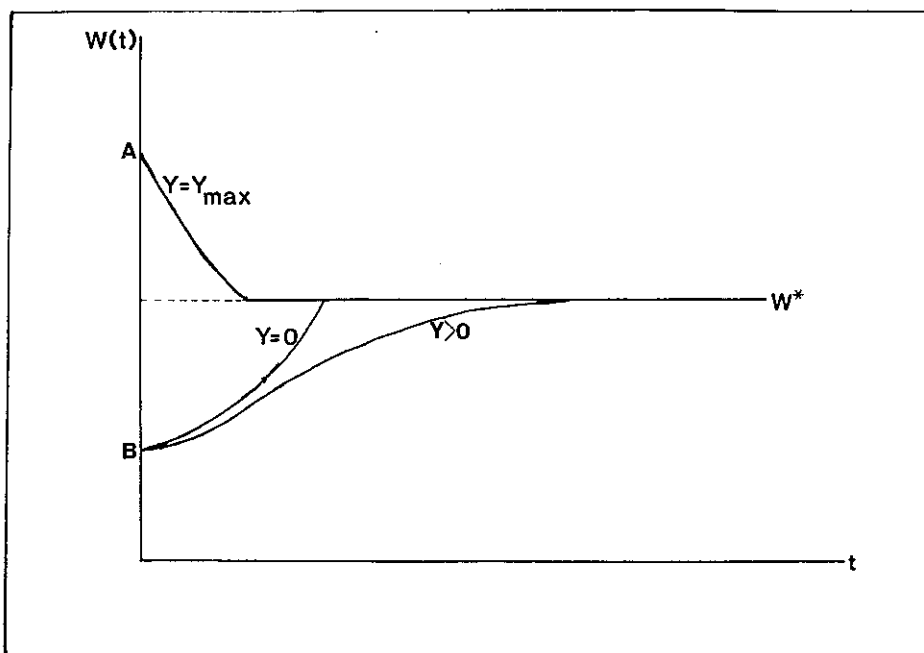
Figur 2.8: Bestandsstørrelse ved diskonteringskrav = . Tilpasning i  $W^*$  når  $c = 0$ . Når  $c$  øker vil  $W^*$  gå mot  $W_{max}$  siden ligning 27 gjelder.

negative bidrag til PV når en summerer opp nåverdien til bestanden.

Nå er  $W = W^*$  funnet. Neste steg blir å finne den optimale måten å komme dit. Svaret vil avhenge av bestandens størrelse i beslutningsøyeblikket. En ubeskattet bestand ( $W = W_{max}$ ) vil måtte bringes ned til  $W = W^*$  mens en sterkt overbeskattet bestand vil måtte bringes opp på dette nivået. Hvor raskt en skal gjøre  $W = W^*$  avgjøres ut fra investeringsteori. Dersom det ikke påløper kostnader ved oppbygging av bestanden skal den bygges opp så raskt som mulig. Dette innebærer at  $Y(t) = 0$  i oppbygningsfasen. Dersom det påløper kostnader i oppbygningsfasen viser Clark m.fl. (1979) at bestanden skal bygges langsommere opp mot  $W = W^*$ . Dette illustreres i Figur 2.9.

Hvis det ikke påløper ekstra kostnader ved rask investering i en ubeskattet bestand skal  $W$  bringes fra  $W_{max}$  til  $W^*$  så raskt som mulig. En "konsumerer" da kapitalen bundet i bestanden inntil  $W$

gir den ønskede avkastninga  $\lambda$  ved  $W^*$  og fangsten  $Y = G(W^*)$ .



Figur 2.9: Optimal vei til  $W^*$ . I A er  $W = W_{\max}$  og i B er  $W$  sterkt nedfisket. Grafen merket  $Y > 0$  viser tilpassing når det påløper kostnader i oppbyggingsfasen. Etter Clark and Munro (1975).

#### 2.4.1. KAPITALTEORI OG BIOØKONOMI, $Y = qEhW^k$ .

I dette avsnittet vil jeg ut fra Clark and Munro (1975) drøfte kapitalteori når  $Y$  er en ikke-lineær funksjon av  $E$  og  $W$ . En slik funksjon er beskrevet i ligning 10. Jeg vil som før forutsette at  $0 < h < 1$  og  $0 < k < 1$ . Som i underkapittel 2.4. er utgangspunktet at fisket er regulert på en slik måte at det gir profitt. Ligning 40 må altså gjelde. Videre forutsettes en konstant diskonteringsrate  $= \lambda$  og at bestanden betraktes som kapital.

Inntektene ved en gitt fiskeinnsats  $E$  vil kunne uttrykkes som en  $Y$ -funksjon, slik:

$$TR(Y) = pY \quad (49)$$

En ser at  $dTR/dY = p$  og  $ddTR/dY = 0$ .

$\Pi$  kan i henhold til ligningene 49 og 25 uttrykkes som en funksjon av  $Y$  og  $W$  slik:

$$\Pi(Y, W) = TR(Y) - c(Y, W)Y \quad (50)$$

Dersom en antar at samfunnets og det privates kostnad for innsats

er like vil en ha følgende uttrykk for nåverdien når diskonteringsrata =  $\lambda$ :

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t} (TR(Y) - c(Y, W)) dt \quad (51)$$

Dersom en forutsetter at den maksimale PV oppnås ved  $W^*$  og at en har likevektsfangst  $Y = G(W^*)$  får en analogt med Clark and Munro (1975: ligning 4.3):

$$G'(W^*) - X_1/X_2 = \lambda, \quad (52)$$

der  $X_1/X_2$  er uttrykket for den marginale bestandseffekten på  $\Pi$ .  $X_1$  og  $X_2$  vises i ligningene 53 og 54:

$$X_1 = (\partial c(W^*, G(W^*)) / \partial W^*) G(W^*) \quad (53)$$

$$X_2 = p(G(W^*)) - (c(W^*, G(W^*)) + (\partial c(W^*, G(W^*)) / \partial Y) G(W^*)) \quad (54)$$

$X_1$  er den partielt deriverte av de totale fangstkostnadene mhp  $W^*$ , mens  $X_2$  er et kompleks uttrykk for kapitalkostnadene når bestanden betraktes som kapital.

I henhold til Clark and Munro (1975) vil ligning 51 kunne gi flere likevektstilstander ( $W^*$ ). En kan for eksempel ha tre mulige likevektstilstander slik at en ustabil  ${}_2W^*$  har en stabil mindre  ${}_1W^*$  og en stabil større  ${}_3W^*$ . Hvilken av likevektstilstandene  ${}_1W^*$  og  ${}_3W^*$  som blir tilpassningen vil anhege av ved hvilken  $W$  en startet fiske ( $W(0)$ ). Er  $W(0) < {}_2W^*$  vil den optimale bestanden bli  ${}_1W^*$  og dersom  $W(0) > {}_2W^*$  så vil den optimale bestanden bli  ${}_3W^*$ . Det kan også tenkes tilfeller med mere enn tre likevekts-tilstander. I slike tilfeller vil det være vanskelig, for ikke å si umulig å finne et stabilt optimum.

Som i 2.4. er neste steg å finne "veien" til  $W^*$ . Clark and Munro (op.cit) viser at i tilfeller med ikke-linearitet i produktfunksjonen vil en ikke få en pang-pang løsning som var tilfelle med en produktfunksjon som i ligning 7. En vil derimot få en asymptotisk tilnærming til  $W^*$ . En slik tilnærming vises i Figur 2.9 for  $Y > 0$ .

Spesialtilfellet der  $k = 0$  vil i prinsippet gi samme løsninger som den nevnt ovenfor. Dette illustreres i avsnitt 2.2.3 for en statisk modell.

## 2.5. BEVERTON & HOLT MODELLEN.

Som nevnt under 2.2. beskriver ikke Schaefermodellen individvekst, rekrutering eller dødelighet, men beskriver tilveksten med samleparametre. B&H-modellen, derimot, behandler en årsklasses antall og hvordan den rekruteres, vokser og dør som sentrale modellparametre. En kan kanskje derfor hevde at B&H-modellen er mere deskriptiv enn Schaefermodellen. Siden årsklassen står sentralt i B&H-modellen vil jeg innledningsvis beskrive **optimal utnyttelse** av en årsklasse i et kapitalteoretisk perspektiv. Med optimal utnyttelse menes **den beskatningsstrategi som maksimerer årsklassens nåverdi**. I hovedsak bygger denne framstillinga av bioøkonomisk teori på en artikkel av Clark m.fl. (1973).

Under diskusjonen av B&H-modellen vil jeg benytte produktfunksjonen i ligning 7. Til sist vil jeg kort diskutere hvilke forandringer på resultatene endring av produktfunksjonen i samsvare med avsnittene 2.2.3 og 2.4.1 vil føre til.

Ved tidspunkt  $t$  består en årsklasse av  $N = N(t)$  individer som dør med en momentan naturlig dødelighetsrate  $M$  i ubeskattet tilstand. Da forventes årsklassen å dø med følgende hastighet:

$$dN/dt = -MN \quad (55)$$

En variabel fiskedødelighet  $F(t)$  reduserer også årsklassens antall ved å øke den totale dødeligheta.  $F(t)$  er en eksogen kontrollvariabel i modellen, og når den medtas uttrykkes dødshastigheta på følgende måte:

$$dN/dt = -(M+F(t))N \quad (56)$$

der  $M > 0$ . Som tidligere nevnt inngår også individvekt  $w(t)$  som eksogen variabel. Det vanligste er at individveksten uttrykkes ved hjelp av von Bertalanffy's vekstligning. I følge denne vekstligninga vokser gjennomsnittsindividet mot en øvre grense når  $t$  går mot uendelig. Dette innebærer at  $w'(t)/w(t)$  er monotont avtakende mot null når  $t$  går mot uendelig. Først vil jeg analysere med en slik individvekstfunksjon, senere vil jeg endre denne til en funksjon der  $w'(t)/w(t)$  skifter fortegn to ganger årlig. Denne typen vekstfunksjon vil kjennetegne fiskeslag med utpreget sesongvekst.

I henhold til overstående restriksjoner (ligningene 55 og 56 samt



betraktningene vedrørende individvekst) vil den bioøkonomiske problemstillinga være: maksimer nåverdien PV av fangsten av en årsklasse rekrutert ved  $t = 0$ . Dette problemet vil bli analysert i det følgende.

La  $W(t)$  være biomassen til en årsklasse ved  $t$ . Dette uttrykkes da:

$$W(t) = w(t)N(t) \quad (57)$$

$W'(t)$  vil beskrive endringene i  $W(t)$  med tiden. Ved derivering av ligning 57 og ordning uttrykket får en:

$$W'(t) = W(t)(w'(t)/w(t) - M - F(t)) \quad (58)$$

I ubeskattet tilstand er  $F(t) = 0$  og en får da:

$$W'(t) = W(t)(w'(t)/w(t) - M) \quad (59)$$

I tidsrommet fra  $t$  til  $t + dt$  er utbytte av bestanden  $Y(t)dt$  gitt som følger:

$$Y(t)dt = F(t)N(t)w(t)dt = F(t)W(t)dt \quad (60)$$

Det er verdt å legge merke til at ligning 60, som avslutter modellens biologiske del, er identisk med ligning 7 skrevet på endringsform under forutsetning av at  $F = qE$ . De økonomiske aspektene bringes inn ved å innføre fiskets inntekts og kostnadsforhold i modellen. I det videre forutsettes at prisen per enhet fangst er konstant =  $p$  og at kostnadene øker proporsjonalt med  $F(t)$  med  $c$  som proporsjonalitetskonstant. Av dette følger at profitten fra fiske  $\Pi(t)$  i tidsintervallet  $dt$  kan uttrykkes på følgende måte:

$$\Pi(t)dt = (pY(t) - cF(t))dt = F(t)(pW(t) - c)dt \quad (61)$$

Dersom en har en samfunnsøkonomisk diskonteringsrate  $\lambda > 0$  så angis nåverdien PV av en årsklasse på følgende måte:

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t} F(t)(pW(t) - c)dt \quad (62)$$

For å maksimere verdien av en årsklasse under de betingelsene som gjelder i ligning 62 så skal en finne den  $F(t) > 0$  som maksimerer ligninga.

Når en bestand er ubeskattet gjelder ligning 59 som kan betraktes

som ligninga for den naturlige biomasseutviklinga til en årsklasse. Siden  $w'(t)/w(t)$  er forutsatt monotont avtagende vil biomassen øke så lenge tilveksten er større en dødeligheten. En vil få en maksimumsverdi som nås ved  $t = t_0$  når  $W'(t_0) = 0$ . Ligning 59 er 0 når:

$$w'(t_0)/w(t_0) = M \quad (63)$$

Av ligning 63 følger to ting: i) for at biomassen skal kunne ha en maksimumsverdi så må  $w'(t)/w(t) > M$  tidlig i årsklasens livsløp og ii) dersom i) gjelder vil  $W(t_0) > W(t)$  for alle  $t \neq t_0$ .

I henhold til ligning 61 vil  $\Pi$  per fiskeinnsatsenhet  $V(t)$  uttrykkes på følgende måte:

$$V(t) = pW(t) - c \quad (64)$$

$V(t)$  vil utrykke årsklassens nominelle verdi, av Clark (1973) kalt "net biovalue", ved tidspunkt  $t$ . Endring i  $V(t)$  finnes ved å derivere ligning 64. Dersom en deriverer ligning 64 og setter inn ligning 59 i uttrykket får en:

$$V'(t) = pW(t)(w'(t)/w(t) - M) \quad (65)$$

Ligning 65 uttrykker endring i årsklassens nominelle verdi ved  $t$  etter som ligning 59 forutsetter  $F(t) = 0$ .

Ut fra betingelsene uttrykt ved ligningene 55-65 er det nå mulig å finne optimal beskatningsstrategi for en årsklasse. Med optimal beskatningsstrategi forstås den allokering av  $F(t)$  som maksimerer ligning 62. Dette innebærer at for hvert tidspunkt  $t$  må en optimalisere  $F(t)$ 's størrelse uavhengig av forhistorien til fiskeriet, men avhengig av  $V(t)$  og  $V(t)$  sin potensielle vekst uttrykt ved ligning 65.

Av ligningene 61 og 64 ser en at en må ha:

$$F(t) = 0 \text{ når } V(t) < 0. \quad (66)$$

Dette innebærer at når kostnadene per innsatsenhet er større en inntektene så skal en ikke fiske siden dette leverer et negativt bidrag til ligning 62. En må altså avgjøre hvordan en skal fiske når  $V(t) > 0$  under forutsetning av at  $PV$  skal maksimeres. Avgjørelsen vil være avhengig av hvordan  $V(t)$  varierer uttrykt ved ligning 65 sett i forhold til diskonteringsrata. Dersom den

nominelle verdien av en årsklasse i perioden  $dt$  øker mere i live enn alternativ plassering av den realiserte verdien i samme periode, bør en utsette fiskinga. Denne betingelsen kan uttrykkes ved:

$$F(t) = 0 \text{ når } V'(t) > \lambda V(t) \quad (67)$$

Derimot bør det fiskes så snart  $V'(t) < \lambda V(t)$ , altså når alternativ avkastning er større enn den nominelle verdiøkninga til den levende årsklassen.

En har følgelig følgende beslutningskriterium når  $V(t) > 0$  for når  $F(t)$  skal anvendes og for størrelsen til  $F(t)$ :

$$F(t) = \begin{cases} 0 & \text{når } V'(t) > \lambda V(t) \\ F_{\max} & \text{når } V'(t) < \lambda V(t) \end{cases} \quad (68)$$

$F_{\max}$  angir størst mulig (tilgjengelige) fiskeinnsats ved tidspunkt  $t$ . Dette kalles **Fisher regelen** og angir en såkalt bang bang løsning.

For å finne implikasjonene til Fisher regelen må en se nærmere på ulikheten  $V'(t) > \lambda V(t)$  som i henhold til ligning 64 og ligning 65 er lik:

$$pW(t)(\lambda + M - w'(t)/w(t)) < \lambda c \quad (69)$$

Denne betingelsen er alltid oppfylt når  $w'(t)/w(t) > \lambda + M$ , dvs når individveksten er større en den momentane dødeligheta og samfunnets diskonteringskrav. Betingelsen  $w'(t)/w(t) < \lambda + M$ , som i henhold til Fisher regelen gjelder når en skal fiske gir følgende ulikhet:

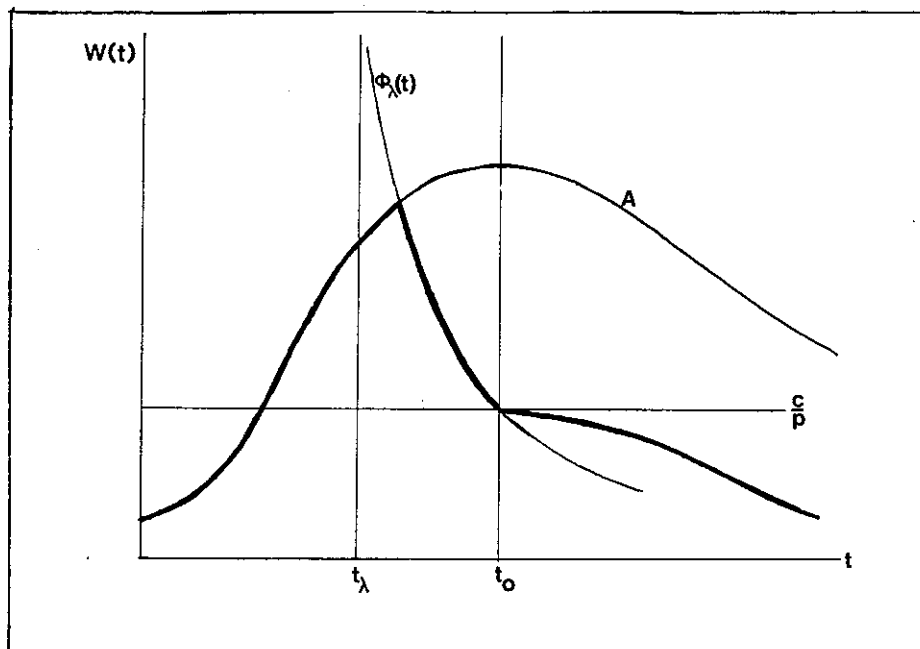
$$W(t) < \Phi_{\lambda}(t) = \lambda c / p(\lambda + M - w'(t)/w(t)) \quad (70)$$

$\Phi_{\lambda}(t)$  bestemmes av det en kan kalle **Fisher ligninga** nemlig  $V'(t) = \lambda V(t)$ . Grafen til ulikhet 70's høyre side vil være monotont avtagende siden  $w'(t)/w(t)$  er monotont avtagende, med en vertikal asymptote når  $t = t_{\lambda}$  som bestemmes av ligning 71:

$$w'(t_{\lambda})/w(t_{\lambda}) = \lambda + M \quad (71)$$

Dersom ligning 71 ikke har løsning så finnes det ingen vertikal asymptote. Legg også merke til at  $\Phi_{\lambda}(t_0) = c/p$  der  $t_0$  er bestemt av ligning 63. Fiskeintervallet gis altså av betingelsene  $V(t) > 0$  og  $V'(t) < \lambda V(t)$ . Dersom fiskeintervallet beskrives ved biomassetermer har en henholdsvis at  $W(t) > c/p$  og  $W(t) < \Phi_{\lambda}(t)$  (se ligningene 35 og 36). Grensene gis således når  $V'(t) = \lambda V(t)$

(eller  $W(t) = \Phi_\lambda(t)$ ) og  $V(t) \geq 0$  (eller  $W(t) \geq c/p$ ). Fiskeintervallet vises i Figur 2.10.



**Figur 2.10:** Optimal beskatning av en årsklasse når  $\lambda > 0$  og  $c > 0$ .  $W(t)$  følger den tykkeste grafen, d.v.s. Årsklassen er ubeskattet inntil  $W(t) = \Phi_\lambda(t)$ . Årsklassens biomasseutvikling dersom den ikke utsettes for fiske er markert med A. Dersom  $c = 0$  og  $\lambda > 0$  så vil en fiske ned bestanden til  $W = 0$  i tidspunkt  $t = t_\lambda$ . Er  $\lambda = 0$  så vil en utnytte hele årsklassens vekstpotensiale og  $W(t)$  får vokse til  $t_0$ . Ved  $t_0$  fiskes bestanden ned til  $W(t_0) = c/p$ .  $\lambda = \infty$  vil tilsvare fri-fisketilpasninga.  $W(t)$  får da vokse til  $W(t) = c/p$  og beskatningen vil fortsette til  $t = t_0$  slik at  $W(t)$  følger  $c/p$ . Når  $t > t_0$  vil  $W(t) < c/p$ . Etter Clark (1973).

## 2.6. FISKE PÅ EN ÅRSKLASSE MED SESONGVEKST.

I bioøkonomisk literatur er sesongvekst til nå viet liten interesse. Flåten (1983a) utvider en overskudds produksjonsmodell til å beskrive sesongvariasjon i tilvekst. Dersom en sammenligner med Schaefermodellen beskrevet i 2.2. modifiserer Flåten (op.cit) sin ligning 1 til:

$$dW/dt = r(t)G(W), \quad (72)$$

der han forutsetter at  $G$ -funksjonen har samme egenskaper i ligning 1 og i ligning 72.

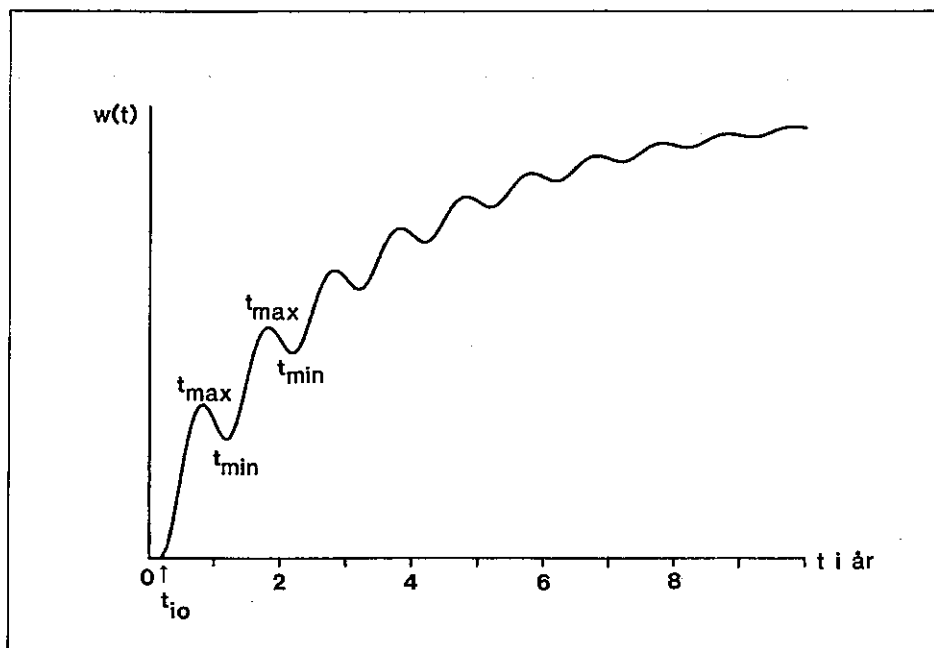
Dersom  $r(t) = w'(t)/w(t) - M$  og  $G(W) = W(t)$ , så beskriver ligning 72 B&H-modellen for en årsklasse. Med disse modifikasjonene er ligning 72 og ligning 59 identiske.

Fiskeribiologisk literatur om sesongvekst er i likhet med bioøkonomisk literatur ikke rikholdig. Pitcher m.fl (1973) og Cloern m.fl. (1978) tilpasser begge en von Bertalanffy ligning til data fra fisk med sesongvekst. Jeg vil bruke disse arbeidene som utgangspunkt for å beskrive individvekst. I det følgende forutsettes at fiskens individvekst kan beskrives av en ligning med samme egenskaper som en von Bertalanffy ligning, d.v.s at  $w(t)$  går mot en maksimalverdi når  $t$  går mot uendelig, men at  $w'(t)/w(t)$  skifter fortegn to ganger i året. Denne forutsetningen regnes tilstrekkelig til å beskrive individveksten til et fiskeslag med utpreget sesongvekst og som utenom beitesesongen har et massetap pga at basalmetabolismen holdes i gang utelukkende vha opplagsnæring.

Følgende  $w$ -funksjon vil beskrive sesongvekst:

$$w = w_i(t), \quad (73)$$

der  $i$  er et positivt heltall som angir årsklassens alder i hele år ved tidspunkt  $t$ .  $t$  er den løpende tiden. Veksfunksjonen har, som tidligere forutsatt, et årlig minimum ved  $t = t_{\min}$  og et årlig maksimum ved  $t = t_{\max}$ , der  $t_{\min} < t_{\max}$  og der  $t_{\min}$  og  $t_{\max}$  faller på samme dato hvert år.  $w'_i(t)/w_i(t)$  har da følgende årlige forløp:



Figur 2.11: Individveksten til gjennomsnittsindividet i en bestand med sesongvekst. Denne grafen tilfredstiller kravene satt til ligning 47 i 48.  $t_{i0}$  er tidspunktet for rekrutering av års klassen.

$$\begin{aligned}w'_i(t)/w_i(t) &= 0 \text{ når } t = t_{\min} \text{ og } t = t_{\max} \\w'_i(t)/w_i(t) &> 0 \text{ når } t_{\min} < t < t_{\max} \\w'_i(t)/w_i(t) &< 0 \text{ når } t > t_{\max} \text{ og } t < t_{\min},\end{aligned}\tag{74}$$

der årlig maksimum og minimum forutsettes ikke å være sammenfallende med årskiftet, slik at, som siste linje i betingelse 74 viser, individvekta har en topp om høsten og er avtakende inn i det nye året. Grafen til en vekstligning som tilfredstiller disse kravene er vist i Figur 2.11.

Biomassen beskrives av følgende ligning:

$$W_i(t) = N_i(t)w_i(t)\tag{75}$$

Endring i biomassen finnes ved å derivere ligning 75 som jamnført med ligning 58 gir:

$$W'_i(t) = W_i(t)(w'_i(t)/w_i(t) - M - F(t))\tag{76}$$

Når  $F(t) = 0$  angir ligning 76 biomassens naturlige utvikling. En har ekstremalpunkter når  $W'_i(t) = 0$ . Er  $W''_i(t) < 0$  når  $W'_i(t) = 0$  så har en et maksimumspunkt og er  $W''_i(t) > 0$  når  $W'_i(t) = 0$  så har en et minimumspunkt. Som følge av krav til vekstfunksjon (betingelse 74) følger det at en vil ha et biomasseminimum ved  $t = t_-$ , der  $t_-$  er bestemt av:

$$w'_i(t)/w_i(t) = M,\tag{77}$$

der  $t_{\min} < t_-$  siden  $w'_i(t)/w_i(t)$  stiger mot  $M$ . Av dette følger at for  $i$  der  $w'_i(t)/w_i(t) < M$  for alle  $t$ , vil en ikke ha et minimumspunkt, biomassen vil avta gjennom hele året.

I henhold til samme resonement kan en finne årlig biomassemaksimum ved  $t = t_+$  som også vil være gitt av ligning 77, men her vil  $w'_i(t)/w_i(t)$  avta mot  $M$ . Dette innebærer:

$$t_{\min} < t_- < t_+ < t_{\max},\tag{78}$$

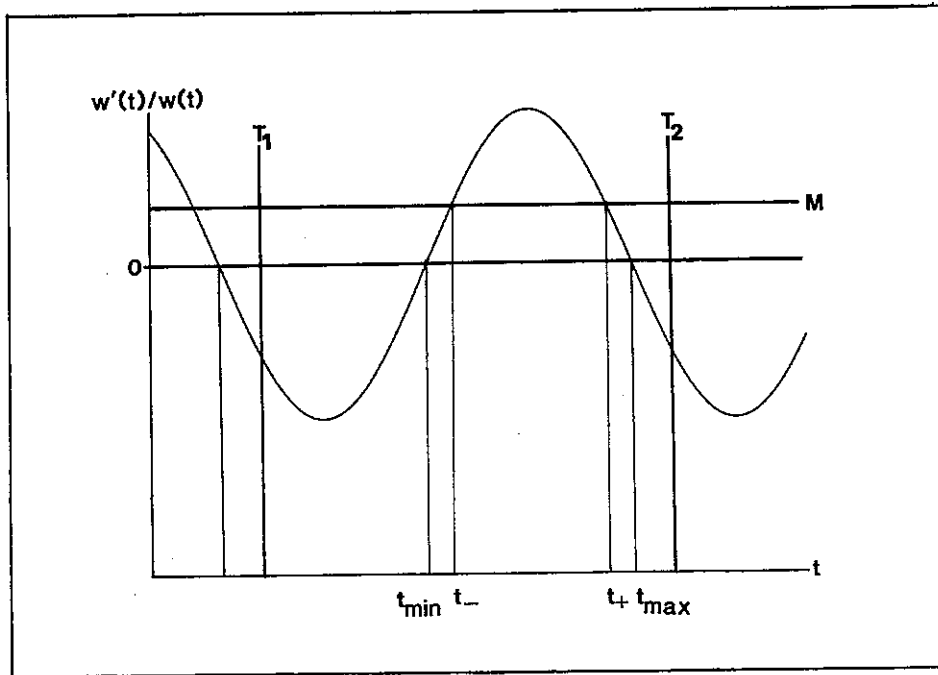
for alderstrinn der  $w'_i(t)/w_i(t) > M$  for  $t_{\min} < t < t_{\max}$ . Resultatene fra ligning 78 vises i Figur 2.12.

Når det ses bort fra at det nå opereres med sesongvekst, og at  $w$ -funksjonen dermed har et annet forløp enn i 2.5., så gjelder relasjonene 55-65 fremdeles. Ligningene som beskriver sesongvekst er indeksert med  $i$ . Ligning 65 kan følgelig omskrives til:

$$V'_i(t) = pW_i(t)(w'_i(t)/w_i(t) - M) \quad (79)$$

Ligning 79 vil i henhold til forutsetningene i 74 ha årlige skift i fortegn. Følgende relasjoner gjelder:

$$\begin{aligned} V'_i(t) &> 0 \text{ når } w'_i(t)/w_i(t) > M \text{ og} \\ V'_i(t) &< 0 \text{ når } w'_i(t)/w_i(t) < M \end{aligned} \quad (80)$$



Figur 2.12: Den deriverte av et intervall av vekstfunksjonen vist i Figur 2.11.  $T_1$  og  $T_2$  markerer årsskifte.  $M$  viser naturlig dødelighet. Ulikhet 78 illustreres av grafens skjering av 0-linja og  $M$ -linja.

I likhet med B&H-modellen uten sesonvekst er det nå ønskelig å finne det tidsintervallet en skal fiske over for å maksimere PV. Som tidligere gjelder det at PV ikke skal ha negative bidrag, en har altså:

$$F(t) = 0 \text{ når } V_i(t) < 0 \quad (81)$$

Dersom en sammenligner med ligning 68 i undedrkapittel 2.5. ser en at når  $w'(t)/w(t)$  var monotont avtakende skal en sette inn  $F(t) = F_{\max}$  når  $V'(t) = \lambda V(t)$ . Nå er imidlertid forutsatt at individtilveksten skal ha et forløp som beskrevet i betingelse 74. Skulle en følge en forutsetning analog med forutsetninga gitt i ligning 68 så skulle en sette inn  $F(t) = F_{\max}$  så snart  $V'_i(t) < \lambda V_i(t)$  såfremt  $V_i(t) > 0$ . Dersom  $c$  er tilstrekkelig liten vil en, ut fra et slikt kriterium, starte fangstinga i fiskens første leveår ( $i = 0$ ). Dette er en korekt beslutning

dersom en ville ha fått et mindre nominellt utbytte ved å vente et år enn det krav samfunnet setter til alternativ avkastning. Det er derimot en feil beskatningspolitikk dersom en oppnår større avkastning enn det krav til samfunnsøkonomisk diskonteringsrate skulle tilsi, ved å utsette fisinga på årsklassen et år. Dette innebærer at en først må finne på hvilket alderstrinn fisken skal fanges, og dernest hvilken fangststrategi som skal velges innenfor det aktuelle alderstrinnet.

I henhold til tidligere resonemener skal en fange når tilveksten i en årsklasses nominelle verdi er mindre, fra et tidspunkt til et annet, enn samfunnets diskonteringskrav. Dette innebærer at en skal fange ved den alderen  $i'$  der den nominelle verdien når fisken er blit ett år eldre ( $i'+1$ ) har øket mindre enn kravet satt til alternativ avkastning. Dette kan uttrykkes slik:

$$\begin{aligned} (V_{i'+1}(t) - V_{i'}(t))/V_{i'}(t) < \lambda \\ V_{i'+1}(t)/V_{i'}(t) - 1 < \lambda \end{aligned} \quad (82)$$

Det er nå fastlagt på hvilket alderstrinn ( $i'$ ) fisken skal fanges, spørsmålet er nå: hvilken fangststrategi skal velges? Svaret blir at strategien blir paralell med strategien fulgt i underkapittel 2.5. Fisher regelen formuleres som følger:

$$F(t) = \begin{cases} 0 \text{ når } V_{i'+1}(t)/V_{i'}(t) - 1 > \lambda \\ 0 \text{ når } V_{i'+1}(t)/V_{i'}(t) - 1 < \lambda \\ \text{og når } V'_{i'}(t) > \lambda V_{i'}(t) \\ F_{\max} \text{ når } V_{i'+1}(t)/V_{i'}(t) - 1 < \lambda \\ \text{og når } V'_{i'}(t) < \lambda V_{i'}(t) \end{cases} \quad (83)$$

For å undersøke implikasjonene til ligning 83 brukes samme framgangsmåte som leder fram til ulikhetene 68 og 70, en må altså betrakte ulikheten  $V'_{i'}(t) < \lambda V_{i'}(t)$  for å finne den optimale fangststrategien. Da følger i henhold til de tidligere nevnte ulikhetene:

$$W_{i'}(t)(\lambda + M - w'_{i'}(t)/w_{i'}(t)) < c \quad (84)$$

$$W_{i'}(t) < \Phi_{\lambda i'}(t) = \lambda c / p(\lambda + M - w'_{i'}(t)/w_{i'}(t)) \quad (85)$$

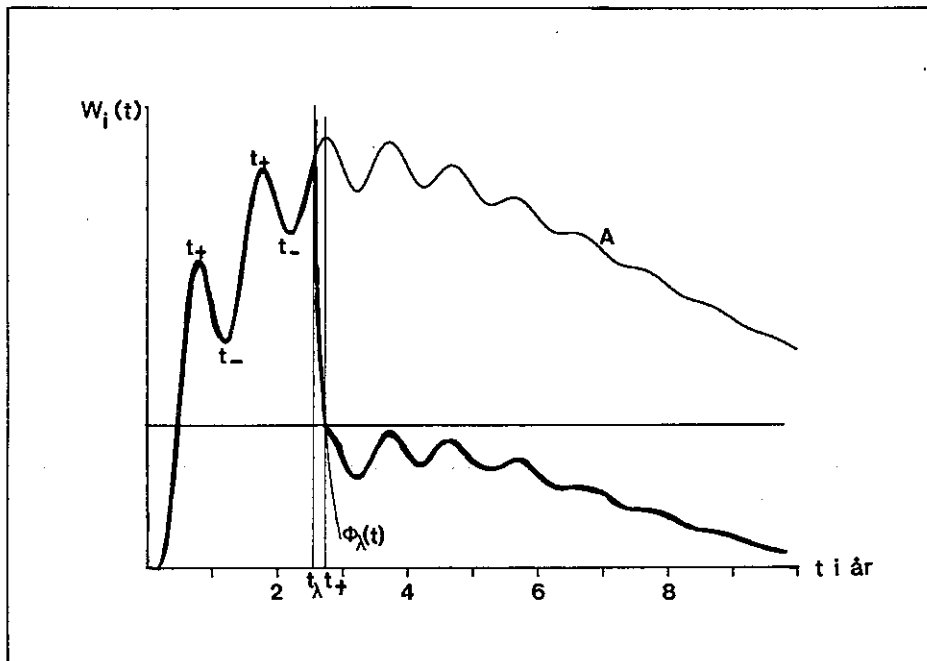
Ulikhet 85 beskriver fiskeintervallet. Som tidligere bestemmes



$\Phi_\lambda$ -funksjonen av det som kan kalles Fisher ligninga, nemlig  $V'_i(t) = \lambda V_i(t)$ . Grafen til  $\Phi_\lambda$ -funksjonen er monotont avtakende i det aktuelle området siden  $w'_i(t)/w_i(t)$  når  $t$  går mot  $t_+$ , med en vertikal asymptote ved  $t = t_\lambda$ , som bestemmes av ligning:

$$w'_i(t)/w_i(t) = \lambda + M \quad (86)$$

Siden  $w'_i(t)/w_i(t)$  avtar mot  $\lambda + M > M$  vil  $t_\lambda < t_+$ . Legg merke til at når  $t = t_+$  så er  $\Phi_{\lambda i}(t) = c/p$ , der  $t_+$  bestemmes av ligning 77. Fiskeintervallet gis altså ved betingelsene  $V_i(t) > 0$  (betingelse 81) og  $V'_i(t) < \lambda V_i(t)$  når  $V_{i+1}(t)/V_i(t) - 1 < \lambda$  (ligning 83). Dersom fiskeintervallet uttrykkes i biomassestermer har en henholdsvis at  $W_i(t) > c/p$  og  $W_i(t) < \Phi_{\lambda i}(t)$ . Da gis grensene for "fiskeintervallet" ved  $V'_i(t) = \lambda V_i(t)$  (eller  $W_i(t) = \Phi_{\lambda i}(t)$ ) og  $V_i(t) \geq 0$  (eller  $W_i(t) \geq c/p$ ). Biomasseutvikling og optimal utnyttelse av en årsklasse med sesongvekst er vist i Figur 2.13.

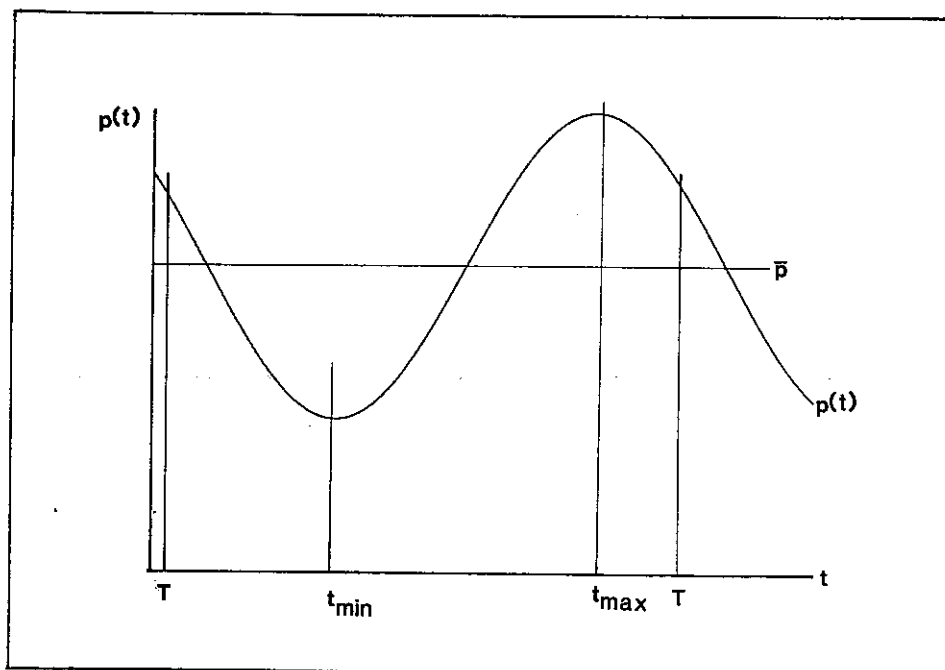


Figur 2.13: Optimal beskatning av en årsklasse med sesongvekst når  $c > 0$  og  $\lambda > 0$ . Biomassen følger den tykkeste grafen ved optimal tilpasning. Årsklassens biomasseutvikling dersom den ikke utsettes for fiske er markert med A.

Sammenlignes resultatene fra underkapittel 2.5 med resultatene fra dette underkapittelet så er de analytiske løsningene i prinsippet like. Dersom fisken har sesongvekst må man finne det riktige året å fange ved hjelp av tillegskriteriet gitt i 82. På grunn av forskjell i  $w$ -funksjonene vil imidlertid fiskeintervallet bli kortere når en har sesongvekst. Dersom  $w'$ -funksjonen

er monotont avtakende, som forutsatt i underkapittel 2.5. (se Figur 2.10), vil  $t_0 - t_\lambda > t_+ - t_\lambda$ , der ulikhetens høyre side gjelder når en kar en  $w$ -funksjon som beskrevet i 74 (se Figur 2.13). Dette sammenfaller med resultatene fra Flåten's (1983) analyse av en Schaefer-type modell med sesongvekst. Et kortere fiskeintervall vil innebære at det settes inn en større  $F$  for at biomassen skal kunne følge den optimale banen beskrevet av  $\Phi_\lambda(t)$ -funksjonen enn hva som er tilfelle for at biomassen skal følge  $\Phi_\lambda(t)$ -funksjonen. Tiden fra  $t_\lambda$  til  $t_0$  (Figur 2.10) kan for eksempel strekke seg over ett eller flere år, avhengig av  $w$ -funksjonens forløp og  $M$ 's størrelse, mens tiden fra  $t_\lambda$  til  $t_+$  (Figur 2.13) bare vil strekke seg over en periode på høsten for fiskebestander i våre farvann.

## 2.7. PRISEN SOM TIDSFUNKSJON.



Figur 2.14: Prisfunksjon som tilfredstiller kravene satt i 87.  $T$  markerer årsskifte og  $\bar{p} = (p(t_{\max}) - p(t_{\min}))/2$ .

Tidligere er prisen holdt konstant. Jeg vil nå anta at prisen er en tidsfunksjon  $p(t)$  som har årlige svingninger slik at:

$$p(t) > 0 \text{ for alle } t$$

$$p'(t) = 0 \text{ når } t = t_{\min} \text{ og } t = t_{\max}$$

$$p'(t) > 0 \text{ når } t_{\min} < t < t_{\max} \quad (87)$$

$$p'(t) < 0 \text{ når } t > t_{\min} \text{ og } t < t_{\max},$$

der  $t_{\min}$  og  $t_{\max}$  er definert i underkapittel 2.6.

$p(t)$  sitt forløp regnes først og fremst å være en funksjon av fiskens fettinnhold. Fettinnholdet øker i hele vekstsesongen og avtar så for å ha sitt minimum ved oppstart av den nye vekstsesongen. I dette kapitlet velger jeg å se bort i fra variasjon i prisen som skyldes for eksempel spesielle anvendelser av fisken selv eller av deler av den (for eksempel gonader). Figur 2.14 viser en slik prisfunksjon.

Analysen i dette underkapitlet er en en videreføring av analysen i underkapittel 2.6. Jeg ser i det videre på hvilke implikasjoner en prisfunksjon som beskrevet i ligning 87 vil ha for fangsstrategien i det året en har bestemt seg for å fange ( $i'$ ).

Ved innføring av  $p$  som tidsfunksjon i ligning 64 vil  $V(t)$ -funksjonen skrives:

$$V(t) = W(t)p(t) - c, \quad (88)$$

og den deriverte av ligning 88 mhp tiden vil da uttrykkes slik:

$$V'(t) = p(t)W(t)(w'(t)/w(t) - M)(1 + p'(t)/p(t)) \quad (89)$$

I samsvar med underkapitlene 2.5. og 2.6. gir dette en beskrivelse av fangstintervallet som ser slik ut:

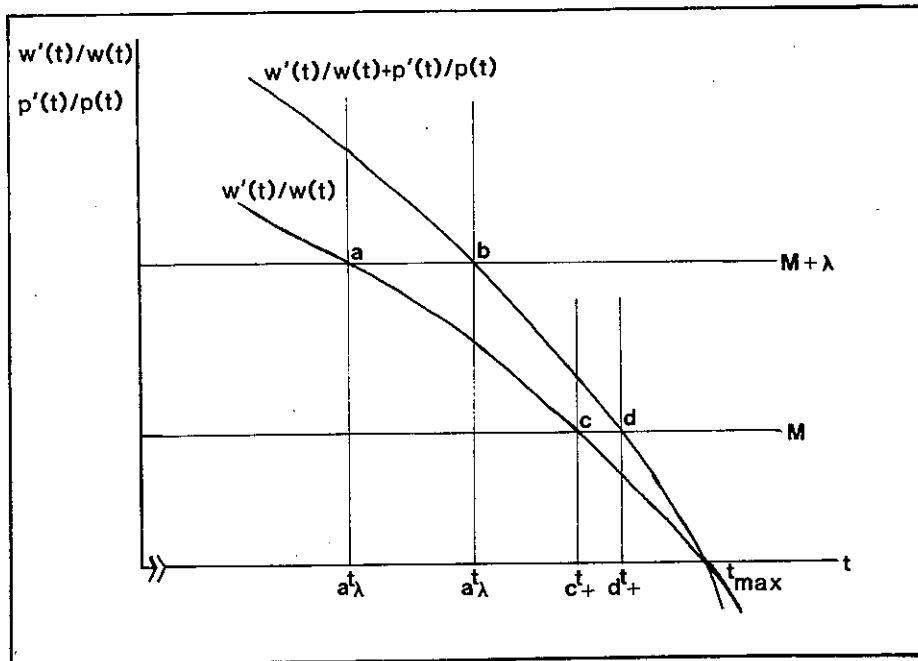
$$W(t) < \Phi_{\lambda}(t) = \lambda c / p(t) (\lambda + M - (w'(t)/w(t) + p'(t)/p(t))) \quad (90)$$

Grafene til  $w'(t)/w(t)$ ,  $(w'(t)/w(t) + p'(t)/p(t))$ ,  $M$  og  $\lambda + M$  er vist i Figur 2.15. Fiskeintervallene når en har konstant pris og når en har en prisfunksjon som oppfyller betingelsene i 87 kan finnes ved å analysere denne figuren. En vet følgende:

i)  $\Phi_{\lambda}$ -funksjonene i ulikhetene 85 og 90 går mot en vertikal asymptote når nevnerene i brøken går mot 0. For  $\Phi_{\lambda}$ -funksjonen i ligning 76 har en asymptoten når ligning 86 er oppfylt. Den asymptotiske verdien for  $\Phi_{\lambda}$ -funksjonen i 90 gis når  $(w'(t)/w(t) + p'(t)/p(t)) = \lambda + M$ . I Figur 2.15 oppfylles disse betingelsene henholdsvis i skjæringspunktene  $a$  og  $b$  ved  $t = a^t$  og ved  $t = b^t$ .

ii) Det skal ikke fiskes etter at  $\Phi_{\lambda}$ -funksjonene ha nådd verdien  $c/p$ . Dette skjer i skjæringspunktene  $c$  og  $d$  ved  $t = c^t$  og ved  $t$

=  $dt_+$ .



Figur 2.15: Tilpasningsbetingelser ved sesongvekst når  $p$  er en tidsfunksjon og når  $p$  er konstant. Figuren viser tidsintervallet før  $t_{max}$ .

Av Figur 2.15 ser en at  $a_{t_\lambda} < b_{t_\lambda}$  og at  $c_{t_+} < d_{t_+}$ . Dette innebærer at fiskeintervallet, når en har en prisfunksjon som beskrevet i 87, blir forskjøvet lengre ut mot høsten enn hva som er tilfelle dersom prisen er konstant over året. Fiskeintervallet blir også kortere enn før. Dette fordi  $(w'(t)/w(t)) + (p'(t)/p(t))$  avtar raskere enn  $w'(t)/w(t)$ .

## 2.8. HVA SKJER DERSOM $F_{MAX} < \infty$ .

Den optimale fangststrategien i 2.5., 2.6. og 2.7. setter krav til en stor fiskeinnsats over et kort tidsrom. En kan imidlertid ha tilfeller der den optimale beskatningsstrategien er slik:

$$F(t) \leq F_{max} < \infty \quad (91)$$

Tidligere er kostnadene gitt ved  $cF(t)$ . Dersom en betrakter denne kostnadsfunksjonen som et variabelt ledd i den totale kostnadsfunksjonen, som i tillegg har et fast ledd, så vil den optimale fangststrategien ikke være slik som beskrevet i under-

kapittelene 2.5., 2.6. og 2.7. Dersom en følger en slik fangststrategi, som tidligere er beskrevet, vil en maksimere dekningsbidrag DB. Samtidig vil de faste kostnadene gå mot uendelig siden  $F_{\max}$  gjør det, og resultatet blir negativt. Av dette følger at kostnadsfunksjonens form vil være bestemmende for hvor stor  $F(t)$  kan være når målet er å maksimere PV. Den konkrete problemstillinga blir å finne hvilken beskatningsstrategi endrede kostnadsfunksjoner medfører.

Denne problematikken er tatt opp av Clark m.fl. (1979). Dersom realkapitalen bundet i fiskeflåta er fritt omsettelig til en pris som ligger i nærheten av anskaffelsespris - kapitalslit, vil fangststrategien bli som beskrevet tidligere. Problemet med å finne en annen fangsstrategi oppstår når realkapitalen bundet i fangstkapasitet ikke er omsettelig, eller kun omsettelig til skrapverdi.

I det følgende regnes ligningene 64, 79 og 88 å beskrive DB. Uansett beskatningsstrategi så skal ikke DB ha negative bidrag dersom en ønsker å maksimere årsklassens nåverdi. Dette innebærer, som tidligere, at  $F(t) = 0$  når  $V(t) < 0$ . Dersom en antar at det optimale fiskeintervallet strekker seg fra  $t_1$  til  $t_2$  der  $t_2$  bestemmes av  $V(t_2) = 0$  og  $t_1 < t_{\max} < t_2$ .  $t_{\max}$  angir som tidligere biomassemaksimum. Ved en individvekstfunksjon som i 2.5. vil  $t_{\max}$  måtte byttes ut med  $t_0$ .

Gitt  $\delta = 0$ . Da beregnes nåverdien av DB slik:

$$J(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} (pW(t) - c) dt, \quad (92)$$

der det forutsettes at ligning 92 beskriver en fangsstrategi som også maksimerer årsklassens nåverdi.

Clark (1976) viser ved å optimere denne ligninga at endringen i  $W(t)$  ( $W(t_1) - W(t_2)$ ) kan skrives:

$$W(t_1) - W(t_2) = F_{\max} \int_{t_1}^{t_2} W(t) dt, \quad (93)$$

der  $F_{\max}$  tilfredstiller betingelse 91.

Ligning 93 fastslår at en nødvendig forutsetning for å maksimere utbytte er : **endring i biomasse = utbytte i biomasse.**

Endringen i biomasse  $W$  i tidsrommet  $t_1$  til  $t_2$  vil være som følge av tilvekst  $G$ , uttak  $Y$  og naturlig dødelighet  $Z$ . Dette yttrykkes slik:

$$W = G - Y - Z \quad (94)$$

Ligning 93 sier at  $W = Y$  som innebærer at:

$$G = Z, \quad (95)$$

som betyr at ved optimal beskatningsstrategi for en årsklasse er tilveksten i biomassen lik naturlig avgang fra biomassen. Biomassen skal altså følge en bane fra  $t_1$  til  $t_2$  som oppfyller ligning 95.

Foregående analyse kan benyttes til å beskrive en numerisk metode til å finne  $t_1$  og  $t_2$ . Når  $Z = M \int_{t_1}^{t_2} W(t) dt$  og  $G = \int_{t_1}^{t_2} (Ndw/dt) dt$  får en:

$$\int_{t_1}^{t_2} (Ndw/dt - MNw) dt = \int_{t_1}^{t_2} \Omega(t) dt = 0 \quad (96)$$

som når en løser  $N$  ut av differensialligninga 29 og setter inn i ligning 70 gir:

$$e^{-(M+F_{max})t} (dw/dt - Mw) dt = 0 \quad (97)$$

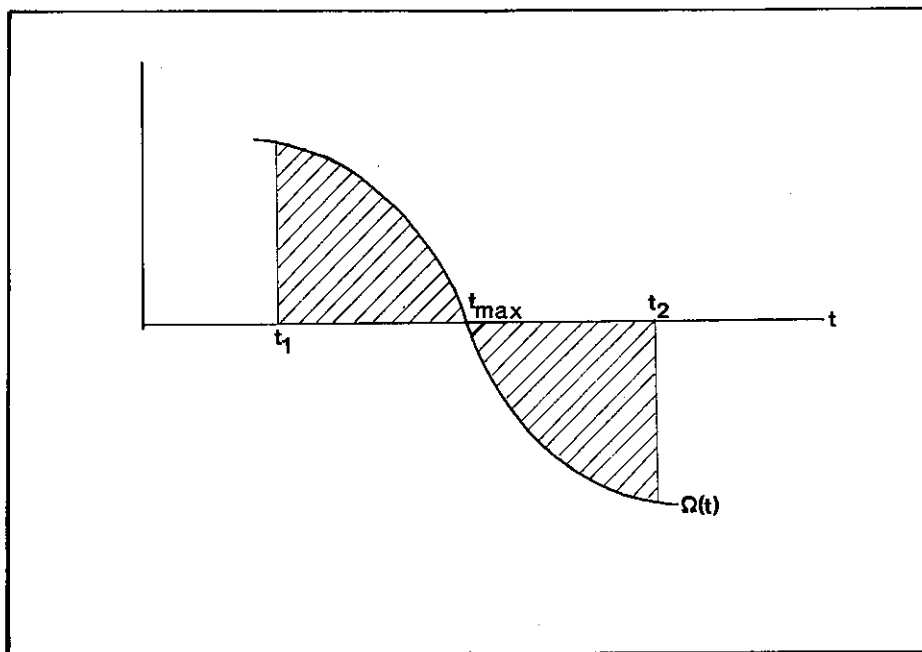
Ligning 97 krever at  $t_1$  og  $t_2$  skal velges på motsatt side av  $t_0$  slik at arealene, som vist i Figur 2.16., blir like store (Clark, 1976).  $t_1$  og  $t_2$  skal i henhold til optimaliseringskriteriene oppfylle følgende ligning (Clark, 1976):

$$e^{F_{max}t_1} = ce^{(M+F_{max})t_2} / pN_0w(t_2), \quad (98)$$

der  $N_0 = N(0)$ , dvs antallet som ble rekrutert til årsklassen. En numerisk metode for å finne  $t_1$  og  $t_2$  er å velge en initsial  $t_2$  og så beregne  $t_1$  ut fra ligning 98. Dersom  $t_2$  velges for liten vil summen av integralene fra  $t_1$  til  $t_2$  og fra  $t_0$  til  $t_2$  være positiv.  $t_2$  økes inntil ligning 97 er oppfylt.

Optimalt fangstintervall når  $\lambda > 0$  vil som vist tidligere implisere at en starter tidligere enn når  $\lambda = 0$ , slik at arealet mellom  $t_1$  og  $t_{max}$  blir så mye større enn arealet mellom  $t_{max}$  og  $t_2$  som kravet til alternativ avkastning tilsier.

Dersom en har en bestand med sesongvekst, som beskrevet i 2.6., kan restriksjonene på  $F$  føre til at optimal beskatningsstrategi tilsier oppstart i fisket et eller flere år før fisken når alderen  $i^*$ . Optimal beskatningsstrategi blir da å fordele uttakene mellom årene før og etter  $i^*$  slik at PV maksimeres.



Figur 2.16:  $\Omega(t)$ -funksjonen fra ligning 70 fra  $t_1$  til  $t_2$ . Arealene på begge sidene av  $t_0$  er like store slik at ligning 96 oppfylles. Etter Clark (1976).

## 2.9. AKTUELLE KOSTNADSFUNKSJONER.

Jeg har tidligere vist at  $F(t)$ 's intensivitet vil avhenge av kostnadsfunksjonen (2.8.). I underkapitlene 2.2., 2.5., 2.6. og 2.7. er kostnadene gjort proporsjonale med innsats ( $F(t)$ ) eller  $E$ ). Det er etter min mening fornuftig å bringe kostnadsfunksjonen på en slik form at den også beskriver kapitalen bundet i fangstkapasiteten. For loddefiske, som analyseres i denne oppgaven, vet en at kostnadene også er avhengig av hvor raskt kvotene tas opp. Intensivt fiske medfører merkostnader i form av større fraktutgifter, som følge av at de nærmeste foredlingsanleggene fylles, slik at lodda må fraktes stadig lengre. En realistisk kostnadsfunksjon  $TC$ , vil altså etter det jeg tidligere har nevnt, formuleres slik:

$$TC = TC(VC, FC, YC),$$

(99)

der leddene i ligning 99 er aditative og gis av ligningene 100, 101 og 104. TC vil i denne oppgaven kun omhandle flåtas kostnader. Jeg ser bort i fra foredlingsleddets økonomi.

Dersom en antar at ligninga

$$VC = cF(t) \quad (100)$$

tar vare på de variable kostnadene så er dette slik de samlede kostnadene ble uttrykt i underkapitlene 2.5., 2.6. og 2.7..

De faste kostnadene vil være en funksjon av antall fartøyer involvert i fiske slik at FC gis av følgende ligning:

$$FC = c_F E_{\max} \quad (101)$$

slik at :

$$F_{\max} = q E_{\max} \quad (102)$$

der  $E_{\max}$  gir det antall fartøy som skal til for å oppfylle 91, q er beskrevet i avsnitt 2.2.1. (ligning 7) og  $c_F$  er den årlige faste kostnaden per fiskeenhet.

Dersom en går ut ifra at en i løpet av en sesong, fra  $t_1$  til  $t_2$  fisker en mengde  $Y$ , så kan fangsthastigheten  $v$  beregnes slik:

$$v = Y/(t_2 - t_1) \quad (103)$$

Kostnadene avhengig avhengig av  $v$  antas å øke proporsjonalt med  $v$  med kostnaden  $c^*$  som proporsjonalitetskonstant og følgelig gis  $YC$  slik:

$$YC = vc^* \quad (104)$$

Ser en foreløpig bort fra de faste kostnadene skal en nå i henhold til kostnadsligningene 100 og 104 maksimere PV av følgende funksjon:

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t} F(t) (W(t)(p - c^*/(t_2 - t_1)) - c) dt, \quad (105)$$

der en variabel fangstmengde  $Y$  tas i løpet av sessongen.

I henhold til tidligere beregninger kan den nominelle verdien per fangstenhet nå uttrykkes:

$$V(t) = W(t)(p - c^*/(t_2 - t_1)) - c \quad (106)$$

Av ligning 106 ser en at når  $t_2$  går mot  $t_1$  så går  $c^*/(t_2 - t_1)$  mot uendelig. Dvs at  $V(t)$  blir negativ dersom fangsthastigheten blir



stor nok. Dette betyr at en slik kostnadsfunksjon legger beskrankninger på  $F_{\max}$  slik at  $F(t)$  må oppfylle 91. En må altså finne en beskatningsstrategi som beskrevet i underkapittel 2.8..

Clark m.fl. (1979) beskriver en framgangsmåte for å finne optimalt antall fartøyer forutsatt faste kostnader. Ligning 105 angis som en  $\psi(E)$ -funksjon der  $E$  angir antall fartøyer i enhold til ligning 92. Nåverdien av årsklassen beregnes følgelig slik:

$$PV = \psi(E) - c_F E, \quad (107)$$

der  $c_F$  antas å tilfredstille samfunnets krav til alternativ avkastning på kapitalen. Den optimale flåtestørrelsen  $E = E^{opt}$  har en da i henhold til økonomisk teori når marginale kostnader er lik marginale inntekter. Dette uttrykkes slik:

$$d\psi/dE = c_F \quad (108)$$

Løsningen på ligning 108 finnes ved simulering. Det samme simuleringsprogrammet som skal benyttes til å løse ligning 108 skal også benyttes til å finne  $t_1$  og  $t_2$ .

### 2.9.1. SKIFT I KOSTNADSFUNKSJONEN UNDER FISKE.

Dersom en har et fiskeslag som migrerer mellom gytefelt og beiteområder, og dette medfører variasjoner i flåtens utseilte distance, vil dette medføre et skift i kostnadsfunksjonen. Med for eksempel et beiteområde til havs og et gyteområde ved kysten vil de variable kostnadene ved fangst være mindre i gytetida enn i beitetida. Dette vil medføre et negativt skift i  $c/p$  forholdet fra beitesesong til gytetesong, slik at  $V(t)$  vil holde seg positiv lengre. En slik utvikling kan føre til at det vil lønne seg å utsette hele eller deler av fisket til gytetesongen.

### 2.10. FRA ÅRSKLASSE TIL BESTAND.

Mesteparten av analysen forran kan lett overføres til en bestand. En bestand er å betrakte som flere påfølgende årsklasser  $N_i$  som rekruteres fra en gytebestand.  $i$  angir årsklassens alder som i underkapittel 2.7. Gytebestanden er element i totalbestanden. Dersom en driver et ikke-selektivt fiske kan bestanden uten sesongvekst beskrives av følgende modell:

$$dN_i/dt = -(M+F(t))N_i \quad (109)$$

$$N(t_{i=0}) = f(SW(t)) \quad (110)$$

$$SW(t) = \sum_{i=0}^{\infty} r_i W_i(t), \quad 0 \leq r_i \leq 1 \quad (111)$$

$$PV = \int_{t=c}^{\infty} e^{-\lambda t} F(t) \left( \sum_{i=0}^{\infty} p w_i(t-t_{i=0}) N_{i-c} \right) dt \quad (112)$$

der  $t_{i=0}$  er rekruteringsåret for en  $i$  år gammel årsklasse,  $N(t_{i=0})$  er antallet rekrutert til årsklassen ved tidspunkt  $t$ ,  $N_i$  er antallet i årsklassen,  $r_i$  er gytefrekvensen ved alder,  $W_i(t)$  beskrives av ligning 31 og  $SW$  er gytebiomassen.  $r_i$  er 0 i de første leveårene til årsklassen, deretter er den økende mot 1 over endel år og årsklasser eldre enn en gitt alder har  $r_i = 1$ . Ligning 110 regnes å ha samme egenskaper som en B&H-rekruteringsfunksjon. Slike funksjoner øker degresivt mot en øvre grense når gytebiomassen øker. Dvs at  $N(t_{i=0})$  ikke går mot uendelig når  $SW$  øker, men vokser mot en øvre grense. Figur 3.8 viser et eksempel på en B&H-rekruteringsfunksjon. Siden  $N_i(t)$  avtar med en hastighet som er minst  $e^{-Mt}$  og siden  $N(t_{i=0})$  ikke går mot uendelig, konvergerer integralet i ligning 112.

Dynamisk optimalisering av en bestand byr på adskillig større analytiske problemer enn analytisk optimalisering av en årsklasse. Dersom en har så kompliserte kostnadsfunksjoner som beskrevet i 2.9. og i tillegg en rekruteringsfunksjon som i ligning 110 er problemet uoverkommelig. Dersom en forutsetter at alle kostnadene = 0 og at rekruteringa er konstant kan en komme fram til en analytisk løsning. Uttrykket

$$V(t) = p \sum_{i=0}^{\infty} W_i(t) \quad (113)$$

vil da gi bestandens nominelle verdi.

Dersom denne bestanden er ubeskattet vil den bestå av årsklasser fra årets rekrutter til maksimal levealder. Bestandens nominelle verdi vil da være relativt stor og siden en ubeskattet bestand kan regnes å utnytte områdets bærekapasitet vil  $V(t)$  være omtrent konstant over tid. Dette innebærer at betingelsen  $V'(t)/V(t) > \lambda$  antageligvis ikke vil holde dersom ikke  $\lambda$  er svært liten. Konsekvensen er at fiske skal starte så raskt som mulig og at  $F(t) = F_{\max}$  (Clark, 1973). Siden en har ikke selektivt fiske vil alle årsklassene reduseres proporsjonalt og ved innsetting av ligning 113 og den deriverte til ligning 113 i uttrykket  $V'(t)/V(t)$  får en:

$$V'(t)/V(t) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} W_i(t) (w'_i(t)/w_i(t) - M)}{\sum_{i=0}^{\infty} W_i(t)} \quad (114)$$

vil ikke endres som følge av fiske. Følgelig vil fiske fortsette

til bestanden er nedfisket, eller, når en har kostnader, til kostnadene overstiger inntektene slik at fiske blir ulønnsomt.

Siden rekrutteringa, som forutsatt, er konstant vil nye årsklasser rekruterer til bestanden og den vil vokse. Bestanden vil nå i hovedsak bestå av ung fisk med rask vekst slik at  $V'(t)/V(t) > \lambda$  kan oppfylles og vedvare over flere år. Dette innebærer stopp i fiske inntil  $V'(t)/V(t) = \lambda$ , som igjen vil "utløse"  $F(t) = F_{\max}$ . Bestanden vil igjen reduseres til et minimum. Optimalisering av et fiske uten selsksjon vil således føre til et svært ustabil fiskeri. Dersom det gjelder en art med lang levetid vil flere sesonger uten fiske avløses av en sesong med intensivt fiske. En kan tenke seg dette realisert ved at flåta alternerer mellom flere bestander. Dette lar seg neppe realisere av politiske årsaker, som hensynet til industrien på land, og på grunn av at de fleste bestandene av noen størrelse er regulert gjennom flernasjonale regelverk, der hver nasjon's politikk er å holde flest mulig utenlandske fiskere ute av fiske. Det finnes imidlertid eksemper der slik beskatningsstrategi er blitt benyttet. Samene benyttet denne fangststrategien i innlandsfiske. De flyttet fisket mellom en del vann (ca. 10) der fangststrategien var å fiske intensivt i en sesong for å flytte til neste vann året etter. Hvert vann ble da utnyttet hvert tiende år, med en ni års hvileperiode imellom. Denne metoden var det minst tidkrevende beskatningsalternativet. Beskatning av 10 vann samtidig ville ha ført til stort tidstap pga forflytning.

Dersom en kan fiske selektivt vil situasjonen bli en helt annen. En kan da følge hver enkelt årsklasse og følge en beskatningsstrategi som beskrevet i ligning 68. Det forutsettes da at seleksjonen er slik at en årsklasse yngre enn  $t$  ikke beskattes, slik at hver årsklasse kan beskattes optimalt i henhold til underkapittel 2.5. En vil da ha et fiskeri med årlige sesonger med like stort utbytte etter at den første store sesongen, der en beskattet alle årsklasser eldre enn  $t_\lambda$ , er unnagjort.

Hvis rekruteringsfunksjonen i ligning 110 skal gjelde så vil denne analysen endres endel. En rekruteringsfunksjon av B&H-typen fører til at  $N(t_{i=0})$  går mot 0 når SW går mot 0. Dette innebærer at en vil få en lengre oppbyggingsfase enn dersom rekrutteringa

var konstant. Når en legger kapitalteoretiske kriterier til grunn for beskatningsstrategien vil en måtte avgjøre hvilken innbetalingsstrøm som maksimerer PV. En vet at innbetalingstrømmens bidrag til PV reduseres når  $t$  går mot uendelig som følge av diskonteringskravet. Dette betyr at en må finne en slik gytebestand som gir slike bidrag til PV at PV maksimeres. Sammenligner en med underkapittel 2.4. så skal en finne den bestanden som gir den optimale SW i stedet for  $W^*$ .

### 2.10.1. BESTAND MED SESONGVEKST.

Dersom individene i bestanden har sesongvekst, som beskrevet i ligning 73 og betingelse 74 vil en ubeskattet bestand ha sesongsvingninger i biomassen. Biomassen avtar fra et maksimum på høsten og utover vinteren, og vokser gjennom vekstsesongen på sommeren. Dette fører til at bestandens nominelle verdi, når  $p$  har et forløp over året som beskrevet i underkapittel 2.7.,

$$V(t) = p(t) \sum_{i=0}^{\infty} W_i(t) \quad (115)$$

også vil ha svingninger gjennom året. Da vil  $V'(t)/V(t)$  ha en periodisk årsvariasjon grunnet sesongvariasjon i  $W_i(t)$  og  $p(t)$ . Sålenge  $V'(t)/V(t) > \lambda$  skal en ikke starte fiske på en slik bestand. Så snart  $V'(t)/V(t) = \lambda$  skal en starte å fiske med  $F = F_{\max}$ . Dette vil si at en bestand, som det ikke fiskes selektivt på, nedfiskes i likhet med bestander uten sesongvekst. En lar bestanden vokse opp igjen og bestemmer oppstart for nytt fiskeri som i underkapittel 2.6..

Har en selektivt fiske, kan en, som for en bestand uten sesongvekst, optimalisere hver enkelt årsklasse. En får da en årlig fangststrategi som beskrevet i underkapitlene 2.6. og 2.7..

### 2.11. B&H-MODELLEN MED PRODUKTFUNKSJONEN $Y = qE^h W^k$ .

I det følgende vil jeg foreta en kort gjennomgang, basert på verbale resonementer, av hvilke endringer produktfunksjonen i ligning 10 vil medføre for de analyttiske resultatene i underkapitlene 2.5. og 2.6..

Produktfunksjonen  $Y = qE^h W^k$  er diskutert i avsnitt 2.2.3.. Dersom en ser på ligningene som innleder underkapittel 2.5. så vil

likningene 57, 58, og 59 ikke endres når denne produktfunksjonen benyttes forutsatt at  $F(t) = q(E(t))^h$ . Forandringene vil komme i når fangst føres inn i modellen. Dette innebærer at likning 60 vil måtte omskrives slik:

$$Y(t)dt = F(t)(W(t))^k dt \quad (116)$$

Optimal tilpassning både med og uten sesongvekst forutsetter at en kan benytte ubegrenset fiskeinnsats (underkapitlene 2.5. og 2.6). Som vist i likning 12 så har E avtakende grenseproduktivitet. Det samme er ikke tilfelle når produktfunksjonen beskrevet i likning 7 gjelder, - da vil E's grenseproduktivitet på kort sikt være konstant. Dette innebærer at med en kostnadsfunksjon som i likning 21 og en produktfunksjon som i likning 10, vil det være kortsiktige begrensninger på bruk av fiskeinnsats fordi inntektene per kostnadsenhet er avtakende når E stiger. På kort sikt kan (per tidsenhet) biomassens W effekt på fangsten Y betraktes som konstant. På lengre sikt vil en imidlertid også merke effekten av W på Y. Denne effekten vil en ikke få dersom en produktfunksjon som den i likning 11, beskriver fiskeriet. Som nevnt tidligere er likning 11 et spesialtilfelle av likning 10. Likning 60 vil i dette tilfellet måtte omskrives slik:

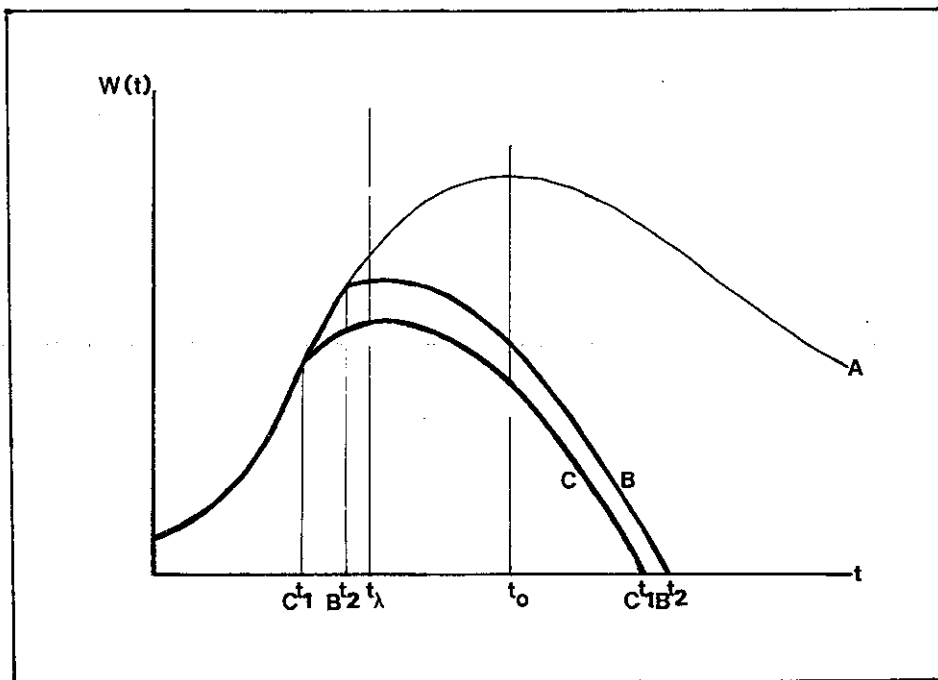
$$Y(t)dt = F(t)dt, \quad (117)$$

der det forutsettes at  $W(t) > 0$ .

Begrensninger på bruk av fiskeinnsats vil føre til at det ikke vil være økonomisk optimalt at årsklassens biomasse følger  $\Phi_\lambda$ -funksjonene som beskrevet i Figurene 2.10 og 2.13. En vil altså, når optimal beskatning skal fastlegges, komme inn i en diskusjon som den i underkapittel 2.8.. Dette vil være en diskusjon analog med den som leder fram til Figur 2.16. En må altså først finne når fisket skal avsluttes,  $t_2$ , der  $V(t_2) = 0$ . Gjelder produktfunksjonen fra likning 10 vil en, som Figur 2.3 viser, ha kostnader avhengig av årsklassens biomasse. Dette betyr at ved avslutning av fisket vil en ha en  $W = W(t_2)$ . Gjelder derimot produktfunksjonen i likning 11 vil, som Figur 2.4 viser, kostnadene være uavhengige av årsklassens biomasse. En vil, etter at fisket er startet, fiske ned årsklassen siden  $V(t) > 0$  når  $W(t) > 0$ . Har en derimot en bestand beskrevet av likningene 109, 110 og 111 vil en ved maksimering av PV måtte ta hensyn til rekrutteringen og derfor gytebiomassen.

Neste steg vil være å bestemme oppstart av fisket, altså  $t_1$ . I henhold til underkapittel 2.8. finner en  $t_1$  ved approksimering ut fra ligning 98. Med ligning 10 som gjeldene produktfunksjon vil en måtte justere ligning 98 slik at det tas hensyn til  $W_k$ -leddet, men framgangsmåten vil bli den samme. Resultatet vil bli at  $t_1$  og  $t_2$  velges slik at  $t_1$  kommer til venstre for  $t_{max}$  og  $t_2$  til høyre for  $t_{max}$ . Optimalt fangstintervall når  $\lambda > 0$  vil som vist tidligere implisere at en starter tidligere enn når  $\lambda = 0$ , slik at arealet mellom  $t_1$  og  $t_{max}$  blir så mye større enn arealet mellom  $t_{max}$  og  $t_2$ , som kravet til alternativ avkastning tilsier.

Opererer en med en produktfunksjon som angitt i ligning 11 vil framgangsmåten bli anderledes. Bestemmelsen av  $t_2$  lar seg ikke gjennomføre siden kostnadene er bestandsuavhengige. Dersom en betrakter Figur 2.7b ser en at en kan bestemme  $E = E_{mey}$ . Denne  $E_{mey}$  vil gi den største kortsiktige  $\Pi(t)$  per innsatsenhet.



Figur 2.17: Biomasseutviklingen til en årsklasse utsatt for fangst, når produktfunksjonen i ligning 11 gjelder. Fiskeinnsatsen er konstant,  $E = E_{mey}$ . Utviklingen i ubeskattet årsklasse er merket med A, og utviklingene merket med B og C viser beskatning med samme fiskeinnsats, men med oppstart på forskjellig tidspunkt. Figuren viser at alternativ C gir et lengre fiske enn alternativ B, og alternativ C vil følgelig foretrekkes foran B.  $t_0$  angir tidspunkt for biomassemaksimum, og  $t_1^lambda$  er tidspunktet når tilveksten i biomasse er lik samfunnets diskonteringsrate.

Siden  $F = qE^h$  vil  $E_{mey}$  gi  $F_{mey}$ . For å maksimere PV fra en årsklasse, kan jeg uten å foreta utregninger, tenke meg følgende strategi: Fiskeinnsatsen skal være  $E_{mey}$  og en venter med oppstart av fisket slik at årsklassens PV maksimeres gitt krav til alternativ avkastning. Des høyere diskonteringsrate des tidligere oppstart. Siden det er lagt beskrankninger på  $F$  vil en sammenlignet med Figur 2.10 måtte starte opp før  $t_\lambda$ . Siden  $Y$  er uavhengig av  $W$  vil  $Y$  per tidsenhet være konstant inntil årsklassen er utfisket. I Figur 2.17 er biomasseutviklinga til en årsklasse, beskattet som nevnt ovenfor, vist.

### 2.11.1. SESONGVEKST OG PRODUKTFUNKSJON: $Y = qE^h w k$ .

I dette avsnittet vil jeg bygge på underkapittel 2.6.. Optimal beskatningsalder i forutsettes i det videre kjent. I underkapittel 2.6. ble det fastslått at maksimering av PV fra en årsklasse med sesongvekst krever større fiskeinnsats over et kortere tidsrom enn maksimering av PV fra en årsklasse uten sesongvekst. Gitt produktfunksjonen i ligning 10 så vil TC øke når fangst per tidsenhet øker (se Figur 2.3). Når PV skal maksimeres vil en altså i forhold til underkapittel 2.6 måtte bruke mindre fiskeinnsats. I henhold til underkapittel 2.8. må en altså fordele fiskeinnsatsen over et lengre tidsrom. Dette vil enten føre til et lengre sesongfiskeri enn i underkapittel 2.6., eller fiske over flere sesonger.

Gjelder produktfunksjonen i ligning 11 vil en som tidligere fiske ut årsklassen. Problemet er imidlertid å finne den dosering av  $E$  som maksimerer PV. Med dosering av  $E$  forstår jeg sesongvarigheten av fiskeriet og  $E$ 's størrelse. Siden den maksimale  $\Pi(t)$  oppnås ved  $E = E_{mey}$  vil denne fiskeinnsatsen benyttes. PV maksimeres ved å bestemme alder ved start, antall sesonger og sesonglengden slik at verdien av årsklassen blir størst mulig gitt konstant  $p$ . Dersom  $p$  varierer, slik som vist i underkapittel 2.7., vil en komme fram til et noe anderledes resultat. Med  $p$  som tidsfunksjon (se Figur 2.14) og produktfunksjon som i ligning 11 vil en måtte finne den  $E(t)$  som maksimerer følgende uttrykk:

$$PV = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\lambda t} (p(t)q(E(t))^h - cE(t)) dt, \quad (118)$$

der ligning 21 beskriver kostnadsfunksjonen.

Siden Figur 2.7b kan betraktes som fiskets kortsiktige produktfunksjon, gitt ligning 11, vil jeg foreta en analyse av ligning 118 ut i fra denne figuren. Når  $p$  øker vil  $C$  grafen få et skift oppover. Dersom en antar at kostnadene per fiskeinnsatsenhet er konstante, som for linjene A og B, vil  $E$  måtte øke for at de marginale kostnadene skal bli lik de marginale inntektene, - kriteriet som skal være oppfylt ved optimal tilpassning. Når  $p$  øker øker også den fiskeinnsatsen som gir  $E = E_{mey}$ . Dette vil føre til at  $E$  bør øke så lenge prisen øker og avta når prisen avtar, når en på ethvert tidspunkt ønsker å maksimere  $\Pi$ . Med krav satt til alternativ avkastning vil en skyve oppstart på fiske fremover i tid. Dette er vist i Figurene 2.10 og 2.13. Strategi for maksimering av PV vil være å først bestemme den optimale alder  $i^*$  som i 2.6 og siden fordele fiskeinnsatsen på begge sidene av denne alderen.

#### 2.11.2. FISKE PÅ BESTAND MED PRODUKTFUNKSJON $Y = qE^h$ .

I det følgende vil jeg diskutere utøvelsen av fiske på en bestand når produktfunksjonen  $Y = qE^h$  gjelder. Grunnen til at jeg diskuterer spesialtilfellet (ligning 11) av ligning 10 er at en verbal diskusjon av ligning 10 vil være svært vanskelig og tidkrevende.

Når produktfunksjonen i ligning 7 gjalt er det vist i underkapittel 2.10 at den optimale strategien for beskatning av en bestand er et pang pang fiskekeri. Konklusjonen modifiseres endel ved innføring av selektivt fiske. I det følgende diskuteres et ikke-selektivt fiske. Dersom produktfunksjonen i ligning 11 gjelder, setter  $E$ 's avtakende grenseproduktivitet begrensninger på bruk av fiskeinnsats i et samfunnsøkonomisk optimalt fiskeri. Dette betyr, med henvisning til Figur 2.7b, at det ikke kan benyttes større fiskeinnsats enn  $A E_{mey}$ , dersom linje A beskriver kostnadene i fiskeriet. Er kostnadene så store (fremdeles med henvisning til Figur 2.7b) at  $E_{msy} > E_{mey}$  vil den samfunnsøkonomiske optimale strategien være å holde en vedvarende fiskeinnsats  $E = E_{mey}$ . Det vil altså ikke være noe samfunnsøkonomisk insitament til å fiske ned bestanden. En vil altså fiske bestanden ned til et vist nivå og holde den der. Dette er analogt med resultatet fra



underkapittel 2.4. der  $W^*$  angir det optimale bestandsnivået (se Figur 2.9). Er imidlertid kostnadene så små at  $E_{msy} > E_{mey}$  kan det være økonomisk optimalt å fiske ned bestanden, for siden å la den vokse opp. Det en må vurdere er innbetalingsstrømmen fra fiskeriet. Dersom PV maksimeres ved nedfisking og oppbygging, vil dette bli strategien, men dersom tapt inntekt på et relativt tidlig tidspunkt ikke kan oppveies av de neddiskonterete senere innbetalingene, vil en benytte den  $E$  som gir størst årlig innbetalingsstrøm, gitt sistnevnte forutsetning om kostnadene, nemlig  $E = E_{msy}$ . Des større avstand det er mellom den profitt som gis ved  $E_{mey}$  og  $E_{msy}$  des større er sansynligheten for at den optimale strategien vil være nedfisking. Dette kommer av at ved neddiskontering for tidlige innbetalinger større vekt enn senere innbetalinger.

Har bestanden sesongvariasjoner i vekst og prisen er konstant over året vil en først måtte finne ut om en skal fiske hele året, eller om den økonomisk optimale løsningen blir et sesongfiskeri. Dersom løsninga blir et sesongfiskeri må en finne den sesongvarigheten av  $E_{mey}$  som gir maksimal PV.

Som tidligere nevnt vil  $E_{mey}$  gi den største  $\Pi$  per tidsenhet. Dersom en kan vedlikeholde bestanden ved å fiske med  $E_{mey}$  gjennom hele året, vil en ikke diskutere å dele fisket opp i sesonger. Representerer derimot  $E = E_{mey}$  en så stor fiskedødelighet at bestanden med et vedvarende fiske vil bli nedfisket, kan en diskutere to strategier: i) Nedfisking av bestanden for siden å la den bygges opp igjen. ii) Et sesongfiskeri. I begge tilfellene vil  $E = E_{mey}$  benyttes. Som tidligere vil en måtte betrakte innbetalingsstrømmen fra fiske. En vi ganske sikkert fiske ned bestanden dersom den har et stort rekruteringspotensiale og derfor vokser fort opp igjen. Etter nedfiskingen vil en, ut fra samme betraktninger som i underkapittel 2.10., vente med å starte opp et fiske til bestandens nominelle verdi i havet øker mindre enn kravet satt til alternativ avkastning. Trenger bestanden lang tid på oppbyggingsfasen, slik at en for lengre perioder ikke kan få inntekt fra bestanden, vil en måtte diskutere fiskeinnsatsbegrensninger med tanke på maksimering av PV. Dersom det ikke er økonomisk optimalt å fiske bestanden ned, vil strategien bli å maksimere det årlige vedvarende økonomiske utbyttet. Siden  $E$

skal være lik  $E_{mey}$  når en fisker blir problemstillinga å finne til hvilke tider av året en skal fiske og hvor lenge. Det er en fordel å fiske lengst mulig slik at PV får flest mulig bidrag. Dette betyr at fangstrategien må være å fange slik at utbytte per individ maksimeres. En skal altså fange på den tida av året når bestandens biomasse er størst. Dette innebærer at en fordeler fiskeinnsatsen rundt biomassemaksimum, dvs  $t_{max}$  og en fanger over det tidsrom bestanden tåler.

Dersom prisen også varierer over året vil en få en annen løsning. Ved beskatning av en årsklasse med sesongvekst og der prisen også har sesongvariasjon, vil en få samme variasjon i  $E$  som det er argumentert for under diskusjonen av beskatning av en årsklasse med sesongvekst og sesongvariasjon i prisen. Når  $p$  stiger så stiger  $E_{mey}$ . Ut over denne forskjellen vil diskusjonen og konklusjonene bli de samme som over.

Til nå er et ikke-selektivt fiskeri diskutert. Resten av dette underkapittelet vil jeg benytte til å diskutere et selektivt fiske. Først vil jeg avgjøre i hvilke tilfeller en bør fiske selektivt, og dernest hvordan et selektivt fiske bør foregå.

Dersom en har et fiskeri der  $E = E_{mey}$  kan holdes som vedvarende fiskeinnsats, vil det ikke ha noen økonomisk verdi i å seleksjonsregulere et fiskeri. Det er da forutsatt at prisen på fisken som fanges er den samme gjennom hele levetida. Dette innebærer at dersom en bestand utsatt for fiskeinnsats  $E = E_{mey}$  vil bli nedfisket bør en diskutere å gjøre fisket selektivt. Hensikten med å gjøre fisket selektivt er å sørge for at  $E = E_{mey}$  kan beholdes som vedvarende fiskeinnsats. Dersom dette ikke lar seg gjøre vil den nest beste løsningen være å regulere med hensyn på at  $E = E_{mey}$  kan brukes lengst mulig.

Hensikten med å fiske selektivt er å øke utbytte per individ i bestanden. Legg merke til at dette også var hensikten med å sesongregulere et fiskeri på en bestand med sesongvekst. Målet for begge reguleringsformene er å øke tida en kan utsette bestanden for en fiskeinnsats  $E = E_{mey}$ . Ved utnyttelsen av en bestand med sesongvekst kan det være lønnsomt og kombinere begge reguleringsformene. Dersom det ikke lar seg gjøre å utsette en be-

stand uten sesongvekst for en vedvarende fiskeinnsats  $E = E_{mey}$  etter seleksjonsregulering, vil en kunne inn i samme diskusjon som tidligere. Optimal beskatning vil enten bli et seleksjonsregulert fiske med  $E < E_{mey}$ , eller en strategi med nedfisking og oppbygging.

## 2.12. LODDEFISKE I BARENTSHAVET.

Individene i loddebestanden i Barentshavet har utpreget sesongvekst. Individveksten er dessuten tetthetsavhengig slik at den avtar med økende bestandsstørrelse. Bestanden rekrutteres fra en gytebestand og har en rekruteringsfunksjon av B&H-typen. Gyterne dør etter avsluttet gyting.

Prisen er en funksjon av fett og tørstoffinnhold. Fettinnholdet øker i beitesesongen (i tidsrommet mellom  $t_{min}$  og  $t_{max}$ ) og avtar deretter. Tørstoffinnholdet har adskillig mindre årsvariasjon enn fettinnholdet, men det har en topp i gytesesongen. I gytesesongen fiskes dessuten endel lodde til konsum til høyere priser enn ellers i året. Dette gjør at prisen vil kunne betraktes som en tidsfunksjon, men den vil ikke ha det samme "glatte" forløp som den idealiserte prisfunksjonen i underkapittel 2.7..

Loddefisketforegår i hovedsak med snurpenot, men også med pelagisk trål. Disse redskapene lar seg vanskelig gjøre selektive. En vet imidlertid at loddefiskerne søker unna områder med små lodde av to grunner. For det første vil smålodka kle nota og gjøre fiskeoperasjonen tung og tidkrevende, og for det andre har smålodka vanligvis noe mindre fettinnhold og gir derfor dårligere pris. Under fiske på gytebestanden vil ikke-kjønsmoden lodde kun i liten grad være tilgjengelig for fiske. En kan av forrannevnte grunner regne med en viss seleksjon i loddefiske, men den vil ikke være så skarp at det vil være mulig å optimalisere fisket ved kun å fange på den årsklassen som oppfyller optimaliseringskriteriene i underkapittelene 2.6. og 2.7..

Siden loddefiske i hovedsak er et snurpefiske, og lodda er en pelagisk stimfisk, vil fisket la seg beskrive av en produktfunksjon som den i ligning 11. Dette betyr at fangstene fra loddefiske regnes å være helt uavhengige av bestandsstørrelse, og

kun avhengige av fiskeinnsats. Dette er nærmere diskutert i avsnitt 2.2.1. og i underkapittel 4.5..

Jeg vil nå bruke den forutgående delen av dette kapittelet til å beskrive en bioøkonomisk modell for loddefiske i Barentshavet. For å beskrive bestanden vil jeg ta utgangspunkt i ligningene 109 til 111. Siden produktfunksjonen i ligning 11 gjelder, vil PV beskrives av ligning 118 (se avsnitt 2.11.1.), dersom en ikke tar faste kostnader med i diskusjonen. Regner en også med faste kostnader vil ligning 118 beskrive dekningsbidraget ved maksimering av PV funksjonen i ligning 107. Dekningsbidraget uttrykkes som en  $\Psi(E)$ -funksjon, og samfunnsøkonomisk optimum finnes ut i fra ligning 108 når marginale kostnader er lik marginale inntekter.

I underkapittel 2.9.'s ligning 104 er det presentert et kostnadsalernativ med kostnader avhengige av fangsthastigheten. Des raskere en fanger en gitt mengde des større blir kostnadene. Dersom produktfunksjonen i loddefiske hadde latt seg beskrive av ligning 7, ville et slikt ledd ha vært nødvendig for å fange opp at marginalene i fangsten må føres stadig lengre. Siden jeg velger å bruke produktfunksjonen beskrevet i ligning 11 vil et slikt kostnadsledd ikke være nødvendig. Fiskeinnsatsens avtakende grenseproduktivitet dekker inn dette forholdet.

Modellen må dessuten ha en individvekstfunksjon som tilfredstiller kravet til tetthetsavhengig vekst og sesongvekst og ligning 109 må modifiseres slik at modellen tar hensyn til avgangen av gytere etter gyting. Individvekstfunksjonen, som er en modifisering av ligning 67, presenteres i ligning 119 og endringen i antall etter gyting presenteres i ligning 122.

Individveksten vil etter forutsetningen over presenteres slik:

$$w = w_i(t)u(t), \quad (119)$$

der

$$u(t) = (1 - (\sum_{i=0}^{\infty} W_i(t)) / W_k)^2 \text{ når } t_{\min} < t < t_{\max} \text{ og} \quad (120)$$
$$u(t) = 1 \text{ når } t < t_{\min} \text{ og } t > t_{\max},$$

der  $W_k$  er den kritiske biomassen hvorved individveksten er 0. Den tetthetsavhengige veksten virker selvfølgelig kun i vekstperioden, derav følger ligning 120's formulering.

Antallet i bestanden beskrives av ligning 109 inntil første gyting og i mellom gytetidspunktene  $t_g$ . Antall gytere  $N_{ig}$  ved alder beskrives slik:

$$N_{ig} = r_i N_i(t_g), \quad (121)$$

der  $r_i$  innfrir kravene satt i ligning 111. Umiddelbart etter gyting vil antallet i årsklassen være redusert slik at

$$N_i(t_g + \Delta t) = N_i(t_g) - r_i N_i(t_g) = N_i(t_g)(1 - r_i) \quad (122)$$

når  $\Delta t$  går mot 0.

Jeg har tidligere fastslått at det er umulig å løse et så pass komplisert ligningssystem, som nevnt ovenfor, analytisk. Dette forhindrer imidlertid ikke at det kan sies endel appriori om resultatene en får når målet er å maksimere PV. Det som vil være interessant er oppstart og avslutning av sesongen(e) og optimalt antall fartøy. Når en har faste kostnader og en produktfunksjon som gir avtakende grenseproduktivitet på fiskeinnsats er det fastslått i underkapittelene 2.8. og 2.11. at fiskesesongen skal "strekkes" sammenlignet med løsningene fra underkapittelene 2.6 og 2.7. De faste kostnadene (ligning 101) vil antageligvis gjøre det ulønnsomt å fiske ned bestanden, slik at løsningen blir et årvisst fiskeri. I tillegg kommer at den samlede mottakskapasiteten har en ukentlig kapasitetsgrense  $Y_{tak}$  som også vil medvirke til å sette beskrankninger på  $F(t)$ . Denne tendensen vil ytterligere forsterkes i det skift i kostnadsfunksjonen og også prisfunksjonen en får under fiske på gytebestanden (vinterloddefisaket). Dette kan tilsi to adskilte sesonger og ikke en sammenhengende.

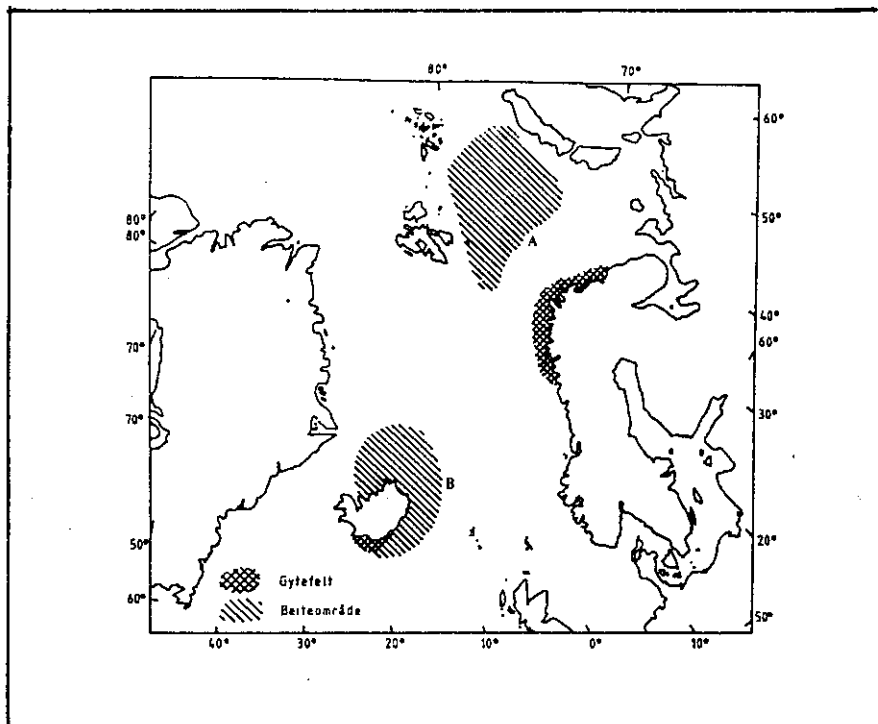
I underkapittel 2.10. er rekruteringsfunksjonens betydning for fangststrategien diskutert. Nå har en i tillegg en annen tetthetsavhengig parameter, nemlig individveksten. I likhet med i underkapittel 2.4. vil en bestemt bestandsstørrelse gi maksimum PV når bestanden beskrives slik som i dette underkapittelet. Siden både rekrutering og individvekst begge har raskere tilvekst ved små enn ved store bestander vil dette medføre en lavere optimal bestand enn om det var konstant rekrutering og individveksten ikke var tetthetsavhengig.

### 3. LODDAS BIOLOGI, UTBREDELSE OG VANDRING.

Dette kapittel er i hovedsak bygd på Hamre (1980) og Tjelmeland og Hamre (1982)

#### 3.1. LODDEBESTANDER I NORSKEHAVET.

I Norskehavet og Barentshavet finnes to store loddestammer, den islandske loddestamme og Barentshavslodda. Videre forekommer det mindre lokale bestander i fjordene på nord- og østkysten av Grønland og på norskekysten. Disse er av liten betydning fiskerimessig sett. Hovedutbredelsen av stammene er vist i Figur 3.1.



Figur 3.1: Gyte og beiteområder for lodde. A: Barentshavbestanden. B: Den Islandske bestanden. Etter Hamre (1980).

Det er dessuten loddebestander ved Newfoundland og i det nordlige Stillehav. Heretter vil loddebestanden i Barentshavet bli behandlet.

### 3.2. UTBREDELSE OG LIVSMØNSTER.

Lodda gyter hovedsaklig i mars-april, men det forekommer også litt gyting om sommeren. I simuleringsprogrammet for loddebestanden benyttet her, settes gytetidspunktet til ultimo mars. Hovedgytingen foregår på kysten av Øst-Finnmark, men det foregår også gyting på kysten av Murmansk. Vestlige gyteinnsalg forekommer i enkelte år på kysten av Vest-Finnmark og Troms. Gytinga foregår på grus- og sandbunn i dybdeintervallet 10-100 m.

Larvene klekkes i mai - juni og føres med strømmen inn i Barentshavet hvor de vokser opp. Lodda er en høy-arktisk fiskeart og den nordlige utbredelse begrenses av isen. I sør begrenses utbredelsesområdet av fronten mellom det kalde polarvannet og det varme atlanterhavsvannet. Lodda blir kjønnsmoden i en alder fra 3 til 6 år, avhengig av veksten. Den modnes ved en lengde på 14 - 15 cm. Det meste av lodda dør etter første gangs gyting. I denne oppgaven regnes dødeligheten etter gyting for å være total.

Tabell 3.1 viser gytefrekvens ved alder for loddebestanden i Barentshavet.

Tabell 3.1: Gytefrekvens ved alder for loddebestanden i Barentshavet. Tallene viser gjennomsnittlig gytefrekvens ved alder for årene fra og med 1973 til og med 1979. Gytefrekvensen for de forskjellige årene er beregnet på følgende måte: Gjennomsnittslengde ved gytmodning er hentet fra Hamre og Tjelmeland (1982) og sammenholdt med datamateriale hentet fra Havforskningsinstituttets høsttokt for årene 1973-1979.

Alder	0	1	2	3	4	5	6
Gytefrekvens	0	0	0	.054	.525	.851	1

### 3.3. NATURLIG DØDELIGHET.

I bestandsestimering forstås naturlig dødelighet (M) som alle andre dødsårsaker enn fiske. Tidligere er nevnt dødelighet grunnet gytstress. Andre naturlige dødsårsaker er sult, sykdom og beiting fra andre arter (f.eks. sel, hval og torsk). Jeg finner det hensiktsmessig å dele naturligdødelighet opp i to komponenter

ter:

i) gytedødelighet og

ii) dødelighet som ikke skyldes gytedødelighet eller fiske.

ad i) Som tidligere nevnt er gytedødeligheten stor og regnes i denne oppgaven for total.

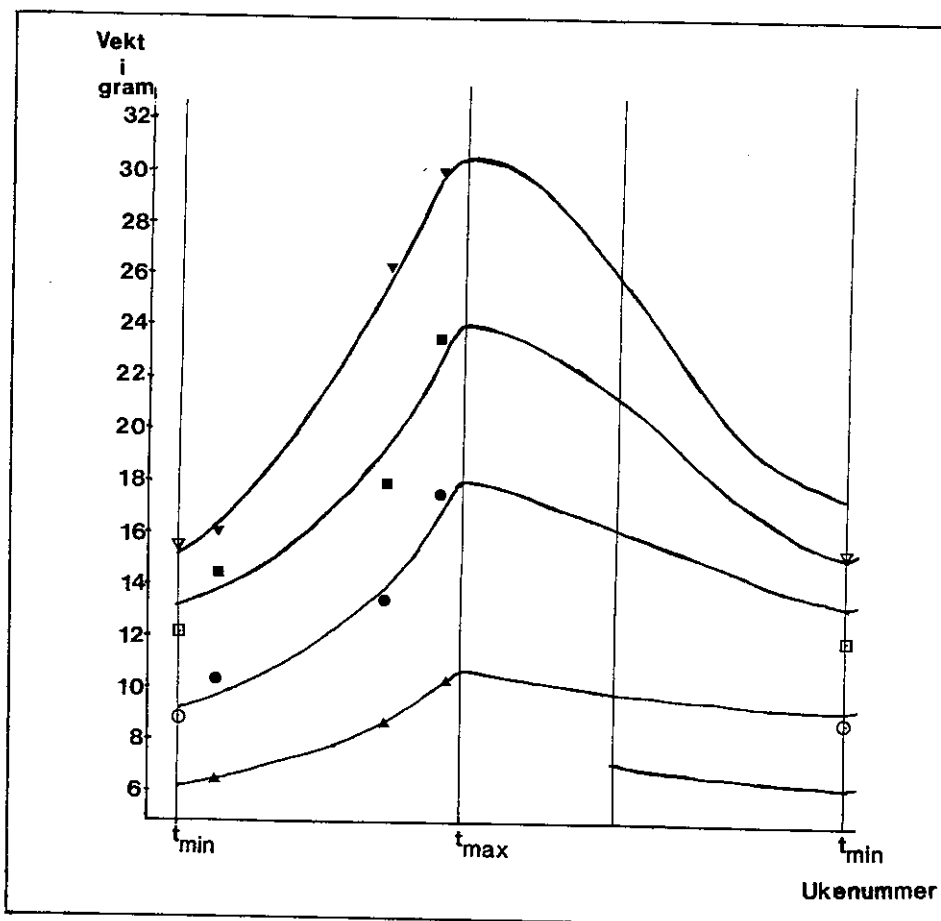
ad ii). Utenom gytessesongen har lodda en momentan dødelighet som muligens i bestandsestimeringen regnes konstant. Dommasnes (1981) har beregnet momentan naturlig dødelighet for hver årsklasse i tidsrommet 1975-1980 ved å kombinere data fra fangster og akustiske undersøkelser. I overnevnte arbeid veier mellom 0.05 og 1.62. Ved Havforskningsinstituttet brukes en årlig  $M = 0.6$  ved beregning av loddebestanden. Denne  $M$  gir i følge Tjelmeland (pers.med) rimelige estimeringer. Jeg vil følgelig bruke  $M = 0.6$  i min modellering av loddebestanden.

#### 3.4. INDIVIDVEKST, - SESONGAVHENGIG OG TETTHETSAVHENGIG.

Lodda befinner seg på et lavt trofisk nivå. Dette innebærer at veksten vil være avhengig av planktonoppblomstringperioden. Stort sett all beiting foregår i vekstperioden.

Det finnes sparsomt med datamateriale for å dokumentere loddas sesongvekst. Hamre (1980) rapporterer om at loddebestanden øker biomassen med omlag 70% i løpet av vekstsesongen. Norsk-Sovjetisk forskermøte kom i 1980 fram til endel vekter gjennom vekstsesongen for 2-5 år gammel lodde. Disse vekstene er plottet mot ukenummer i Figur 3.2. Sammen med endel supplerende vekter fra Havforskningsinstituttets loddetokt fra høsten 1982. Til disse punktene er det øyetilpasset en kurve som beskriver vektutviklingen fra 2-6 årig lodde. Minimum og maksimum for kurven er bestemt ut fra utviklingen i fettinnhold (Figur 3.5) i det jeg regner at lodda øker i vekt så lenge fettinnholdet øker, og avtar i vekt når fettinnholdet avtar. Fra slutten av vekstsesongen til neste starter har jeg trukket en glatt kurve. Årlig minimum og maksimum kommer henholdsvis omkring uke 17 og uke 39.





Figur 3.2: Utviklingen i individvekt i gram for 2 til 6 år gammel lodde. Kurvene er øyetilpasset til dataene. Fylte symboler angir data henet fra Norsk-Sovjettiskforsker møte i 1980, og åpne symboler angir tall plukket ut fra Havforskningsinstituttets loddetokt i 1980.  $\blacktriangle$ : 2-åringer.  $\bullet$  og  $\circ$ : 3-åringer.  $\blacksquare$  og  $\square$ : 4-åringer.  $\blacktriangledown$  og  $\triangledown$ : 5-åringer. T angir årsskifte,  $t_{\min}$  angir uke 17 og  $t_{\max}$  angir uke 39.

### 3.4.1. TETTHETSAVHENGIG VEKST.

Hamre (1980) og Hamre og Tjelmeland (1982) påviser at det er en sammenheng mellom individvekst og bestandsstørrelse. Ved store bestandsstørrelser er en årsklassevekst fra en høst til den neste mindre enn tilsvarende for mindre bestander. Dette benevnes tetthetsavhengig vekst. Havforskningsinstituttet har tilpasset en ligning av følgende type til vekstdata fra loddebestanden:

$$u = (1 - W/K)^2, \tag{123}$$

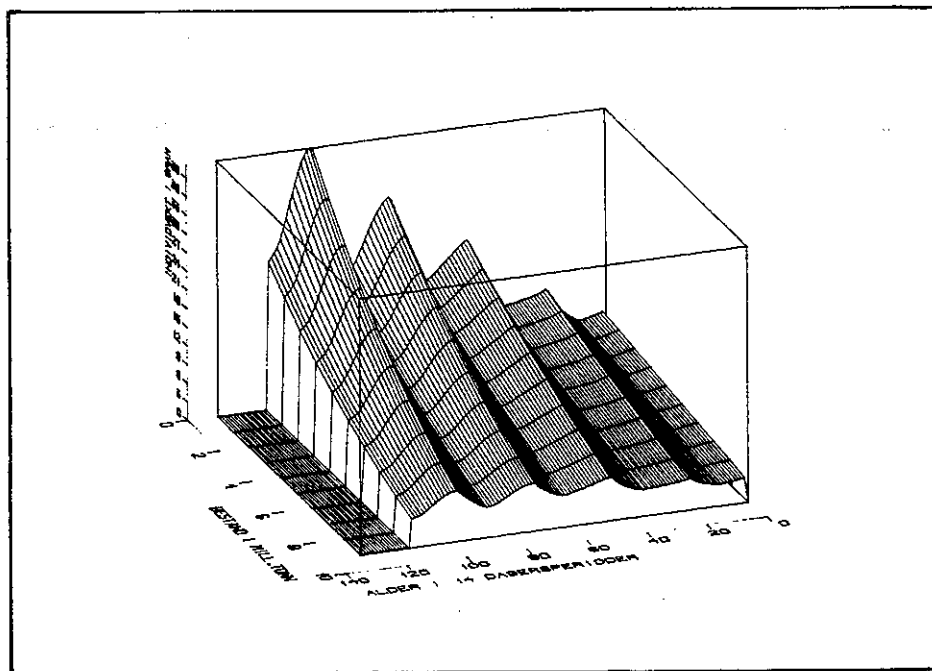
der  $u$  er en benevningsløs koreksjonsfaktor,  $W$  er bestandsstørrelsen og  $K$  er en kritisk biomasse.  $K$  må forstås som en hjelpestørrelse ved tilpassing av dataene. Stor  $K$  impliserer liten tetthetsavhengighet i vekten, mens liten  $K$  impliserer det motsatte. Når  $W$  går mot 0 vil  $K$  gå mot 1, dvs. individvekten ved alder vil være maksimal ( $w^*$ ).

Ved Havforskningsinstituttet har man beregnet to slike  $K$ 'er, - en for lengdevekstkorraksjon og en for vektøkningkorraksjon. Disse er beregnet henholdsvis til 16 millioner tonn og 3.4 millioner tonn. Jeg vil kun bruke data for vekt, og ikke for lengde. Dette innebærer at  $K$  tilpasset kun vekst i individvekt må estimeres. Dette har jeg gjort på følgende måte: Ut fra data for individvekt og biomasse av 2 år og eldre lodde (Hamre og Tjelmeland, 1982:Table 2) har jeg beregnet  $K$  ved å løse  $K$  fra følgende ligning:

$$w^*u_1/w^*u_2=(1-W_1/K)^2/(1-W_2/K)^2, \quad (124)$$

der  $w^*u_1$  angir individvekt for en stor biomasse  $W_1$ , og  $w^*u_2$  og angir individvekt ved en liten biomasse  $W_2$ . Denne metoden er benyttet er benyttet for 3, 4 og 5 åringer og den gir resultater som presentert i Tabell 3.2. I simuleringene vil jeg med henvisning til Tabell 3.2 sette  $K = 21$  millioner tonn.

Tabell 3.2: Kritisk biomasse beregnet ut fra Hamre og Tjelmeland (1982:Table 2) for årene 1973 ti 1981.			
Arsklasse	3	4	5
K	19.4	21.1	22.6
St. dev.	4.1	5.2	8.1



Figur 3.3: Individvektutvikling fra 2 til 6 år gammel lodde når bestandsstørrelsen varierer. Denne figuren er simulert ved å benytte tall fra kurvene i Figur 3.2 korigert for tetthetsavhengig vekst.

Figur 3.3 viser individvekst fra 2 til 6 år ved forskjellige bestandsstørrelser.

### 3.5. BEREKNINGER FOR VEDVARENDE UTBYTTE.

Havforskningsinstituttet har fulgt utviklingen i loddebestanden i Barentahavet siden tidlig i 1970-årene vha akustisk mengdeberegning. På denne bakgrunnen er det laget en B&H-type simuleringsmodell for bestanden. Deler av denne simuleringsmodellen er presentert i underkapittelene 3.3., 3.4. og 3.7.. I det følgende vil jeg presentere endel simuleringsresultater fra kjøring av denne modellen. Resultatene er hentet fra Hamre og Tjelmeland (1982).

Det foregår i dag fiske på vinteren og høsten. En kan følgelig tenke seg å kjøre modellen for følgende fire fiskemønster:

- i) Uten fiske.
- ii) Bare fiske om vinteren.
- iii) Bare fiske om høsten.
- iv) Fiske både vinter og høst.

ad i) Når fiske er satt til null stabiliseres bestanden på en av to år og eldre lodde (2+) på 5.5 millioner tonn hvorav 1.8 millioner tonn forventes å gyte.

ad ii) Når høstfiske settes til null vil MSY bli på 1.6 millioner tonn ved en gytebestand på 0.33 millioner tonn.

ad iii) Når vinterfisket settes til null vil MSY bli på 1.7 millioner tonn ved en gytebestand på 0.45 millioner tonn. En får altså et større utbytte ved bare å beskatte bestanden om høsten.

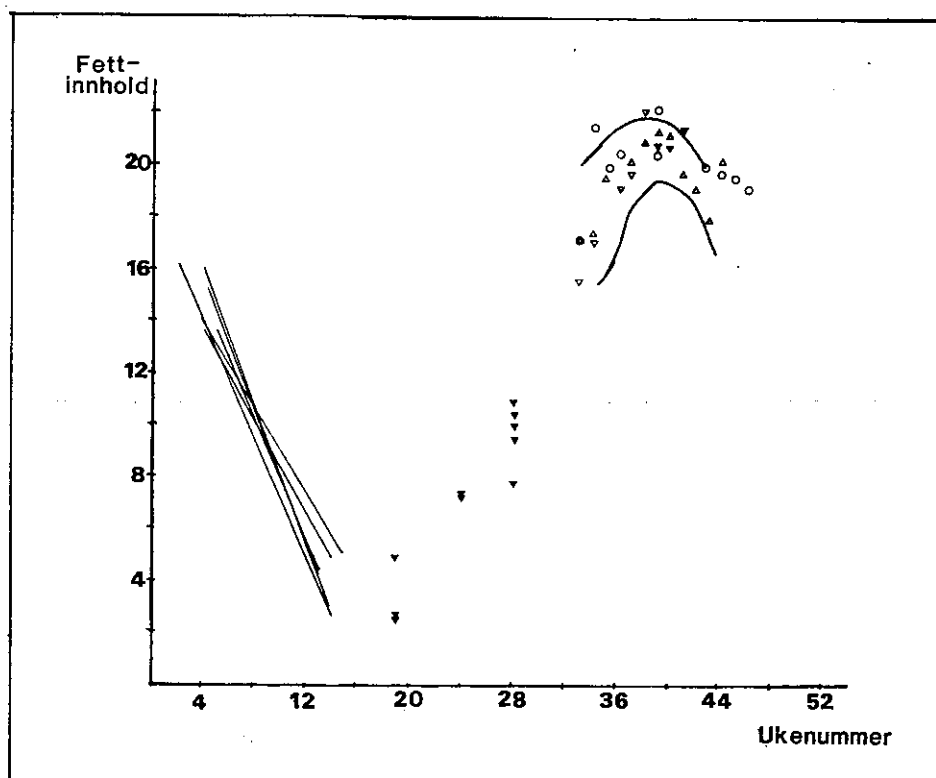
ad iv) I de senere årene har en tatt ut like mye fra bestanden om høsten som om vinteren. Denne strategien gir MSY på 1.65 millioner tonn ved en gytebiomasse på 0.4 millioner tonn.

### 3.6. UTVIKLING I FETT OG TØRRSTOFF.

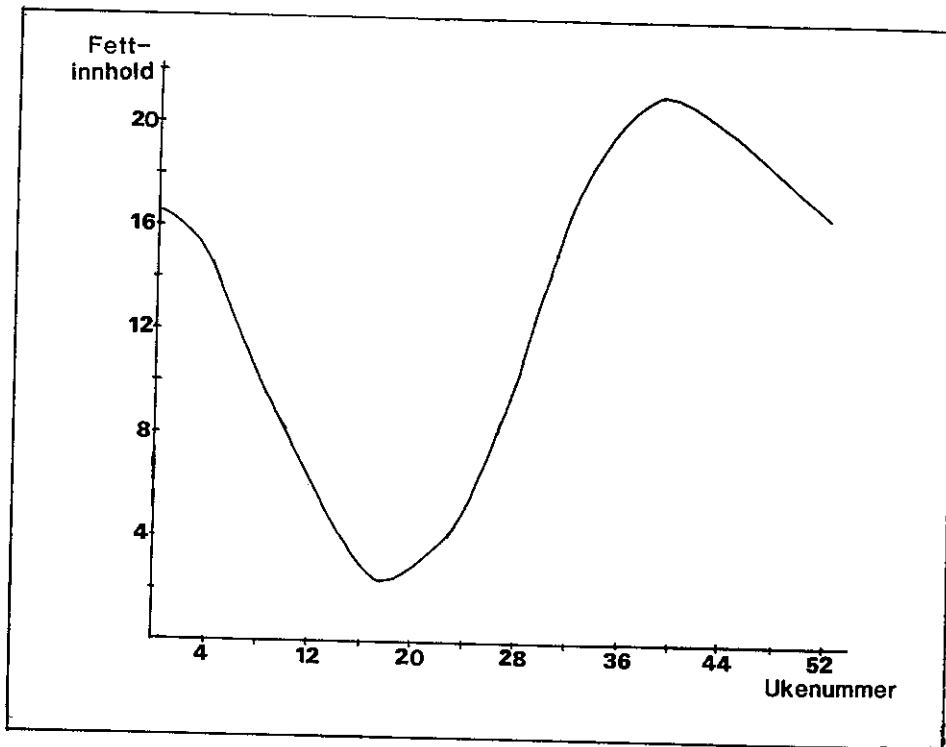
#### 3.6.1. FETT.

Lodda er en såkalt feit fisk. Feit fisk lagrer fett i spesielle fettvev under huden og rundt bukula og har et høyere fettinnhold enn mager fisk. Mager fisk har sine fettreserver i levra.

I beiteperioden øker fettinnholdet i lodda. Etter beiteperioden brukes fettreservene til energikilde for å opprettholde basalmetabolismen, til vandring og for å danne kjønnsprodukter. Fettinnholdet vil følgelig avta fra vekstperiodens slutt til ny vekstperiode starter året etter. For å fastlegge utviklingen i fettinnholdet og fettinnholdets størrelse har jeg lagt inn oppgaver fra Jangaard (1974), Lie (1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982 og 1983), Mjelde (1981) og data fra Fiskeridirektoratet for årene 1981; 1982 og 1983, i samme aksesystem (Figur 3.4). Til dette datamaterialet har jeg øyetilpasset en glatt kurve fra årskifte til årskifte. Denne kurven er vist i Figur 3.5. Fettinnholdet har et årlig minimum omkring uke 17 og et årlig maksimum omkring uke 39.



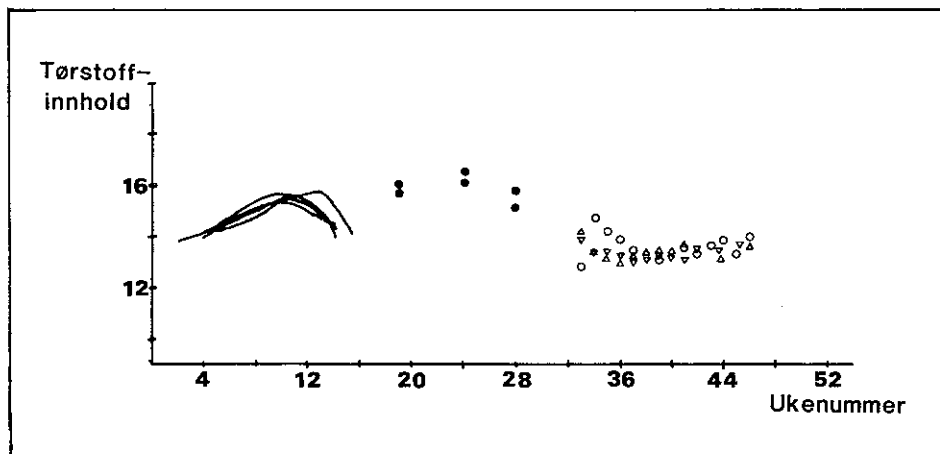
Figur 3.4: Data for fettinnhold i lodde over året. Rette linjer er beregnet av Lie (1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982 og 1983) ut fra data samlet fra fangster for årene fra og med 1978 til og med 1983. Kurvene er estimert av Mjelde (1981) ut fra fangstprøver og er for årene 1979 og 1980. Data markert med fylte symboler er hentet fra Jangaard (1974, Table 6) og data markert med åpne symboler hentet fra Fiskeridirektoratets avdeling for kvalitetskontroll der  $\nabla$  angir data fra 1981,  $\triangle$  angir data fra 1982 og  $\circ$  angir data for 1983.



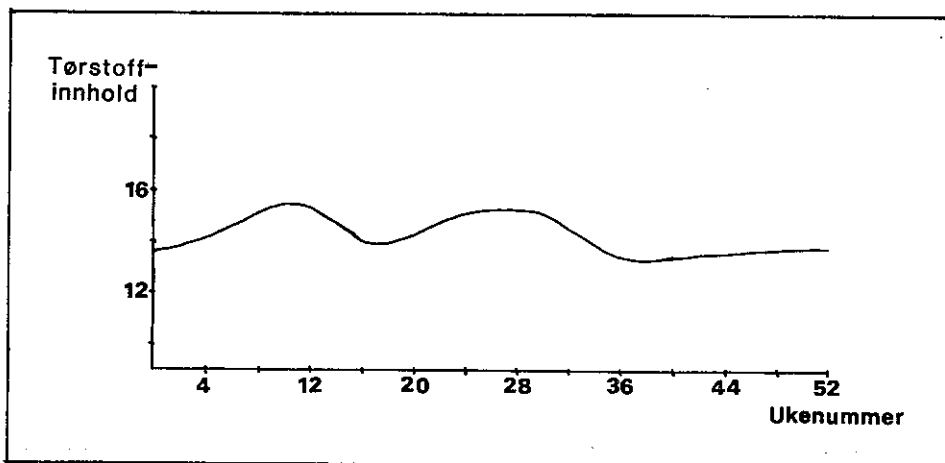
Figur 3.5: Utviklingen i fettinnhold over året. Øyetilpasset kurve til dataene i Figur 3.4.

### 3.6.2. TØRRSTOFF

Tørrstoffinnhold finnes ved å fjerne alt vann ved tørking ved 120 °C i ett døgn. For loddas vedkommende vil en ved en slik metode finne tørrstoffmengden inklusive fett. Loddefangstenes verdi beregnes imidlertid ut fra fettinnhold og innholdet av fettfritt tørrstoff. Dvs at i tillegg til utviklingen i fettinnholdet, er utviklinga av annet tørrstoff også kommersielt interessant. Med annet tørrstoff menes først og fremst protein, men også mineraler fra bein. For å fastlegge utviklingen i tørrstoffinnholdet over året har jeg lagt inn data fra Jangaard (1974), Lie (1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982 og 1983) og data fra Fiskeridirektoratet i samme aksesystem (Figur 3.6). Til disse dataene har jeg øyetilpasset en glatt kurve fra årskifte til årskifte. Denne kurven er vist i Figur 3.7. En ser at tørrstoffinnholdet øker utover sen vinteren mot gytetidspunkt for å avta under gyteperioden. Deretter økes tørrstoffinnholdet gjennom første del av vekstperioden for å avta mot slutten av vekstperioden.



Figur 3.6: Data for tørstoffinnhold i lodde over året. Kurvene er estimert av Lie (1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982 og 1983) ut fra samlet fra fangster for årene fra og med 1979 til og med 1983. Data markert med fylte sirkler er hentet fra Jangaard (1974, Fig. 54). Data markert med åpne symboler er hentet fra Fiskeridirektoratets avdeling for kvalitetskontroll der  $\nabla$  angir data for 1981,  $\Delta$  angir data for 1982 og der  $\circ$  angir data for 1983.



Figur 3.7: Utviklinga i fettfritt tørstoff over året. Øyetilpasset kurve til dataene i Figur 3.6.

### 3.7. REKRUTTERING

Sammenhengen mellom en årsklasses styrke målt på 2 åringer og gytebiomassens størrelse er beregnet av Hamre og Tjelmeland (1982). De har tilpasset sine data til en Beverton og Holt rekrutteringsfunksjon av følgende form:

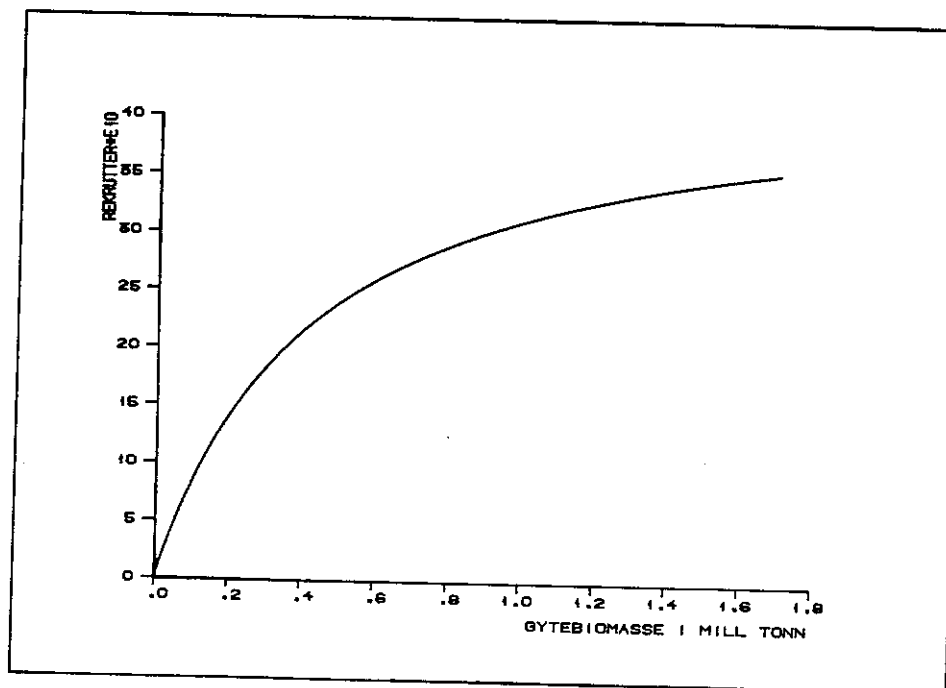
$$R = (R_m B) / (B_0 + B), \quad (125)$$

der  $R$  er antall rekrutter  $\times 10^{10}$  og  $B$  er gytebestanden i millioner tonn.  $R_m$  og  $B_0$  er konstante parametre og har følgende verdier:

$$R_m = 44.5$$

$$B_0 = 0.43$$

Grafen til rekrutteringssammenhengen er vist i Figur 3.8.



Figur 3.8: Grafen til loddas rekruteringsfunksjon (ligning 125).  
Etter Hamre og Tjelmeland (1982).

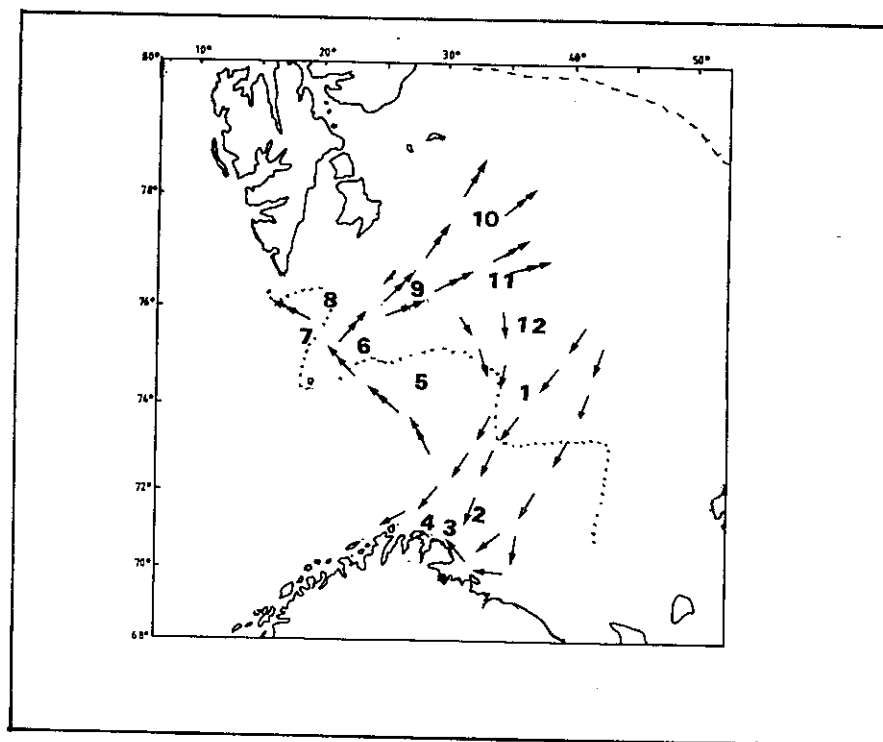
### 3.8. VANDRING

Figur 3.1 viser gyte og beiteområde for lodda i Barentshavet. Etter klekking i mai-juni driver larvene inn i Barentshavet. Om høsten er 0-gruppa fordelt i sentrale deler av Barentshavet, rundt Bjørnøya og ved Spitsbergen.

Utbredelsesområdet til eldre ikke-kjønnsmoden lodde er avhengig av iskanten og polarfronten, som avgrensner utbredelsesområdet. Om sommeren trekker lodda etter iskanten nord og østover og beiter på de rike planktonkonsentrasjonene i området, og om høsten og vinteren "skyver" iskanten lodda foran seg sør og vestover.

Kjønnsmoden lodde har samme vandringsmønster som nevnt ovenfor i

beitesesongen. Etter beitesesongen starter gytevandringen inn mot gytefeltene ved Finnmarkskysten og Murmankysten. Gytebestanden "drar" med seg den ikke-kjønnsmodne delen av bestanden et stykke inn mot kysten, mens den kjønnsmodne delen kommer helt inn til gytefeltene. Det årlige vandringsmønsteret er vist i Figur 3.9.



Figur 3.9: Vandringsmønster og fangstfelt for lodda i Barentshavet. Fangstfeltenes lokalisering er merket med tall fra 1 til 12 der tallene angir månedsnummrene. Dobbelpiler viser hovedtendensene i beitevandringen og enkelpiler viser hovertendensene i gytevandringene. Iskant om våren (prikket linje) og iskant om høsten (stiplet linje) er også vist.

### 3.8.1. FANGSTFELT.

Fangstfeltenes posisjoner vil være sesongavhengige og følge loddas vandringsmønster. I simuleringsprogrammet brukt i denne oppgaven vil hovedfangstfeltet for hver måned være i posisjonen merket med 1-12 i Figur 3.9. Posisjonene er etablert på grunnlag av data fra Fiskeridirektoratet for årene 1980-1983 for månedene



Februar, Mars, April, August, September, Oktober og November. De øvrige fangstfeltene er plassert ut fra kjennskapen til vandringmønsteret.

#### 4. FANGST, FLÅTE OG FABRIKKSTRUKTUR.

##### 4.1.

##### KORT OM HISTORISK UTVIKLING.

Loddefiske, som det drives i dag, er et ungt fiskeri. De første forsøk på loddeforedling ble gjort i Gjøvik (Troms) i 1931. Forsøket ble mislykket. Under og etter krigen startet man opp med loddeoppmaling i Finnmark. Loddefiske og oppmaling var i hovedsak et finnmarksfenomen inntil først på 70 tallet da fisket skjøt fart (Christensen, pers.med.). Økningen i loddefiske kom som følge av sammenbruddet i den atlantiskandiske sildebestanden.

Til å begynne med ble det kun fisket lodde om vinteren på gytefeltene. I 1968 startet man imidlertid også loddefiske om sommeren i betesområdene. Fra 1965 kom også USSR med i fisket, men stod til å begynne med kun for en liten del av totalfangsten. Det russiske fisket har imidlertid utviklet seg til å stå for en relativt større andel av fangsten og TAC fordeles nå med 60% til Norge og 40% til USSR. Fangststatistikk fra og med 1965 til og med 1981 vises i Appendiks I.

##### 4.2. FANGSTSAMMENSETNING; SELEKSJON.

I et selektivt fiskeri er en i stand til å velge ut hvilke årsklasser, eller størrelsesgrupper som skal fanges. Seleksjon kan foregå enten ved tilpasning av redskap (f.eks. maskeviddebestemmelse) eller ved å unngå områder med for store innslag av uønsket fisk. I loddefiske viser det seg at en har en slik seleksjon. Det fanges ikke 0 og 1 åringer, og 2 åringer er svakere representert i fangstene enn årsklassens styrke skulle tilsi (Tjelmeland, pers.med.). I loddefisket har en antageligvis en kombinert effekt mellom områdeseleksjon og maskeviddeseleksjon. Den minste lodda, 0 åringer og 1 åringer, går i gjennom maskene uansett, mens for 2 åringer så har en antageligvis en områdeseleksjon. I følge Tjelmeland (pers.med.) velger fiskerne ikke å fange i områder med mye smålodde fordi denne gir lavere pris (mindre fett og tørrstoff). 2 åringer er i svært liten grad representert i vinterloddefangstene. Seleksjonsfaktor defineres som årsklassens representasjon i fangstene relatert til årsklas-

sens størrelse i antall. I henhold til ovenstående så presenteres seleksjonskoeffisienter i loddefiske slik:

Lodde yngre enn 2 år: Seleksjonskoeffisient = 0  
2 åringer i vinterloddefiske: Seleksjonskoeffisient = 0  
2 åringer i sommerloddefiske: Seleksjonskoeffisient = .5  
Lodde eldre enn 2 år seleksjonskoeffisient = 1

#### 4.2.1. FANGST PER ÅRSKLASSE.

Gitt seleksjonsmønsteret beskrevet foran så vil fangstene fordeles på årsklasse etter følgende fordeling: Andelen individer i fangst (Y) av en årsklasse vil på et gitt tidspunkt være proporsjonal med årsklassens biomasse og seleksjonskoeffisient og omvendt proporsjonal med årsklassens individvekt. Først finnes årsklassens vektandel ( $W_{ia}$ ) av fangsten slik:

$$W_{ia} = W_i I_i / \sum_{i=2}^{i=6} W_i I_i, \quad (126)$$

der  $W_i$  angir årsklassens biomasse og  $I_i$  årsklassens seleksjonskoeffisient. Derneft finnes antallet fanget fra hver årsklasse ved tiden  $t$  ( $C(t)_i$ ) slik:

$$C(t)_i = Y(t) W(t)_{ia} / w(t)_i \quad (127)$$

der  $w(t)_i$  er lik gjennomsnittsvekta til et individ i årsklasse  $i$  ved tidspunkt  $t$ .

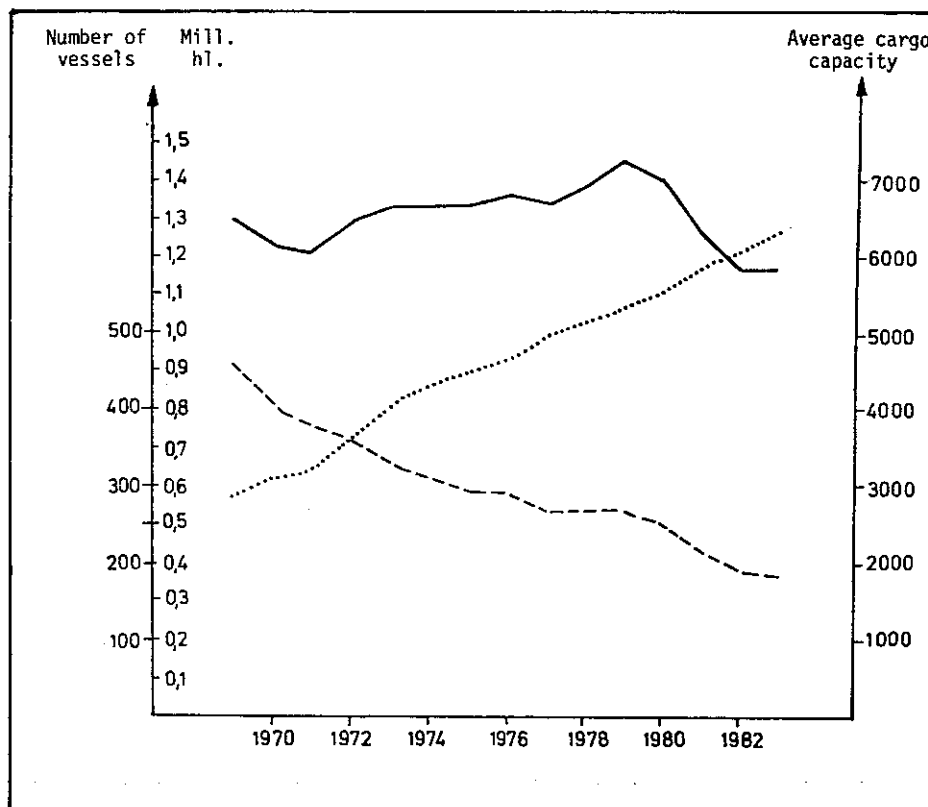
Av ligning 127 ser en at  $C_i$  vil avta ved konstant  $Y$  når  $w_i$  øker. Dette innebærer at utbytte per individ øker utover i vekstsesongen.

#### 4.3. UTVIKLING I FLÅTESTØRRELSE OG SAMMENSETNING.

Loddefiske er som tidligere nevnt i første rekke et snurpefiske. Under vinterloddefiske deltar også endel loddetrålere. De har siste årene fått tildelt 9,6% av vinterloddekvotene. I det følgende vil jeg definere loddefiske som utelukkende et snurpefiske. Jeg vil altså se bort fra trålernes deltakelse.

På midten av 1960-tallet ble kraftblokka tatt i bruk i norsk snurpefiske. Siden den tid har utviklingen gått mot større far-

tøy. Etter at sildebestanden sammenbruddet på slutten av 1960 tallet har antallet fartøyer blitt mindre. Til tross for nedgang i antall fartøyer steg flåtens samlede konsesjonskapasitet inntil kondemneringsordningen ble satt i verk i 1979-80. Utviklingen i antall, gjennomsnittlig konsesjonskapasitet og samlet konsesjonskapasitet er vist i Figur 4.1. Antallet fordelt på størrelsesgrupper og gjennomsnittskapasitet i gruppene er vist i Tabell 4.1.



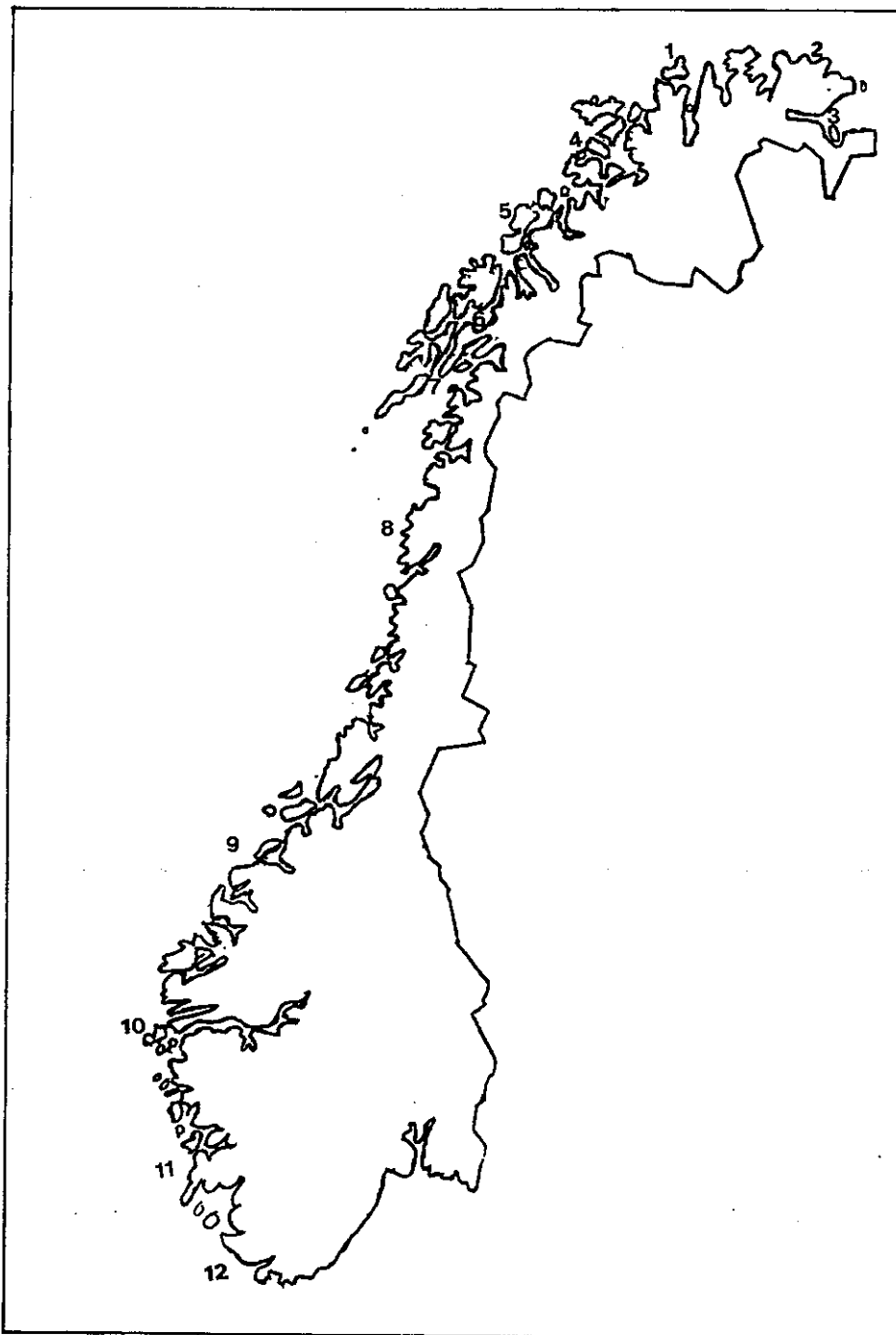
Figur 4.1: Utviklingen i samlet konsesjonskapasitet (heltrukket linje), antall fartøy (stiplet linje) og gjennomsnittlig konsesjonskapasitet i den norske snurpeflåten fra 1969 til 1983.

Tabell 4.1: Gjennomsnittlig konsesjonskapasitet (kons. kap) og antall fartøyer i fartøygruppene per utgangen av 1983. Fartøyene er gruppert på samme måte som i Lønnsomhetsundersøkelsen for fiskefartøyer 13 m l.l. og over. Tallene er etter Gullestad (pers.med).

Fartøygruppe	0-3000	4000-5999	6000-7999	8000-9999	> 10000
Antall fartøy	26	45	42	32	23
Kons. kap.	2835	4751	6949	8702	10948

#### 4.4. FABRIKKSTRUKTUR.

Foredlingskapasiteten for lodderåstoff ligger spredt langs hele kysten fra lengst nord og helt ned til sørlandet. Den geografiske plasseringen er en arv fra sildefiskeriene, og langt fra tilpasset loddefiskeriene.



**Figur 4.2:** Geografisk plassering av foredlingskapasiteten langs kysten. 1) Honningsvåg, 1 fabrikk. 2) Båtsfjord, 1 fabrikk. 3) Vadsø, 1 fabrikk. 4) Øksfjord, 1 fabrikk. 5) Tromsø, 2 fabrikker. 6) Sør-troms, 2 fabrikker. 7) Lofoten og Vesterålen, 3 fabrikker. 8) Helgeland, 3 fabrikker. 9) Trøndelag, 4 fabrikker. 10) Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane, 5 fabrikker. 11) Hordaland, 4 fabrikker. 12) Sørlandet, 3 fabrikker. Figuren er basert på oppdatering av data fra Flåm (1981:Tabell 6) vha opplysninger fra Hans Gundersen (pers.med).

#### 4.4.1. REGIONAL FORDELING AV FOREDLINGSKAPASITET.

Som nevnt ovenfor er foredlingskapasiteten fordelt langs hele kysten. I dag er i alt 31 foredlingsanlegg i drift. Av programmeringshensyn har jeg delt kysten inn i 12 foredlingsregioner. Appriori antas det at oppdelingens "finhet" vil gi utslag for beregningsresultatene. De nordlige regionene (1-8) er derfor "finere" oppdelt enn det sørlige. Med "finhet" forstås regionens geografiske utbredelse. En region med liten avstand mellom nordlige og sydlige grense er derfor "finere" enn en med stor avstand mellom forannevnte grenser. Figur 4.2 viser den regionale oppdelingen av foredlingskapasiteten. Fordelingen er gjort på grunnlag av Flåm (1981). Fra Flåms (op.cit.) data er imidlertid trukket ut nedlagte bedrifter.

I denne oppgaven vil jeg kun foreta økonomiske beregninger for flåteleddet. Foredlingsleddets økonomi er uinteressant i denne oppgaven, det som er interessant er geografiske plassering og mottakskapasitet. Plassering og mottakskapasitet er interessant fordi disse påvirker flåtens økonomi.

#### 4.4.2. FØRINGSDISTANSER.

Føringsdistansene vil regnes tur-retur felt-fabrikk-felt. Grunnen til at denne tilsynelatende bakvendte måten benyttes er at det gjør beregningene enklere. Utseilte distanser blir de samme uansett om fartøyene begynner og avslutter fisket på feltet, eller ved fabrikk. Jeg vil imidlertid ikke ta med i beregningene at fartøyene seiler til og fra hjemstedet ved sesongens begynnelsen og avslutning.

Utseilte distanser blir beregnet på følgende måte: Først beregnes distanse fra fangstfeltet til kysten (Figur 3.9). Deretter beregnes avstanden til fabrikk. Distansene til kysten er beregnet ut fra Kaasa m.fl. (1977). Avstandene til fabrikk er funnet i Fiskerialmenakken (Anon, 1983a) og er beregnet slik at fartøy som skal til en bestemt fabrikk kan komme inn til kysten i en så gunstig posisjon som mulig. Distansene er presentert i underkapittel 4.3. i Tabell 4.2 sammen med mottakskapasitetene i hver region.

#### 4.4.3. MOTTAKSKAPASITET.

Mottakskapasiteten til foredlingsanleggene vil være avhengig av følgende tre tekniske kapasiteter:

- i) Lossekapasitet
- ii) Lagerkapasitet
- iii) Foredlingskapasitet

På kort sikt kan fabrikk motta lodde for lagring så raskt som lossekapasiteten tillater. På lengre sikt vil en imidlertid måtte foredle råstoffet, slik at den reelle langsiktige kapasiteten blir mindre. Mottakskapasiteten vil også avhengig av hvilket kvalitet mel og olje en ønsker å produsere. Dersom en setter høye kvalitetskrav vil mottakskapasiteten på kort sikt måtte settes lik foredlingskapasiteten. Ved å sette kvalitetskravet lavere, vil en kunne lagre lodde for produksjon etter fiskesesongen er avsluttet. Jeg vil forutsette at all produksjon skal være til beste kvalitet. Dette innebærer at mottakskapasitet må settes lik produksjonskapasitet. Ukentlige produksjonskapasiteter presenteres i Tabell 4.2. Den samlede ukentlige produksjonskapasiteten, som i underkapittel 2.12. er kalt  $Y_{tak}$ , er på 1163875 hl.

Tabell 4.2.: Tur retur føringsdistanser til- og ukentlig foredlingskapasitet i foredlingsregionene (Figur 4.2). Føringsdistansene er gitt i n.mil og er beregnet fra fartøyene kommer inn til kysten og til foredlingsregionenes tyngdepunkt vha Fiskerialmanakken (Anon, 1983). Foredlingskapasitetene er beregnet ut fra Flåm (1981:Tabell 6) og er gitt i hl/uke.

Region nr.	Føringsdistanse	Foredlingskapasitet
1	80	90000
2	100	35000
3	120	88000
4	200	42000
5	280	93000
6	440	53250
7	534	72875
8	740	121750
9	1300	102500
10	1600	198500
11	1920	128500
12	2084	138500

#### 4.5. PRODUKTFUNKSJON - SAMMENHENG MELLOM FANGST OG INNSATS.

Lodda er en langsomtsvømmende stimfisk som kan opptre i stimer med tette konsentrasjoner. Dette gjør lodda lett tilgjengelig for snurpenot og pelagisk trål.

I avsnitt 2.2.1 fastslås det at produktfunksjonen kan variere mellom fiskerier. Produktfunksjonen beskrevet i ligning 7 anvendes vanligvis ved beregninger på bestandsmodeller for demersale fiskeslag. Denne produktfunksjon uttrykker at fangststørrelsen er proporsjonal med fiskeinnsatsen og bestandsstørrelsen.

Det har imidlertid vist seg at fangst av pelagiske stimfisk, som opptrer i tette konsentrasjoner, i mindre grad er avhengig av bestandsstørrelse enn dermesal fisk. En har kunnet fortsette å ha et høyt fangstutbytte mens bestanden avtar mot sammenbrudd. Dette er tilfelle med atlanto-skandisk sild (Hamre, 1980: Figur 16). Konsekvensen er at en for slike fiskeslag må finne en produktfunksjon tilpasset denne sammenhengen mellom innsats og bestand. En slik produktfunksjon er beskrevet i ligning 10, og der spesielt tilfellet av denne ligninga, nemlig ligning 11, beskriver en fangstsituasjon der fangststørrelsen kun er avhengig av fiskeinnsats. En slik produktfunksjon (ligning 11) vil bli benyttet i mine beregninger.

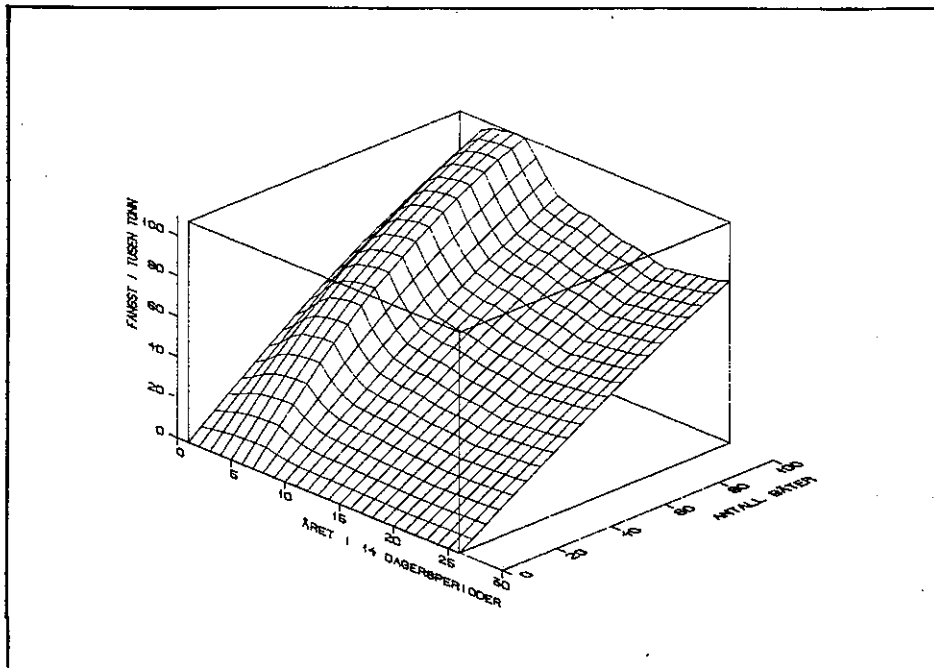
I mikro (for et fartøy) vil en kunne uttrykke produktfunksjon, som beskrevet i ligning 11, og som i tillegg også uttrykker hvilken tid på året en fisker, på denne måten:

$$y=y(qe, E, T) \quad (128)$$

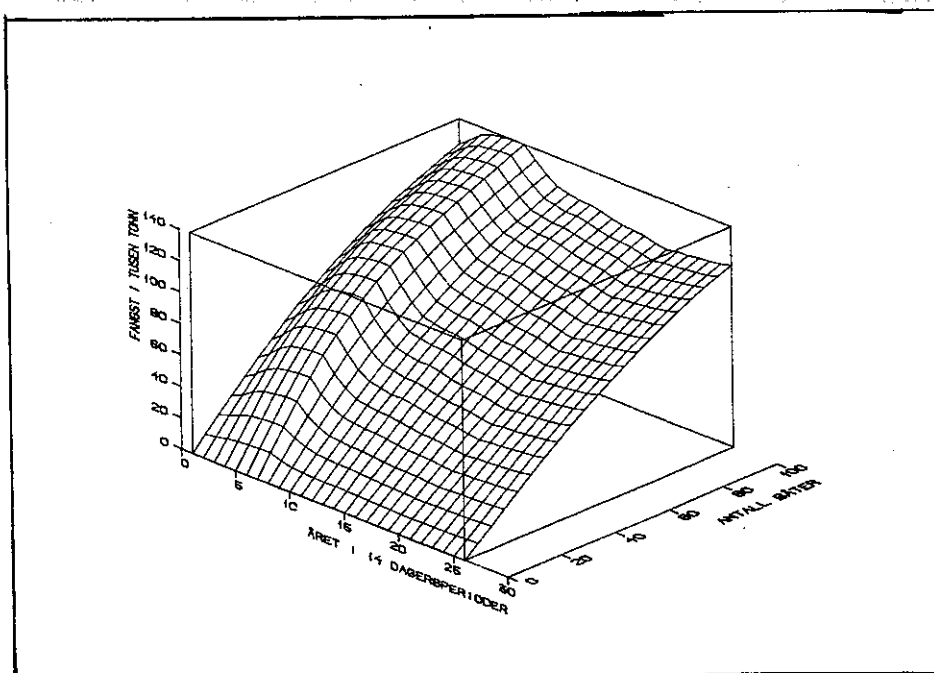
der  $y$  er et fartøys fangst,  $e$  er et fartøys fiskeinnsats, der  $E$  beskriver summen av alle  $e$  og  $T$  angir tid på året det fanges. Produktfunksjonen som angitt i ligning 128 fanger opp eksternalitetene en økning i flåtestørrelsen påfører de etablerte fartøyene. På grunn av mottakskapasitetens lokalisering (Figur 4.2) vil nye fartøyer måtte gå stadig lengre for levering av fangst. Dette impliserer avtakende grenseeffektivitet og en produktfunksjon med samme trend som den presentert i avsnitt 2.2.1.'s ligning 11 vil gjelde. Produktfunksjonen vist i ligning 11 vil gjelde for økende fiskeinnsats (f.eks målt i antall båter) innen en periode. Loddas vandringsmønster (Figur 3.9) vil påvirke flåtens effektivitet



og en vil få en ny produktfunksjon for hver periode. I simuleringsprogrammet LODDEDY (se kapittel 7.) er er fartøyenes fangstkapasitet, fiskemønsteret (se avsnitt 6.6.5.), føringsdistansene, fabrikkkapasitetene og fangstfeltenes lokalisering lagt inn. Ved gjentatte kjøringar av LODDEDY kan en få fram en **fartøygruppes kortsiktige produktfunksjon** forutsatt at bestanden tåler en slik kortsiktig bescatning. I Figurene 4.3a..d vises fangstmengde

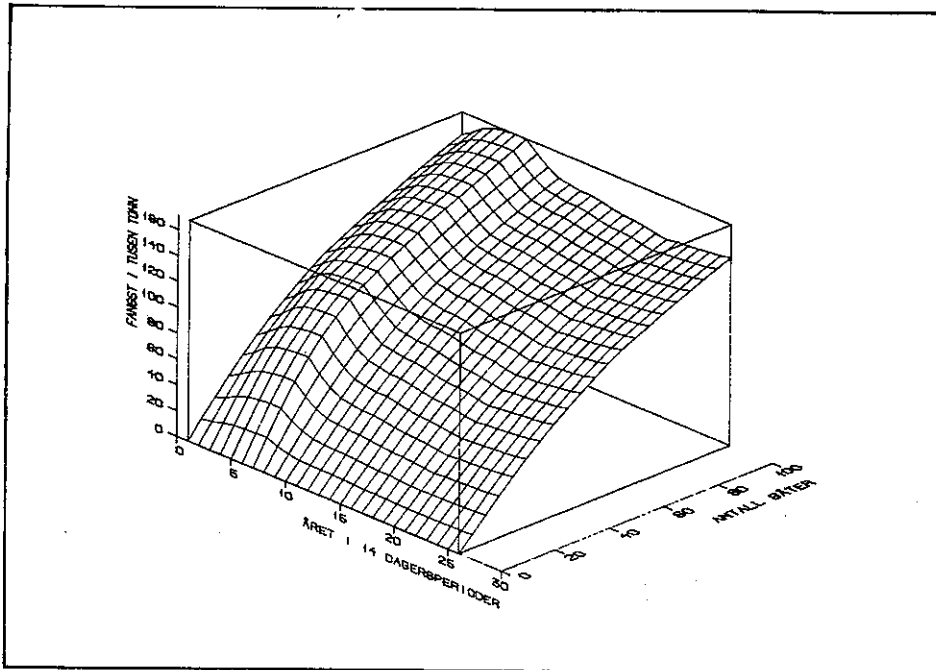


**Figur 4.3a:** Fangstmengde i tonn som funksjon av antall fartøyer med konsesjonskapasitet fra 0 til 3999 hl, og tid på året. Til grunn for denne figuren ligger føringsdistanser og foredlingskapasitet som vist i Tabell 4.2 og lokalisering av fangstfelt som vist i Figur 3.9.

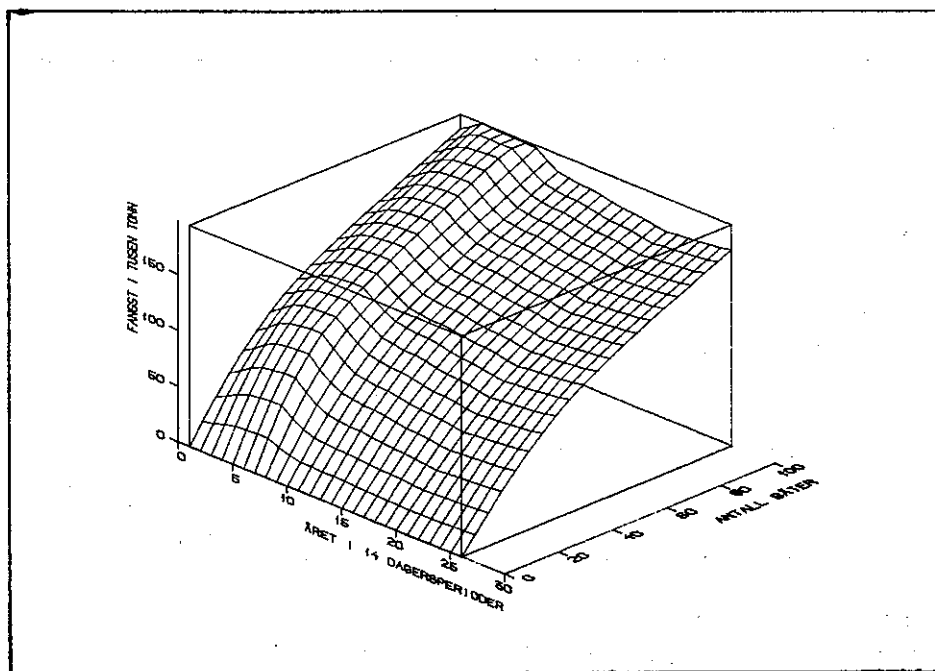


**Figur 4.3b:** Som i Figur 4.3a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl.

per tidsenhet (14 dager) som funksjon av antall båter i de respektive fartøygruppene (se kapittel 6.) og tid på året. Figur 4.3a gjelder den minste fartøygruppa og Figur 4.3d gjelder den største fartøygruppa. Figurene viser klart at fangsteffektiviteten er størst om vinteren og minst om høsten. For den største fartøygruppa når en dessuten  $Y_{\text{tak}}$  for 100 fartøyer på vinterstid.



Figur 4.3c: Som i Figur 4.3a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 6000 til 7999 hl.



Figur 4.3d: Som i Figur 4.3a for fartøy med konsesjonskapasitet på 8000 hl og over.

## 5. PRISER PÅ LODDE OG INNTEKTER FRA LODDEFISKE.

Loddefiske har tradisjonelt vært et guanofiske. Med dette forstås jeg at råstoffet har blitt brukt til oppmaling til mel og olje. Denne foredlingsmåten favoriserer store fangstmengder, gjerne på bekostning av kvalitet. I de senere årene har imidlertid endel av loddefangstene gått til andre anvendelsesområder. Loddeflåta leverer råstoff til rogn og konsumproduksjon for det japanske markedet. Fiskeoppdrettsnæringa har dessuten tatt i bruk frosen lodde som fiskefor.

I dette kapittelet vil jeg belyse pris og inntektsforhold for loddeflåta. Med pris mener jeg markedspris. Dette innebærer at prisene skal reflektere produktenes verdi på markedet i Norge og på det internasjonale markedet. I dette kapittelet vil det derfor bli lagt vekt på at prisene til fisker skal være usubsidierte, slik at fangstene betales med samfunnsøkonomisk riktig pris.

Først vil priser til oppmaling for årene 1980-1983 bli behandlet og dernest priser til konsum for årene 1979-1980.

### 5.1. PRIS PÅ LODDE TIL OPPMALING.

Råstoff som går til oppmaling gir to salgsprodukter, mel og olje. Verdien av et råstoff blir bestemt av den kvalitet og mengde av hhv mel og olje som råstoffet gir. Basis for verdiberegningen av råstoffet er den pris en oppnår på salgsproduktene.

Både mel og olje kan inndeles i to sorter: "vanlig" og "spesial". Spesialproduktene er av høyere verdi enn de vanlige produktene. De blir først og fremst benyttet som oppdrettsfor for pelsdyr og fisk. Særlig ekspansjonen innen fiskeoppdrett, samt dennes overgang fra våtfor til tørrfor har gitt grunnlag økt produksjon av spesialprodukter. Av spesialproduktene er det spesialmelet som er langt det viktigste. Spesialolje til fiskeoppdrett er svært nytt, og det produseres foreløpig bare i små kvanta.

### 5.1.1. KVALITETSGRADERING.

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.

Ulike råstoffslag gir ulike kvaliteter av mel og olje. De ulike råstoffslags kvaliteter er fastsatt på bakgrunn av historiske erfaringer og legges til grunn for prisberegningene til lodderåstoffet. Således gir vinterlodde 70% mel av klasse 3 og 30% mel av klasse 4, sommerlodde gir 30% mel av klasse 2 og 70% mel av klasse 3. For oljekvalitet gjelder at sommerlodde gir god kvalitet med bare 4,5% frie fettsyrer (FFA). Vinterlodde gir olje med 6,0% FFA (Anon, 1984). Kvalitetsoppdelinga se vist i kommentaren til priskalkylaskjemaet i Appendiks II.

Ved forbedring av produksjonsprosessene vil kvalitetene på de ulike råstoffslag kunne forbedres. Det er svært liten forskjell på sommerlodde og vinterlodde mhp mel- og oljekvalitet rent råstoffmessig. Grunnen til at sommerlodde gir bedre kvalitet både av mel og olje, er at vinterlodda lagres mye lengre enn sommerlodde før den produseres. Sommerlodda tåler svært lite lagring, og blir stort sett produsert med en gang den losses fra båt. Fangstdirigeringskontoret tolererer større fangsttopper om vinteren enn om sommeren og høsten. Dette er tildels nødvendig pga det større antall båter som deltar under vinterloddefisket. Resultatet blir at vinterlodde gir dårligere kvalitet av mel og olje enn sommerlodda. Ifølge Lie (pers.med.) vil vinterlodde kunne gi grunnlag for de samme kvaliteter av mel og olje som sommerlodda dersom lagringen om vinteren reduseres til samme nivå som sommerlodda. Noe nødvendig lagring før produksjon av vinterlodde eksisterer ikke lenger. Dette faktum vil bli lagt til grunn for simulering av loddefiske.

### 5.1.2. PRISKALKYLESKJEMAET.

Priskalkyleskjemaet er vist i Tabell 5.1. Linje G og L er de avtalte avregningsprisene, justert for kvalitetsgraderingen.

Tallene i kalkyleskjemaet er beregnet ut fra opprinnelig avtalte priser for 1984. Disse er senere redusert ved hjelp av prisreguleringsavgifter pga synkende markedspriser. Forklarende tekst til priskalkylaskjemaet er vist i Appendiks I.

**Tabell 5.1: Priskalkyleskjema for råstoff til sildemelindustrien 1984 (Anon, 1984). Priskalkyleskjemaet er utarbeidet på grunnlag av avtale mellom fiskerne og sildemelindustrien. Forklaring til priskalkyleskjemaet er gitt i Appendiks I.**

Kalkyledata	Avregningspris, mel kr. 3.30 pr kg (kl. 4)													Hest- makrell
	Avregningspris, olje kr. 2.45 pr kg (3% ffa)													
	Vinter- lodde	Sommer- lodde	Polar- lorst	Koimule	Kalmule yngel	Tobis	Tobis- yngel	Oyepal o.l	Havbris- fng	Sid	Makrell 1:7	Makrell eller 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 rasstoff $(\frac{P}{100})$	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 av 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 råstoff 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 $(\frac{A \cdot B \cdot C}{D})$	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%:4	30%:2 70%:3	75%:4 25%:5	50%:3 50%:4	80%:4 20%:5	3	4	60%:3 40%:4	70%:2 30%:3	1	1	1	4	
G Melpris pr. kg	3.42	3.50	3.22	3.39	3.24	3.47	3.30	3.40	3.53	3.63	3.63	3.63	3.30	
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, (fri-%)	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 Oljemengde, kg pr. hl $(\frac{H \cdot I}{100})$	9.60	15.60	-	-	3.60	4.60	4.60	3.60	10.28	15.13	14.35	18.03	14.35	
K FFA i olje, prosent	6.00	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 Oljepris pr. kg	2.38	2.41	2.43	2.38	2.36	2.37	2.37	2.36	2.43	2.43	2.40	2.40	2.43	
Kalkyle, kr pr. hl														
M Melinntekt (f g)	59.35	56.28	53.75	67.86	66.74	72.78	64.52	72.49	70.34	72.69	72.67	65.78	54.93	
N Oljeinntekt (f u)	22.85	37.64	-	-	8.50	10.90	10.90	8.50	24.93	36.70	34.44	43.28	34.80	
O Prod. godtgj. fast pr. hl	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	9.99	
P Prod. godtgj. 111 øre pr. kg mel	19.29	17.89	18.54	22.28	22.91	23.31	21.73	23.69	22.13	22.26	22.25	20.14	18.50	
Q Til råstoff (M - N - O - P)	52.91	66.04	25.22	35.59	42.33	50.38	43.70	47.31	63.15	77.13	74.87	78.93	61.24	
R Beregnet pris $(\frac{Q}{1.05})$	51.87	64.74	24.73	34.89	41.50	49.39	42.84	46.38	61.92	75.62	73.40	77.38	60.04	
S Råstoffpris, avrundet	51.85	64.75	24.75	34.90	41.50	49.40	42.85	46.40	61.90	75.60	73.40	77.40	60.05	
T Tørrstoffreg.sats $(\frac{M \cdot P}{A \cdot 102})$	2.71	2.79	-	-	2.24	2.59	2.33	2.49	2.70	-	-	-	-	
U Fettreg.sats $(\frac{E \cdot L}{1.02})$	2.33	2.37	2.35	2.31	2.31	2.32	2.32	2.31	2.31	2.31	2.16	2.16	2.19	

Prisen på råstoffet ved hver enkelt levering blir så utregnet etter at målinger for fett- og tørrstoffinnhold i råstoffet er gjort. Det blir da et tillegg til eller fratrukk fra basispris (linje S) med en sats gitt i linjene T og U for hver prosent avvik fra basisprosent for tørrstoff og fett, hhv linje A og H.

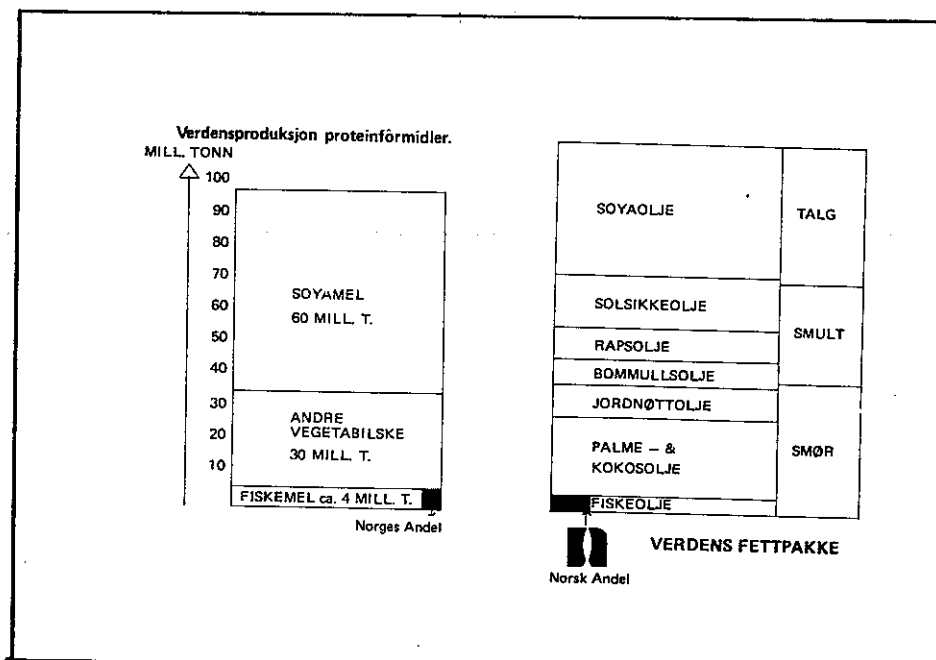
### 5.1.3. AVREGNINGSPRIS.

Basisprisene for de ulike råstoff blir ved hvert års begynnelse fastsatt gjennom forhandlinger mellom Samarbeidsutvalget for sildesalgslagene (heretter kalt Samarbeidsutvalget) og Sildemelfabrikkenes Landsforening (heretter kalt Landsforeningen). På bakgrunn av de priser en kan forvente å oppnå på verdensmarkedet i løpet av året blir det fastsatt en avregningspris for mel og olje. Denne skal igjen deles mellom fabrikk og fisker på en måte partene blir enige om. Foreningen har alltid ligget rundt 65% til

flåteleddet og rundt 35% til foredlingsleddet. I denne oppgaven forutsettes det at fabrikkene gjennom denne fordelingen får normal avkastning på sin produksjon, slik at prisen til fisker gjennspeiler markedspris.

#### 5.1.4. SALGSAPPARATET FOR MEL OG OLJE.

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. Disse prisene er svært påvirket av faktorer utenfor norsk kontroll, som verdens totale tilbud på protein og fett og dollarkursen. I så måte er soyaproduksjonen viktig, ved siden av andre lands industrifiskerier. 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 mhp substitu-



Figur 5.1: Den totale produksjonen og norsk andel, av proteinmel og fett (Anon, 1981b).

erende produkter og finner en klar tendens til krysspriselasitet mellom fiskemel og soyaprotein.

Figur 5.1 viser skjematisk hhv verdens protein- og fettproduksjon og Norges andel av verdensmarkedet. Med vår beskjedene andel kan det ikke ventes at norsk produksjon vil influere på prisene. Vi er altså prisfaste kvantumtilpassere både på proteinmarkedet og på fettmarkedet. Prisene på verdensmarkedet for protein- og fettprodukter notertes ofte i US \$, slik at kursen på denne valuta har betydning for Norsildmels salgssinntekter. På grunn av krysspriselasiteten, nevnt ovenfor, og store årsvariasjoner i substitusjonsproduktene vil det være en umulig oppgave å forutsi markedsriktig pris. Det vil antakeligvis være arbeid nok for en kandidatoppgave bare det å belyse forholdene rundt krysspriselasiteten.

Det er ikke mulig å fastslå noen årvisst trend i prisvariasjonene på mel og olje. Oljeoppkjøperne er store, og er i stand til å forutsi og motarbeide sesongvise produksjons- og prissvingninger (Enger, pers.med). En kan altså regne med stabile priser på mel og olje, gitt stabil dollarkurs og stabil tilførsel av konkurrerende produkter på verdensmarkedet.

Ved årets slutt gjøres salgsregnskapet for Norsildmel A/L opp. Inntektssiden utgjøres av salgssinntektene av mel og olje av alle kvaliteter. Utgiftssiden består av avtalt avregning til fabrikk og fisker, samt fabrikkenes andel av salgssmerinntektene av spesialprodukter. I tillegg kommer distribusjons- og administrasjonskostnader. Administrasjonskostnadene skal dekkes av Norsildmels driftsinntekter som er 2% av salgspris for mel og olje. Norsildmel fører eget administrasjonsregnskap for driftsinntekter og -kostnader. Administrasjonskostnadene regnes som salgskostnader og går følgelig til fratrukk i prisen.

Salgsresultatet overføres til årsregnskapet for Prisreguleringsfondet for sild.

#### 5.1.5. PRISREGULERINGSFONDET FOR SILD.

I lov av 19. juni 1970 om prisutjevning i sildenæringen 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.

Når Samarbeidsutvalget og Landsforeningen inngår sin årlige prisavtale, gjør de det blandt annet på bakgrunn av **støtteavtalen** mellom staten og Norges Fiskarlag. De senere år har Prisreguleringsfondet for sild tatt opp lån fra staten for å opprettholde inntektene i sildesektoren. Disse lån blir gitt gjennom støtteavtalen. Så lenge fondet har gjeld til staten, må den årlige støtteavtalen drøfte fondets stilling, og bli enig om eventuell nedbetaling eller nye låneopptak. **Prisene har mao ligget over markedsprisen de siste årene.**

Det har vært vanlig at staten garantgerer for en gjennomsnittlig minimal avregningspris for vanlig mel og olje. Dersom markedsprisene viser seg å ikke gi dekning for den garanterte pris, gis fondet et lån eller tilskudd fra staten til opprettholding av den garanterte pris. Likeledes blir det i støtteavtalen bestemt at nedbetaling av gjeld til staten skal skje dersom markedsprisen gir grunnlag for det; dvs det settes et tak på hvor høyt avregningsprisen kan settes så lenge Prisreguleringsfondet har gjeld til staten. Dersom en ser bort i fra statsstøtten vil den utjevne prisen være en indikator på markedsriktig pris over et lengre tidsrom. Den vil ikke utrykke markedsriktig pris på et hvert tidspunkt, men som beregningsgrunnlag i denne oppgaven vil den utjevne prisen holde.

I 1983 oppnådde Norsildmel et stort overskudd i salgsregnskapet. På bakgrunn av dette krevde staten en nedbetaling av lån til Prisreguleringsfondet. I støtteavtalen ble det enighet om at 141 mill. kr av total gjeld til staten på 241 mill kr skulle nedbetales i løpet av 1984. Fondsoverskuddet av 1983-års produksjonen vil ikke være nok til å foreta hele denne nedbetalingen. En må i tillegg ta inn omlag 28 mill kr av salgsinntekten for 1984-års produksjonen. Dette tilsvarer omlag 7 øre per kg mel og olje.

For 1984 ble det ikke gitt noen statsgaranti for avregnings-



prisen. Imidlertid ble det i støtteavtalen bestemt at Norges Fiskarlag og Statens Forhandlingsutvalg skal komme sammen og drøfte situasjonen dersom en (Samarbeidsutvalget og Landsfor- eningen) finner at gjennomsnittlig avregningspris for 1984 ikke vil bli høyere enn kr 2.65 per kg olje og mel kl 4, etter fratrekk av kr 0.07 til gjeldsnedbetaling.

#### 5.1.6. SPESIALPRODUKTER.

Avregningsprisene som er benyttet i kalkyleskjemaet er basert på vanlig mel og olje. Spesialproduktene er mer høyforedlet vare, og disse gir høyere salgspriser. Det største markedet for disse produktene er oppdrettsnæringene (fisk og pelsdyr). Avtale- partene blir enig om fordelingen av merinntektene mellom fabrikk og fisker, samt fordelingen mellom råstoffslag. Det råstoff som skal benyttes må være av fersk og god kvalitet, og konserverings- væsken V-65 kan ikke benyttes. Dette betyr at sommerlodde er avskåret fra slik anvendelse, dersom fangstene lagres for lange slik at konservering med V-65 er nødvendig. Fisker får mer- inntekten fra spesialproduktene som prisøkning på hver fangst, når fangsten går til enten NorsAbel eller LT-mel For de øvrige spesialprodukter går merinntektene inn som felles prisoppjuster- ing /kostnadsreduksjon for de deltakende fartøyer i fiske som leverer råstoff til spesialproduksjon.

Kvantum spesialprodukter har økt og ventes å øke også i årene fremover, samtidig med fiskeoppdrettsnæringens vekst. I 1984 regner en med å produsere totalt 54500 tonn spesialprodukter. Til dette vil det gå med omlag 2,7 mill. hl råstoff.

Pristillegg til fisker er kr 0.24 per kg mel for NorSeaMink, åleformel og matmel; og kr 0.39 per kg for NorsAbel og LT - mel. Det er i første rekke NorSeaMink som produseres fra lodderåstoff.

Ved å ta utgangspunkt i gjennomsnittlig tørrstoffprosent (og melutbytte) i de ulike råstoffslag, kan en regne om verdiøkningen til kr per hektoliter. En får da at tillegget til loddeprisen blir kr 4.17 per hl.

#### 5.1.7. PRISSTØTTE.

Råstoff til oppmaling har som regel ikke mottatt prisstøtte fra staten. Unntak er trålråstoff som tobis, øyepål og kolmule. Også i støtteavtalen for 1984 har disse råstoffslag fått tildelt prisstøtte. Trålråstoff fra Nordsjøen (tobis, øyepål m.v.) har fått en rammebevilgning på 14 mill kr til prisstøtte og frakttilskudd. Kolmule har fått en rammebevilgning på 9 mill kr til prisstøtte. Utenom dette er det ikke gitt direkte prisstøtte til fisker i industrifisket for 1984.

Prisreguleringsfondet for sild skal ideelt sett være drevet og kostnadsdekket av sildenæringen selv. Imidlertid har staten trådt støttende til ved flere anledninger de senere år. De lån fondet har mottatt fra staten har vært rentefrie. Dette må betraktes som en støtte fra staten til sildenæringen. I støtteavtalen for 1984 ble det enighet om å rentebelaste den delen av statslånet som ikke skal innbetales i løpet av 1984. Renten skal legges til gjelden ved årets slutt. Det synes derfor som om rentefriheten på statslånene er historie.

#### 5.1.8. MARKEDSBESTEMT PRIS TIL FISKER.

De priser fiskerne har oppnådd de senere år har ikke vært i samsvar med markedets prissetting på salgsproduktene mel og olje. Prisene har vært kunstig høye gjennom støtte fra staten, enten direkte eller gjennom rentefrie lån. Jeg velger å benytte 12 % p.a. i rentebesparelse på statslånene som støtte til næringen. Når driftsresultatet for Prisreguleringsfondet viser negativt resultat, er dette også et resultat av at pris til fisker har vært for høy i forhold til markedsprisen. For 1983 viser driftsresultatet i fondet et positivt resultat. Dette innebærer at markedet gav rom for høyere priser til fisker enn de priser fiskerne mottok. Fiskers andel av utgifter og inntekter i fondet er 65 % og 35 % er industriens andel. Dette kommer av inntektsfordelingen mellom flåten og fabrikkene (se avsnitt 5.1.3.).

Dersom en tar utgangspunkt i opprinnelig avtalt avregning for hvert år, må disse reduseres med de prisreguleringsavgifter som fiskerne fra år til annet er blitt pålagt. Dette er avgifter som har til hensikt nettopp å redusere de avtalte priser idet en

innser at disse ble satt for høyt. På samme måte må prisene heves med det pristilskudd som fondet har betalt til fiskerne.

De historiske prisene må reguleres tilsvarende de ovenfor nevnte satsene for å finne de markedsbestemte priser for de ulike år. Ved å dividere den årlige verdidifferansen med antall kg mel og olje produsert hvert år, vil en finne hvor meget avregningen per kg mel og olje må reduseres. De ulike råstoffslagene blir så belastet i samsvar med mel- og oljeutbyttet, gitt i linjene E og J i priskalkyleskjemaet i Tabell 5.1.

Tabell 5.2 viser verdidifferansen mellom avtalebestemte inntekter og inntekter oppnådd i markedet. Tabellen er oppsplittet i de ulike satsene prisene for de respektive årene må enders med, og hvor meget dette utgjør i avregning til fisker som kr per kg mel og olje.

Tabell 5.2 Verdidifferanse mellom avtalte og markedsbestemte inntekter til fisker. Linjene fra og med 2 til og med 9 angir verdier i millioner kr. Tallene er hentet fra Nordsildmels årsberetninger for årene fra 1981 til 1983 (Anon, 1981b, 1982 og 1983c).				
Ar	1980	1981	1982	1983
1.Tot årlig prod. mel og olje. 1000 tonn	474	460	449	554
2.Statsgjeld pr 31/12	141	181	210	241
3.Rentestøtte (12% p.a.)	16.9	21.7	25.2	28.9
4.Statstilskudd			100.0	25.0
5.Fiskerandel av 3+4 (65%)	(-)11.0	(-)14.1	(-)81.4	(-)35.0
6.Dr. res. Pris-fondet	-116.5	-44.9	-39.8	+48.9
7.Fiskerandel av 6 (65%)	-75.7	-29.2	-25.9	+31.8
8. Pristilskudd fisker	(+)1.7			(+)29.0
9.Prisreg avg fisker	(-)1.3	(-)30.9	(-)10.0	(-)8.7
10.Avregn. regulering til fisker. kr/kg mel + olje =(5+7+8+9)/1	-0.182	-0.161	-0.261	+0.031

Tabell 5.3 viser de avtalte basispriser og reguleringssatser for de respektive årene, hvor meget lodderåstoffet må endres i pris per hl og de reduserte basisprisene. Merk at basisprisene er utregnet på bakgrunn av de basisprosentene for fett og tørrstoff som er gjeldende fra og med i år (1984). Disse prosentsatsene ligger temmelig nær de aktuelle gjennomsnittsverdier for de lod-

deråstoff. Med like basisverdier for alle år gjøres sammenligningen også lettere.

Tabell 5.3: Avtalte og markedsbestemte nominelle basispriser 1980 - 1983 i kr per hl (Anon 1982b).				
År	1980	1981	1982	1983
V. lodde. 12% fett 14.5% t.st.	38.53	44.34	40.66	41.20
S. lodde. 18% fett 13.5% t.st.	48.70	54.82	50.58	49.94
<b>Prisreguleringer ut fra avregningsreguleringene i Tabell 5.2 i kr/hl.</b>				
Vinterlodde	-4.91	-4.27	-6.91	+0.83
Sommerlodde	-5.77	-5.02	-8.12	+0.98
<b>Endrede = markedsbestemte basispriser til fisker.</b>				
Vinterlodde	33.62	40.07	33.75	42.03
Sommerlodde	42.93	49.80	42.46	50.92

Reduksjonen av prisene blir gjort bare for basisprisene. Dette burde selvsakt også gjøres for reguleringssatsene for fett og tørstoff, men jeg finner ikke dette bryet verdt fordi utslagene vil bli svært små.

## 5.2. PRIS PÅ LODDE TIL KONSUM.

Lodde har følgende anvendelser som klassifiseres som konsum: rognmoden lodde, lodderogn, dyrefor, fiskefor og agn. Agn blir svært lite benyttet.

I de senere år har det vokst frem mange fabrikkfartøyer som foretar innfrysing av konsumvarer ombord. Jeg skiller derfor pris til fisker mellom såkalt sjølprodusert vare og leveranser til landanlegg. Det foregår ingen prisdiskriminering mellom ulike fartøytyper ved konsumloddefiske. Tabell 5.4 viser oversikt over prisene til fisker på lodde til de ulike konsumanvendelser for årene 1979 - 83.

Konsumprisene på lodde er ens over hele sesongen for lik kvalitet. Noe markedsbestemt prissvingning innenfor den korte sesongen er ikke å snakke om. Markedet er i all hovedsak eksport til Japan. Det gis ikke pristilskudd til konsumlodde. For rognmoden lodde og lodderogn er sesongen svært kort. Sesongene

<b>Tabell 5.4: Pris til fisker for lodde til konsumanvendelse.</b>						
Tallene er hentet fra Feitsildfiskernes Salgslag, Harstad.						
Anvendelse	Ar	1979	1980	1981	1982	1983
<b>Vinter</b>						
<b>Sjølprodusert</b>						
Dyrefor	Kvantum hl	-	-	950	98	-
	Pris kr/hl			94.00	126.90	
Fiskefor	Kvantum hl	-	-	30119	45768	70180
	Pris kr/hl			122.20	126.80	120.00
Rognlodde	Kvantum hl	14544	-	31093	44696	98232
	Pris kr/hl	473.50		454.50	625.80	613.90
Rogn	Kvantum hl	2237	1380	3451	12846	26529
	Pris kr/hl	1009.30	684.90	803.20	970.60	1305.90
<b>Landleveranse</b>						
Dyrefor	Kvantum hl	-	-	12537	18073	948
	Pris kr/hl			59.20	65.20	65.00
Fiskefor	Kvantum hl	73399	83282	34552	31174	15029
	Pris kr/hl	62.10	63.40	60.50	67.40	72.10
Rognlodde	Kvantum hl	241037	292812	271241	294525	214622
	Pris kr/hl	63.20	100.60	73.50	92.70	125.80
Rognpressing	Kvantum hl	-	-	130575	258955	387223
	Pris kr/hl			50.80	50.50	81.00
Agn	Kvantum hl	-	885	-	-	-
	Pris kr/hl		50.85			
<b>Sommer</b>						
<b>Sjølprodusert</b>						
Dyrefor	Kvantum hl	-	-	134	-	-
	Pris kr/hl			126.90		
Fiskefor	Kvantum hl	27648	19971	38679	105982	93825
	Pris kr/hl	90.80	111.80	126.90	131.40	125.40
Ensilasje	Kvantum hl	-	-	-	-	1390
	Pris kr/hl					120.00
<b>Landprodusert</b>						
Dyrefor	Kvantum hl	-	-	2232	1039	-
	Pris kr/hl			75.00	80.00	
Fiskefor	Kvantum hl	-	4222	845	5314	-
	Pris kr/hl		64.50	75.00	78.70	

varer for begge anvendelser omlag 4-5 uker, og overlapper hverandre mye. Som regel starter sesongen for lodderogn omlag 2 uker senere enn sesongen for rognmoden lodde. Sesongstart varierer noe fra år til år, men er ca 1. mars for rognmoden lodde og ca 15. mars for rognproduksjon.

Sjølprodusert lodde leveres fra fisker som ferdigprodusert rogn og ferdigsortert rognlodde. Landleveranser for produksjon av disse produktene er hel samfengt lodde. Det betyr at utsortert og kappet lodde blir biprodukt. Verdien av disse er inkludert i pris til fisker ved landleveranser til konsumproduksjon. Ved sjølproduksjon er pris til fisker betaling for den rene konsumvare. Utsortert og kappet lodde blir da levert direkte til sildemel og -olje til gjeldende pris for slikt råstoff.

Dyrefor og fiskefor har sesong hele sommerloddefisket og en stor del av vinterloddefisket. Prisen til denne anvendelse er ens for begge sesongene. Kvaliteten på lodde til for vil variere noe med fettinnholdet. Det foregår likevel ingen prisvariasjon over sesongen. Om vinteren faller fettinnholdet i lodda sterkt (se Figur 3.5). Markedet faller derfor vanligvis bort når lodda blir for mager til våtfor og dette skjer ca medio februar.

Priser og solgt kvantum konsumlodde til forskjellige anvendelser er vist i Tabell 5.4.

### 5.3. INNTEKTSBEREGNINGER FOR LODDEFISKE.

Prisene lagt til grunn for inntektsberegningene vil bli hentet fra Tabell 5.3 for lodde til oppmaling og fra Tabell 5.4 for konsumlodde. Som nevnt i innledningkapittelet vil de økonomiske beregningene bli foretatt i 1983-kr. I kostnadskapittlet (kapittel 6) vil kostnadene bli beregnet ut fra indeksregulerte nominelle satser for endel år. I dette kapittelet vil jeg imidlertid velge en annen framgangsmåte; jeg vil velge 1983 priser med de korigeringene som er gjennomført tidligere i dette kapittelet. Grunnen er den store markedsbetingede variasjonen i prisene. Siden det ikke finnes noen trend i prisutviklingen finner jeg dette riktig. En implikasjon av denne beslutningen er at prisene på lodde til oppmaling blir systematisk overvurderte siden 1983

blir regnet som et godt år.

### 5.3.1. KONSUMINNTEKTER.

Råstoff fra loddeflåta anvendes som før nevnt til konsum og oppmaling. I simuleringene vil leveranser ut over det konsummarkedet tåler gå til oppmaling. Jeg vil legge 1983-leveransene til grunn, og bruke mengdene solgt og gjennomsnittsprisene oppnådd sommer og vinter dette året for beregning av inntektene fra konsumfiske. Mengder og gjennomsnittspriser for inntekter fra konsumproduksjonen er presentert i Tabell 5.5. Leveransene fordeles slik i tid at vinterleveransene foregår i mars, mens sommerleveransene foregår i fra medio august og ut oktober. Leveransene per tidsenhet er like store i alle periodene der slike leverser foregår. Inntektene fra konsum KR beskrives slik:

$$KR = \sum_j KP_j KF, \quad (129)$$

der  $KP_j$  er den sesongavhengige og konsumprisen  $KF$  er konsumfangstene.  $j$  angir sesong.

Tabell 5.5: Leverte mengder i hl og gjennomsnittspriser (aritmestriske) i kr per hl for lodde til konsum for 1983 basert på tallene i Tabell 5.4. All lodde som ikke går til oppmaling regnes som konsumlodde.

	Vinter	Sommer
Leverte mengder	900000	100000
Gjennomsnittspriser	200.19	125.32

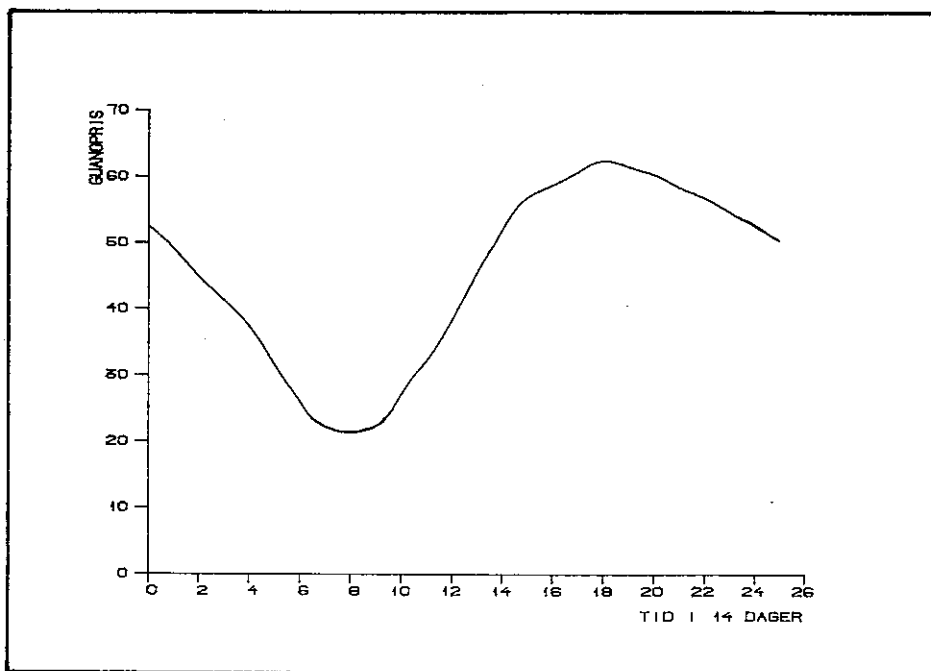
### 5.3.2. INNTEKTER FRA LEVERANSER TIL OPPMALING.

Fangster ut over konsumleveransene går som tidligere nevnt til oppmaling. Dette utgjør den vesentliste delen av fangstkvantumet. I avsnitt 4.4.3., der mottakskapasiteten er diskutert, forutsetter jeg at mottakskapasiteten skal settes lik produksjonskapasiteten. Dette sammen med beskrivelsen av fartøyenes fangstsyklus i underkapittel 6.7., fører til at jeg forutsetter at kun loddemel av beste kvalitet produseres. I tillegg til basisprisen vist i Tabell 5.3 for 1983 vil en også måtte regne tillegg for NorSeaMink kvaliteten på kr 4.17 per hl. Dette fører til at basisprisen for lodde til oppmaling for vinterhalvåret

blir kr 46.20 per hl og basisprisen for sommerhalvåret blir på kr 55.09. Prisen på lodde til oppmaling GP vil på ethvert tidspunkt bli korigert i henhold til priskalkyleskjemaet (Tabell 5.1) ut i fra fett og tørstoffinnhold etter følgende formel:

$$GP = BP_j + (BF_j - f)FS + (BT_j - tt)TS, \quad (130)$$

der GP er pris per hl,  $BP_j$  er basisprisen,  $BF_j$  er basis fettinnhold,  $f$  er målt fettinnhold i fangsten, FS er fettregulerings-satsen,  $BT_j$  er basis tørstoff,  $tt$  er målt tørstoffinnhold i fangsten og TS er tørstoffreguleringssats. BP, BF, FS, BT, og TS var de samme satsene for 1983 som for 1984 og de gis følgelig i Tabell 5.1. GP vil altså få sesongmessige svingninger. Med små tillemper vil GP kunne beskrives av betingelsene satt i 87 i underkapittel 2.7.. Utviklingen av GP gjennom året er vist i Figur 5.2. En ser at grafen i Figur 2.14, som beskriver den sesongavhengige prisvariasjonen i teorikapittelet, er "glattere" i sitt forløp enn grafen i Figur 5.2. Dette kommer av effekten variasjon i tørstoff har på GP.



Figur 5.2: Utviklingen av pris på lodde til oppmaling over året. Prisberegningene er gjort ut i fra ligning 130 og er basert på basisprisene i avsnitt 5.3.2.. priskalkyleskjemaet (Figur 5.1) og utviklingen i fett og tørstoff over året (Figurene 3.5 og 3.7).

Inntektene til fra fangstene levert til oppmaling (OR) vil i henhold til det overstående måtte beskrives slik:



$$OR = GP(TF-KF), \quad (131)$$

der **TF** er totalfangst og **KF** er fangst levert til konsum.

### 5.3.3. SAMLEDE FANGSTINNTEKTER.

De samlede inntektene fra loddefiske for en periode **TR** blir altså summen av ligningene 129 og 131:

$$TR = OR+KR \quad (132)$$

## 6. SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I RINGNOTFISKE.

Først behandles og presenteres de samfunnsøkonomiske kostnadene i ringnotflåta generelt, siden vil jeg diskutere og presentere kostnadene for loddeflåta. **Kostnadene vil bli beregnet i 1983 kr.** Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m l.l og over for årene 1978-1981 (Anon., 1978, 1979, 1980a, 1981a) er hovedgrunlaget for dette notatet (heretter kalt Lønnsomhetsundersøkelsene). Dessuten er annen aktuell litteratur lagt til grunn for supplerende opplysninger og avvik fra Lønnsomhetsundersøkelsene sine beregninger.

### 6.1. KAPITALKOSTNADER.

Som kapitalkostnader regner jeg all kostnad forbundet med investering i og vedlikehold av fartøy og redskap (realkapital). De samfunnsøkonomiske kostnadene ved å benytte kapital vil jeg klassifisere på følgende måte:

- i) **Kapitalslit**, dvs forringelse av realkapitalen.
- ii) **Samfunnets alternativkost på kapital.** Her kan en enten benytte finansdepartementetskrav anbefalte krav til avkastning, eller en kan benytte Lønnsomhetsundersøkelsene's tall for kalkulatoriske renter på egenkapitalen og betalte gjeldsrenter, som alternativkosten ved å benytte kapitalen i ringnotfiske.
- iii) **Forsikringer** velger jeg å betrakte som samfunnets kostnad ved å sikre seg mot tap av realkapitalen.

ad i) **Vedlikeholdkostnadene** er relativt uproblematisk å benytte. Disse er beregnet som gjennomsnitt over tre år,- året selv og de to foregående til det aktuelle årets priser. **Avskrivninger** er beregnet ut fra driftsmiddelets gjennanskaffelseskost for de respektive årene. Avskrivningssatsen er gitt i Lønnsomhetsundersøkelsene og er satt relativt lavt (5.3-6.4%). Dette betyr en avskrivningstid på fra 16 til 19 år. Når en tar i betraktning at fiskefartøyene stadig ombygges og at redskap, maskiner og elektronikk skiftes adskillig oftere enn hvert 16 eller 19 år, så synes jeg denne avskrivningstida er vel lang.

Jeg vurderer det slik at kapitalslitet som det framkommer i Lønnsomhetsundersøkelsene er underestimert. Dette begrunner jeg

på følgende måte: I år med lave inntekter foretar ringnotrederne et minimum av vedlikehold. De aktuelle årene er lavinntektsår. Dessuten er, som tidligere nevnt, avskrivningsprosenten lav. Til sammenligning gir dagens saldoavskrivning anledning til regnskapsmessig avskrivning på 30% av inngående balanse. Den tidligere metoden, lineær avskrivning, ligger nærmere opp til kapitalslitets reelle forløp. Vassdal (1977) gir en rekke avskrivningsprosenten etter denne metoden. Laveste avskrivningsprosent hadde fartøyer (5-8%). Maskineri, instrumenter og redskaper hadde langt høyere avskrivningsprosenten (10-25%). Jeg vil derfor presentere et alternativ med 10% avskrivning av anskaffelseskost for hele anleggskapitalen. Denne avskrivningssatsen ligger etter min mening nærmere det reelle kapitalslitet enn Lønnsomhetsundersøkelser sine satser.

ad ii) Betalte lånerenter er i Lønnsomhetsundersøkelsene gitt som et aritmetrisk gjennomsnitt for årets kostnader på fremmedkapital innen fartøygruppene. Fremmedkapital tilflyter ringnotnæringa både fra det frie kapitalmarkedet og fra statens fiskarbank. Lånerenten på det frie kapitalmarkedet er trolig samfunnsøkonomisk riktigere enn rentene på lånene fra Statens Fiskarbank. Jeg anntar derfor, ut fra det overstående, at rentene på fremmedkapital vurderes for lavt.

Ved kalkulering av egenkapitalrentabiliteten i Lønnsomhetsundersøkelsene er den effektive renten på 5% statsobligasjoner 1961 serie II benyttet. Kartevoll m.fl. (1980) argumenterer for en reell avkastning på 7% som kapitalens samfunnsøkonomiske alternativkost. Etter min vurdering undervurderes både fremmedkapital og egenkapitalkostnadene i Lønnsomhetsundersøkelsene.

Kapitalkostnadene, som beskrevet ovenfor, er vist i Appendiks III. Ut fra Appendiks III presenteres to alternativer for faste kostnader. I Tabell 6.1 viser jeg et lavt alternativ, dvs Lønnsomhetsundersøkelsenes tall uforandret. I Tabell 6.2 viser jeg et høyere alternativ basert på overstående innvendinger til Lønnsomhetsundersøkelsenes størrelser. Til kapitalkostnadene i ringnotflåta regner jeg følgende poster i Lønnsomhetsundersøkelsene: diverse assuranser, diverse uspesifiserte kostnader, assurance på redskap, vedlikehold på redskap, assurance på far-

tøy, vedlikehold på fartøy, avskrivning på fartøy (beregnet), betalte gjeldsrenter og kalkulatoriske renter på egenkapital.

Tabell 6.1: Kapitalkostnader i ringnotflåta for årene 1978-1981. Data hentet fra Lønnsomhetsundersøkelsene for de samme årene. Tallene presenterer summen av følgende poster fra Appendiks III: reoperasjoner, avskrivninger betalte gjeldsrenter, kalkulatoriske renter på egenkapital, assuranse og diverse uspesifiserte kostnader.				
Ar	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
1978	1665626.5	2502937.6	3236528.1	3830836.2
1979	1550540.0	2653243.1	3480830.8	3966398.7
1980	1762412.2	2482019.6	3482248.9	3863011.3
1981	1938074.1	2852719.9	3944222.2	4682106.8

Tabell 6.2: Kapitalkostnader i ringnotflåta for årene 1978-1981. Tallene representerer summen av følgende poster i Appendiks III: reoperasjon, 10%-avskrivning, 7%-avkastning, assuranse og diverse kostnader.				
Ar	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
1978	2425188.7	3582360.7	4343211.3	5171442.0
1979	2473503.9	3699269.0	4353918.2	5038861.3
1980	2500240.0	3766910.0	4435643.7	4864024.7
1981	2859144.4	3942498.6	4825730.7	5558992.5

### 6.1.1. PRISJUSTERTE KAPITALKOSTNADER.

Tallene i Tabell 6.1 og Tabell 6.2 er beregnet på grunnlag av Appendiks III og er følgelig i nominelle kroner for de respektive årene. Beregningene i denne oppgaven skal være i 1983 kroner. Av den grunn oppjusteres alle beløp til 1983 verdi. For kapitalkostnadene i ringnotflåta har jeg benyttet Statistisk Årboks Produsentprisindeks for produksjon av verkstedprodukter (Anon; 1980b og 1983b). Denne prisindeksen er valgt fordi ringnotflåta både er produsert og vedlikeholdt av verkstedindustrien. Oppjusteringsprosentene for årene 1978-1981 til 1983 nivå er presentert i Tabell 6.3.

**Tabell 6.3:** Oppjusteringsprosent for årene 1978-1981 til 1983 nivå for kostnad på verkstedprodukter. Tallene er beregnet ut fra Statistisk Arboks Produsentprisindeks for verkstedsindustrien (Anon; 1980 og 1981).

Tidsrom	1978-1983	1979-1983	1980-1983	1981-1983
%-oppjustering	42	31	20	12

Tallene i Tabell 6.1 og Tabell 6.2 er prisjustert til 1983 nivå på grunnlag av satsene i Tabell 6.3. Gjennomsnitt og standard avvik for de oppjusterte resultatene er presentert i Tabell 6.4 og Tabell 6.5.

**Tabell 6.4:** Gjennomsnittlige kapitalkostnader og standard avvik for årene 1978-1981 for laveste alternativ (Tabell 6.1) i 1983 kr.

Fartøygr.	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Gjennomsnitt	2170483.7	3300847.4	4437996.5	5128835.7
Sd. avvik	141890.2	264521.3	189240.5	345312.0

**Tabell 6.5:** Gjennomsnittlige kapitalkostnader og standard avvik for årene 1978-1981 for høyeste alternativ (Tabell 6.2) i 1983 kr.

Fartøygr.	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Gjennomsnitt	3221647.0	4717331.3	5649645.9	6501814.3
Sd. avvik	181715.6	307166.3	381981.4	641977.4

## 6.2. DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.

Jeg vil klasifisere følgende kostnader fra Lønnsomhetsundersøkelsene som driftsavhengige kostnader: Is, salt og embalsje, leid arbeidshjelp, telefon, havneavgift etc, og sosiale utgifter. Disse kostnadene presenteres i Appendiks IV som årlig forbruk og som forbruk per driftsdøgn. Dette er kostnader som påløper så lenge fartøyet er i drift. Kostnadene dekker konservering av

fangst, lossing, administrasjon, kaalleie og sosiale utgifter på den faste delen av mannskapets hyre.

### 6.2.1. PRISJUSTERTE DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.

I likhet med kapitalkostnadene er jeg interessert i å justere de driftsavhengige kostnadene til 1983 nivå. Til dette formålet har jeg funnet det riktig å benytte Konsumprisindeksen fra Statistisk Årbok (Anon, 1980b og 1983b). Justeringssatsene er beregnet og listet i Tabell 6.6.

Tabell 6.6: Oppjusteringsprosent for de driftsavhengige kostnadene for årene 1978-1981 til 1983 kr. Oppjusteringssatsene er beregnet ut fra Statistisk Årbok's konsumprisindeks (Anon;1980 og 1983).				
Tidsrom	1978-1983	1979-1983	1980-1983	1981-1983
%-oppjustering	60	52	37	21

Jeg regner med at det vil være lite aktuellt å benytte de driftsavhengige kostnadene inkludert sosiale kostnader. Derfor prisjusteres driftsavhengige kostnader per døgn eksklusive sosiale kostnader til 1983 nivå og gjennomsnitt og standard avvik for de enkelte gruppene beregnes. Resultatene listes i Tabell 6.7. Grunnen til at sosiale utgifter holdes utenom er at disse senere innberegnes i arbeidskraftkostnadene.

Tabell 6.7: Gjennomsnitt og standard avvik for årene 1978-1981 for de driftsavhengige kostnadene i 1983 kr. De driftsavhengige kostnadene eksklusive sosiale utgifter (Appendiks IV) er prisjustert med satsene i Tabell 6.6.				
Fartøygr.	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Gjennomsnitt	341.1	526.7	732.8	793.7
St. avvik	65.0	49.2	121.7	18.2

### 6.3. DRIVSTOFFKOSTNADER.

Drivstofforbruket er gitt på grunnlag av opplysninger hentet fra

Gullestad (pers.med). Gullestads beregninger er gjort på grunnlag av Digernes (1981) og gjennomsnittstørrelser beregnet for de ulike fartøygrupperingene. Gjennomsnittstørrelsene er beregnet ut fra fiskeridirektoratets ringnoteregister fra høsten 1983.

I følge Digernes (1981) vil drivstofforbruket være en funksjon av fartøyets skrogform, vannlinjelengde og fart. Oppad begrenses drivstofforbruket av instalert maskinytelse. Gullestad (upubl.) har beregnet fartøygruppens gjennomsnittlige vannlinjelengde ( $L_{w1}$ ), gjennomsnittlige lengde over alt ( $L_{0a}$ ) gjennomsnittlige instalerte hovedmaskinytelse og gjennomsnittlig instalert hjelpe-maskinytelse.

Drivstofforbruket fra hjelpemaskineriet, også kalt sekunderkraftbehovet, har Gullestad anslått til 120 HK under føring for en båt med konsesjonsvolum 3000 hl. Behovet er jamt stigende til 360 HK for en båt med konsesjonsvolum 15000 hl. På retur til feltet er er sekunderkraftbehovet 0.6 av behovet under føring. Dette gir et snitt på 0.8 tur-retur. Sekundærkraftbehovet er beregnet og oppført i Tabell 5. Drivstofforbruket per time beregnes etter følgende formel (Digernes, 1981):

$$F = cHK/s, \quad (133)$$

der  $F$  = drivstofforbruk i liter/time,  $c$  = spesifikt drifstofforbruk i kg/HK/time og  $s$  = spesifikk vekt for drivstoff.  $0.8F$  er gitt i Tabell 6.8. For å finne sekundærkraftforbruker per nautisk mil divideres  $0.8F$  med farta i knop. Under levering og venting har fartøyene også behov for kraft. Dette kraftbehovet settes til  $0.6F$ .

Under lete og fangstfasen benytter ikke fartøyene hele den instalerte ytelsen. Gullestad opererer med 40% av instalert ytelse. I tillegg kommer sekunderkraftbehovet. Dette gir et drivstofforbruk per time eksklusive sekundærforbruket som presentert i Tabell 6.8.

Ut fra tallene i Tabell 6.8 har Gullestad beregnet fartøygruppens drivstofforbruk per nautisk mil som funksjon av farten på grunnlag av Digernes (1981). Drivstofforbruk for gjennomsnitts fartøyene i de respektive fartøygruppene er beregnet og presentert i Appendiks V.

Tabell 6.8: Gjennomsnittstørrelser for de respektive fartøygruppene beregnet på grunnlag av fiskeridirektoratets ringnoteregister fra høsten 1983. Etter Gullestad (pers.mød). Loa og L<sub>w</sub> i fot. Konesjonskapasitet (kons.kap) i hl. Hovedmaskineri (hov.mask) og hjelpemaskineri (hj.mask) i HK. Sekundærforbruk (sek.forb) og forbruk av drivstoff i lete og fangstfasen (L/F.forb) gis i liter per time.

Fartgr	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000-9999	> 10000
Loa	117.1	143.8	160.9	177.4	194.5
L <sub>w</sub>	110.1	135.2	151.2	163.9	182.8
Kons.kap	2835	4751	6949	8702	10948
Hov.mask	686.7	1059.6	1524.9	1874.9	2577.9
Hj.mask	116.7	155.0	199.0	234.0	270.0
Sek.forb	18.9	25.1	32.2	37.9	43.7
L/F.forb	56.7	84.9	119.5	144.5	196.3
Ant.fart	26	45	42	32	23

I tillegg til forbruk av gassolje forbrukes også smørrolje. Smørroljeforbruket er i følge Digernes (1981) på fra 1-2% av drivstofforbruket. Smørrolje er ca. 3 ganger dyrere enn gassolje. Dette innebærer en oppjustering av kostnadene til gassolje på 3-6% for å dekke hele drivstoffkostnaden. Oljen kostet 2.11 per liter i 1983 (Kjerstad; 1983). Med en oppjustering på 5% som følge av smørroljekostnadene gir dette en samlede smørrolje og drivstoffkostnader på kr 2.22 per liter.

#### 6.4. PRODUKTAVGIFT.

Produktavgiften går til å dekke fiskernes del av folketrygden. Denne regnes som en samfunnsøkonomisk kostnad. Produktavgiften har i de seneste årene vært på 3.1% av brutto fangstverdi.

I underkapittel 6.5. drøfter jeg om indirekte arbeidskraftkostnader skal trekkes inn i arbeidskraftas alternativkostnad. Der som arbeidekraftas alternativkostnad regnes eksklusive indirekte kostnader er det naturlig å ta med produktavgiften i det samlede målet på kostnadene, ellers ikke.



## 6.5. ARBEIDSKRAFTKOSTNADENE.

I henhold til økonomisk teori vurderes arbeidskraften til alternativkost. I det følgende vil jeg både diskutere arbeidskraftas alternativkostnad på kort og lang sikt. På kort sikt kan en da velge en rekke alternativer. I det følgende vil jeg liste opp og diskutere noen muligheter.

i) Det finnes ikke alternativ anvendelse for arbeidskrafta som bemanner ringnotflåta. Arbeidskraftas alternativkost settes derfor lik 0. I dag er det relativt stor arbeidsledighet. En del av denne arbeidsledigheten er av strukturell karakter. Med dette mener jeg at mens det er etterspørsel etter arbeidskraft med spesielle kvalifikasjoner, så går andre ledige. Det kan ikke forventes at arbeidskrafta som bemanner ringnotflåta har de etterspurte kvalifikasjonene.

ii) Hele eller deler av mannskapet kan benyttes i alternativ produksjon. Den aktuelle anvendelsen av arbeidskrafta vil antakeligvis være innen lavproduktiv produksjon. Utdanningsnivået er lavt, og denne arbeidskrafta har helst alternativ anvendelse innen bygg og anlegg, mekanisk småindustri eller kystfart/utenriksfart. Dette innebærer at alternativkostnaden er lav.

iii) Hele mannskapet kan benyttes i høyproduktiv alternativ anvendelse. Alternativkostnaden vil følgelig bli høy. Dette vil, med henvisning til krav til kvalifikasjoner i i) og utdanningsnivå i ii), være en helt urealistisk forutsetning.

I følge Hersoug (pers.med) er det regionale forskjeller i arbeidsmarkedet mhp arbeidskrafta som bemanner ringnotflåta. Enkelte steder driver man enten ringnotfiske eller er arbeidsledig, mens i andre miljøer "rulerer" arbeidskrafta mellom følgende alternativer: perioder med arbeidsledighet, kystfart/utenriksfart, bygg og anlegg, mindre mekanisk industri og ringnotfiske.

Når en skal vurdere arbeidskraftas alternativkost på kort sikt ville en i henhold til Hersoug's beskrivelse av arbeidskrafta komme til den konklusjonen at i perioder med full sysselsetting vil en havne mellom i) og ii). I dagens situasjon, med relativt stor arbeidsledighet i de aktuelle yrkeskombinasjonene, vil den marginale arbeidskraftas alternativkostnad være lik 0.

Når arbeidskraftas langsiktige alternativkost skal vurderes må en legge en annen argumentasjon til grunn. En må da vurdere hvilke yrker det er mulig å utdanne arbeidskrafta, som ellers ville ha vært sysselsatt i ringnotflåta, inn i. Jeg antar at denne arbeidskrafta kan anvendes i "gjennomsnittsindustrien" og således vil motta gjennomsnitts-industriarbeiderlønn. I samfunnsøkonomiske analyser er det vanlig å regne arbeidskraftas alternativkost lik den oppnådde lønna. Samfunnsøkonomisk alternativkost på arbeidskrafta i ringnotflåta kan således regnes til gjennomsnittlig industriarbeiderlønn på lang sikt.

Overnevnte framgangsmåte er benyttet av Kristmannson (1980) i hans fiskerikandidatoppgave. Flåm og Storøy (1980a) beregner alternativkostnaden for arbeidskrafta i ringnotflåta på en litt annen måte. Som utgangspunkt benytter de fylkesvis gjennomsnittslønn og sosiale utgifter belastet bruk av arbeidskraft. Siden vekter de hvert fylke med relativ andel i ringnotflåta og finner gjennomsnittlig alternativ kostnad på arbeidskrafta i ringnotfiske.

I følge overstående kan jeg enten velge gjennomsnittelig industriarbeiderlønn eller gjennomsnittelig industriarbeiderlønn + indirekte personalkostnader (sosiale utgifter). Det siste alternativet gir det mest realistiske bildet av kostnadene ved å benytte arbeidskraft. Grunnen er at etter dette alternativet kommer de samlede kostnadene ved å benytte arbeidskraft fram.

I 1983 var gjennomsnittelig industriarbeiderlønn kr **111000** (Per Brandstein; pers.med) med et årsverk på 2080 timer. Dette gir en gjennomsnittlig timelønn på kr 52.88. Inkludert indirekte personalkostnader på 48% av lønna (NOU; 1983:23) er den årlige kostnaden per arbeidstaker i industrien kr **162800**. Med indirekte personalkostnader menes arbeidsgiversvgiftene til trygdene og andre sosiale utgifter. Dette gir en timekostnad på kr 78.27.

I ringnotnæringa opererer en med lengre arbeidstid enn i industrien forøvrig. Arbeidstida lå mellom 11.9 og 14 timer per døgn for alle fartøyklassene i årene 1979-1981. Dessuten arbeides det 7 dagers uke. I en samfunnsøkonomisk analyse kan en gi økonomisk kompensasjon for det velferdstapet som denne lange

arbeidstida representerer. I denne oppgaven vil alternativkostnad på arbeidskrafta settes lik den oppnåbare lønna i alternativ produksjon for et normalt ukeverk. Det sees følgelig bort i fra den samfunnsøkonomiske effekeen av tapt fritid for ringnotfiskerne. Med en arbeidsuke på 7 dager i snurpefiske mot 5 dager på land, og lønn inkludert indirekte personalkostnadensom nevnt ovenfor, vil arbeidskraftas alternativkostnad settes til kr. 447 per dag.

Den samlede arbeidskraftkostnaden for et fartøy er et produkt av antall mann ombord og kostnaden per mann. I Lønnsomhetsundersøkelsene gis antall årsverk ombord i ringnotflåten. Bemanninga varierer lite eller ikke i det hele tatt over året. Manskapsstørrelsen regnes således konstant uansett ringnotfiskeri. Larsen (1981) har beregnet sammenhengen mellom fartøystørrelse og bemanning for vinterloddessesongen 1977. Ved å benytte lineær regresjon kom han fram til følgende sammenheng mellom bemanning (v) og kosesjonskapasitet (L):

$$v = z_1(7.455+8.52L10^{-4})+z_2(10.533+2.506L10^{-4}) \quad (134)$$

$$\text{der } z_1 = \begin{cases} 1 \text{ for } 0 \bar{z} L \bar{z} 3999 \\ 0 \text{ ellers} \end{cases} \quad \text{og } z_2 = \begin{cases} 1 \text{ for } L > 4000 \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$$

Det har skjedd endel teknologiske forandringer siden 1977. Man har instalert notlegger på endel fartøy for å rasjonalisere bort manskap. På den andre siden så har en rekke fartøyer montert fryseri og produksjonsutstyr som krever flere menn. Jeg regner derfor med at ligning 134 kan benyttes uten store feil.

Ved å sette inn tall for gjennomsnittsfartøyene (Tabell 6.8) i de respektive fartøygruppene i ligning 134 får en manskapstallene som presentert i Tabell 6.9.

Tabell 6.9: Gjennomsnitlig bemanning ombord på gjennomsnitts fartøyet i de respektive fartøygruppene beregnet ut fra Larsen (1981) (ligning 134) for gjennomsnitts kosesjonskapasitet gitt i Tabell 6.8.					
Fartgr	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000-9999	> 10000
Antall	9.87	11.72	12.27	12.71	13.28

## 6.6. SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I LODDEFISKERIENE.

### 6.6.1. KAPITALKOSTNADER I LODDEFISKE.

Ved en rekke økonomiske beregninger, som er foretatt for ringnotflåta har en holdt kapitalkostnadene utenfor beregningene. Jeg tenker her spesielt på beregninger foretatt ved Chr. Michelsens Institutt (CMI) for industrifisket generelt og loddefiske spesielt (Flåm, 1980. Flåm og Storøy, 1980a. Flåm og Storøy, 1980b. Flåm, 1981a. Flåm, 1981b. Flåm, 1981c. Flåm m.fl., 1984). Det som kjennetegner disse rapportene er at de er kortsiktige analyser. Det finnes imidlertid også CMI rapporter der der er foretatt langsiktige analyser av ringnotflåtas økonomiske tilpassing (Flåm og Olsen, 1980). I de langsiktige analysene er kapitalkostnadene innkalkulert. På kort sikt ligger realkapitalen bundet i ringnotflåta fast. Derfor kan en kortsiktig tilpassning skje uten at de faste kostnadene trekkes inn. På lang sikt, derimot, er det mulig å foreta endringer av realkapitalen. I en langsiktig økonomisk analyse av ringnotflåta må derfor kapitalkostnadene være med.

Over har jeg fastslått at kapitalkostnadene må med i en langsiktig analyse av ringnotfiskeriene. Hvordan kapitalkostnadene skal komme inn i beregningene, og for hvilke ringnotfiskerier de skal være med har jeg imidlertid ikke tatt stilling til ovenfor. I det følgende vil jeg argumentere for min bruk av kapitalkostnader i langsiktig simulering av økonomien i loddefiske.

Ringnotflåta deltar i en rekke fiskerier. Her kan nevnes: sommerloddefiske, vinterloddefiske, loddefiske ved Jan Mayen, makrellfiske, fiske etter nordsjøsild, fiske etter havbrisling, kolmulefiske og industritrålfiske i Nordsjøen. Dessuten deltar deler av ringnotflåta også i typiske konsumfiskerier som rekestrål og sei fiske. Dette innebærer at snurpeflåta teoretisk sett har mulighet til å fiske hele året. Den reelle tidsbruken er imidlertid avhengig av en rekke andre faktorer enn bare mulig sesongdeltagelse. Herunder kan nevnes: Samlet industrifiske kvote, forventning til utbytte fra andre fiskerier og reguleringstiltak. Ringnotfiskeriene kjennetegnes av sterk kvote og deltagerregulering.

Jeg kan i utgangspunktet tenke meg følgende måte å fordele kapitalkostnadene på:

- i) Det fiskeriet som krever størst kapasitet belastes de faste kostnadene. Denne måten å fordele de faste kostnadene på vil føre til at loddefiske, eller nærmere bestemt sommerloddefisket, vil bli belastet hele kapitalkostnaden.
- ii) Den årlige kapitalkostnaden fordeles likt over hele driftsåret. Dette innebærer at ethvert fiskeri, uansett størrelse, vil belastes kapitalkostnader proporsjonalt med driftstiden.
- iii) En bestemmer fordelingen av de faste kostnadene mellom de forskjellige snurpefiskeriene ut i fra historisk deltakelse i de forrannevnte fiskeriene. Dette innebærer at uansett hvilken betydning et fiskeri vil få i framtida så ligger kapitalkostnadene fast, bestemt av et historisk fiskemønster.

Tabell 6.10 viser den registrerte tidsbruken på loddefiske fra Lønnsomhetsundersøkelsene. Tallene er for årene 1978, 1980 og 1982. Dersom en skulle ha lagt fordelingen gitt i iii) til grunn ville dette være andelen av kapitalkostnadene som skulle belastes loddefiske. En ser også at for de tre største fartøygruppene så utgjør loddefiske over 50% av driftstida, mens den for den minste gruppas tilfelle utgjør like under 50%. Dersom loddeseongene slås sammen vil, etter alternativ i), hele kapitalkostnaden belastes loddefiske.

Tabell 6.10: Prosent av total driftstid benyttet på loddefiske for de respektive fartøygruppene. Tallene er hentet fra Lønnsomhetsunders for de respektive årene. Tallene for 1982 er fra Erstad (pers.med). Gjennomsnitt (snitt) og standard avvik (st. av.) for de respektive gruppene for er også beregnet.				
Årstall	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
1978	47	56	59	74
1980	42	52	49	53
1982	50	58	57	62
Snitt	46.3	55.3	55.0	60
St. av.	4.0	3.1	5.3	12.8

Som tidligere nevnt vil tidsbruk på loddefiske være avhengig av en rekke faktorer. Det som i nær framtid vil kunne forandre den relative andelen av total driftstid benyttet på loddefiske er et

betydelig sildefiske. Dette fisket har tradisjonelt foregått på seinhøsten og forvinteren. Oppnår dette fisket samme viktighet som det hadde tidligere, vil den relative andelen av tid brukt på loddefiske gå ned. Det vil imidlertid være umulig å gi et eksakt estimat for hvor mye sildefisket vil redusere loddefiskets andel av den totale driftstida.

Hverken alternativ i) og alternativ iii) vil etter min mening ikke være gode løsninger. Alternativ i) krever at en til en hver tid i simuleringsperioden holder rede på om loddefiske eller et annet fiskeri krever den største flåtekapasiteten. Dette kunne selvfølgelig la seg gjøre, men da er en inne i en flerarts-flerflåtes analyse og det er et problem i største laget for en fiskerikandidatoppgave. Alternativ iii) fastlåser kapitalkostnadene etter en historisk struktur, og vil ikke reflektere loddefiskets viktighet for flåta på ethvert tidspunkt i simuleringsperioden. Tilbake står altså alternativ ii).

Alternativ ii) er etter min mening den beste løsningen. Kapitalkostnadene vil altså bli fordelt likt over hele ringnotflåtas driftstid. Et kort loddefiske vil på denne måten gi små kapitalkostnader, og et langt store. Flåtas driftstid er gitt i Lønnsomhetsundersøkelsene og den er på mellom 190 og 220 døgn per år for alle fartøygruppene for årene 1978-1981. Når en tar i betraktning at den strenge adgangsreguleringen og flåtas overkapasitet har redusert den gjennomsnittelige driftstida, og at sildefiske igjen vil bli oppstartet og bidra til en ytterligere økning av mulig driftstid, så vil jeg sette et driftsår til 300 døgn. Den resterende delen av året regnes brukt til vedlikehold og annet nødvendig opphold mellom sesongene. Tabell 6.11 viser kapitalkostnader per driftsdøgn for det lave og det høye alternativet fra hhv Tabell 6.4 og Tabell 6.5..

I underkapittel 6.1. ble det argumentert for at Lønnsomhetsundersøkelsenes kapitalkostnader var undervurderte. Jeg vil derfor benytte det høyeste alternativet i simuleringene (fra Tabell 6.5).

I henhold til overstående kan kapitalkostnadene (KK) per periode for et fartøy uttrykkes slik:

$$KK = t_p k k,$$

(135)

der  $t_p$  er periodelengden i antall døgn og  $kk$  er kapitalkostnaden per driftsdøgn som uttrykt i Tabell 6.11.

Tabell 6.11: Kapitalkostnadene i 1983-kr per driftsdøgn for fartøygruppene, når året er delt i 300 driftsdøgn, for det laveste alternativet (lav.alt) og det høyeste alternativet (høy.alt). Tabell 6.4 ligger til grunn for det lavesta alternativet og Tabell 6.5 ligger til grunn for det høyeste alternativet.				
Fartøygr	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Lav.alt	7235	11003	14793	17069
høy.alt	10739	15724	18832	21673

I kapittel 2 omhandler underkapittel 2.9. aktuelle kostnadsfunksjoner. Ligning 101 beskriver kapitalkostnadenes andel av totalkostnadene. Denne ligninga forutsetter at kapitalkostnadene er faste, dvs uavhengige av driftstida. Når jeg fordeler kapitalkostnadene som i dette kapitlet, vil kapitalkostnadene bli en driftsavhengig kostnad. Dette medfører at kapitalkostnadene kan beskrives av ligningene 21 og 100. I sin tur fører dette til en enklere optimaliseringsprosedyre for loddefiske en den beskrevet i ligningene 107 og 108. Optimal tilpassning med fast kostnad vil, i henhold til underkapittel 2.9., være når det marginale dekningsbidraget er lik den faste kostnaden, mot nå når de marginale inntektene er lik de marginale kostnadene.

#### 6.6.2. DRIFTSAVHENGIGE KOSTNADER.

De driftsavhengige kostnadene i loddefiske vil ikke skille seg ut fra de driftsavhengige kostnadene i andre ringnotfiskerier. Følgelig vil jeg benytte tallene fra Tabell 6.7 uendret. Driftsavhengige kostnader gis i kr per driftsdøgn og beregnes for hele simuleringsperioden.

De driftsavhengige kostnadene (DK) for en periode uttrykkes slik:

$$DK = t_p dk,$$

(136)

der  $t_p$  er periodelengden og  $dk$  gir de driftsavhengige kostnadene per døgn.

### 6.6.3. DRIVSTOFFKOSTNADER.

Divstoffkostnadene er, som nevnt i underkapittel 6.3. avhengig av fartøyets skrogform, vanlinjelengde og fart. I simuleringene vil jeg velge et fartsalternativ for hver av båtgruppene, slik at drivstofforbruket eksklusive sekunderforbruket vil bli en fast mengde per nautisk mil. Drivstofforbruket for hovedmaskineriet som funksjon av fartøystørrelse og fart er gitt i Appendiks V. Farta er valgt etter råd fra Longva (pers.med) og Kjerstad (pers.med). Jeg har dessuten omregnet sekunderforbruket, som i Tabell 6.8 er gitt i liter per time, til liter per nautisk mil ut fra den valgte farta. Drivstofforbruk i lete og fangstfasen og ved levering er beregnet i liter per døgn. Forbruket i lete og fangstfasen er summen av forbruk fra hovedmaskineriet og sekunderforbruk og forbruket ved levering er sekunderforbruket (se Tabell 6.8). Kostnaden per liter drivstoff er i henhold til utleggingene i underkapittel 6.3 satt til kr 2.22 per liter. Fart, drivstofforbruk per nautisk mil under steaming, drivstofforbruk i lete og fangstfasen og drivstofforbruk ved levering er gitt i Tabell 6.12.

Tabell 6.12: Fart under steaming i nautiske mil per time (Fart), drivstofforbruk per nautisk mil under steaming (steam.forb), drivstofforbruk i lete og fangstfasen (L/F.forb) i liter per døgn og drivstofforbruket ved levering (Lev.forb) i liter per døgn. Drivstofforbruk per nautisk mil under steaming er funnet ved å addere drivstofforbruk ved fart og fartøygruppe fra Appendiks V med sekunderforbruk per nautisk mil beregnet ut i fra Tabell 6.8 og valgt fart. Lete og fangstforbruket er 40% av et døgns drivstofforbruk (beregnet fra Appendiks V) + et døgns sekunderforbruk (Tabell 6.8) og leveringsforbruket er et døgns sekunderforbruk.

Fartøygr	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Fart	10.0	10.5	11.0	12.0
Steam.forb	12.5	15.8	21.2	29.7
L/F.forb	1824	2640	3648	4944
Lev.forb	456	600	768	960

Brenstoffkostnadene (BK) for føringsdistansen i en periode (fd) og for forbruket i fangstfasen (ff) og i leveringsfasen (lf) uttrykkes slik:



$$BK = 2.22F(V)fd+(ff+lf)a, \quad (137)$$

der  $F(V)$  er drivstofforbruket per nautisk mil for en gitt fart  $V$  og  $a$  er antall fangstsykluser (se avsnitt 6.6.5) per periode.

#### 6.6.4. ARBEIDSKRAFTKOSTNADER.

De langsiktige arbeidskraftkostnadene i ringnotfiske er beregnet i underkapittel 6.5. til 447 kr per mann per dag. Dette vil også gjelde loddefiske. De samlede arbeidskraftkostnadene for en periode for et fartøy (AK), brukt i mine simuleringer, kan altså uttrykkes slik:

$$AK = (447am)t_p, \quad (138)$$

der  $am$  gir antall mann ombord.

#### 6.6.5. TIDSBRUK I LODDEFISKET.

Loddefiske har følgende syklus:

- 1) Førings til fabrikk
- 2) Venting (liggetid før og etter lossing)
- 3) Lossing
- 4) Tur tilbake til feltet
- 5) Søking og fangst

Tida en slik syklus tar regnes fra fangst innmeldes til neste fangst innmeldes. Kjerstad har benyttet ett døgn til lete og fangstfasen både på sommerlodde og vinterloddefisket i sine beregninger (Kjerstad; 1983). Tida brukt til venting og lossing (2 og 3) varierer fra noen timer til flere dager. Ett døgn til lossing og venting vil i følge Longva (pers.med) og Kjerstad (pers.med) være et rimelig anslag. I simuleringene vil jeg benytte et døgn til lete og fangstfasen og ett døgn til levering.

Den resterende tida i fangstsyklusen vil benyttes til steaming til og fra feltet (1 og 4). Tida en fangstsyklus tar vil være avhengig av føringsdistansene. Føringsdistansene beregnes som forklart i underkapittel 4.4.2.. Tida i døgn brukt til steaming (ST) vil være avhengig av føringsdistansene (FD) og farta ( $V$ ) og beregnes slik:

$$ST = FD/24V \quad (139)$$

Loddefiske er et fraktintensivt fiske. På grunn av den geografiske plasseringen av foredlingskapasiteten (se avsnitt 4.4.1.) vil føringsdistansen være en funksjon av fangstmengde per tidsenhet. Stor fangstmengde per tidsenhet medfører økning av gjennomsnittlig føringsdistanse. Tidsandelen av den samlede sesongen til steaming, og dermed føringskostnadene, vil stige når fangstmengden per tidsenhet stiger.

#### 6.6.6. SESONGLENGDE.

Sesonglengden vil bestemmes for hver simulering i simuleringsprogrammet (Appendiks VIII). Det vil også bestemmes om det skal være en eller to sesonger i året.

#### 6.6.7. SAMLEDE SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER I LODDEFISKE.

Som vist i avsnittene 6.6.1. til 6.6.4. (ligningene 135 til 138) kan de samfunnsøkonomiske kostnadene i loddefiske for et fartøy per periode deles opp i kapitalkostnader (KK), driftsavhengige kostnader (DK), brennstoffkostnader (BK) og arbeidskraftkostnader (AK). De totale kostnadene (TC) for et fartøy per periode uttrykkes altså slik:

$$TC = KK+DK+BK+AK \quad (140)$$

## 7. MODELLSIMULERING: KOMBINERING AV TEORI OG EMPIRI.

I dette kapittelet vil jeg presentere simuleringsmodellen som er brukt for å få fram resultatene i kapittel 8. (resultatkapittelet). Optimalisering av økonomisk utbytte fra en fiskebestand er et dynamisk optimaliseringsproblem. Det finnes ikke velegnede simuleringspakker for å foreta dynamisk optimering tilgjengelige. Her finnes kun programpakker for statisk optimering, såkalte lineære programmeringspakker (LP). Dette har ført til at det har vært nødvendig å utvikle programmer tilpasset denne oppgavens problemstillinger. Programmering av simuleringsprogrammet for loddefiske har skjedd med programmeringsteknisk hjelp fra forsker Sigfus Kristmannsson ved FTFI - Tromsø. De øvrige programmene er laget av Sigfus, dels etter mine spesifikasjoner og dels ut fra hans kjennskap til slike problemer.

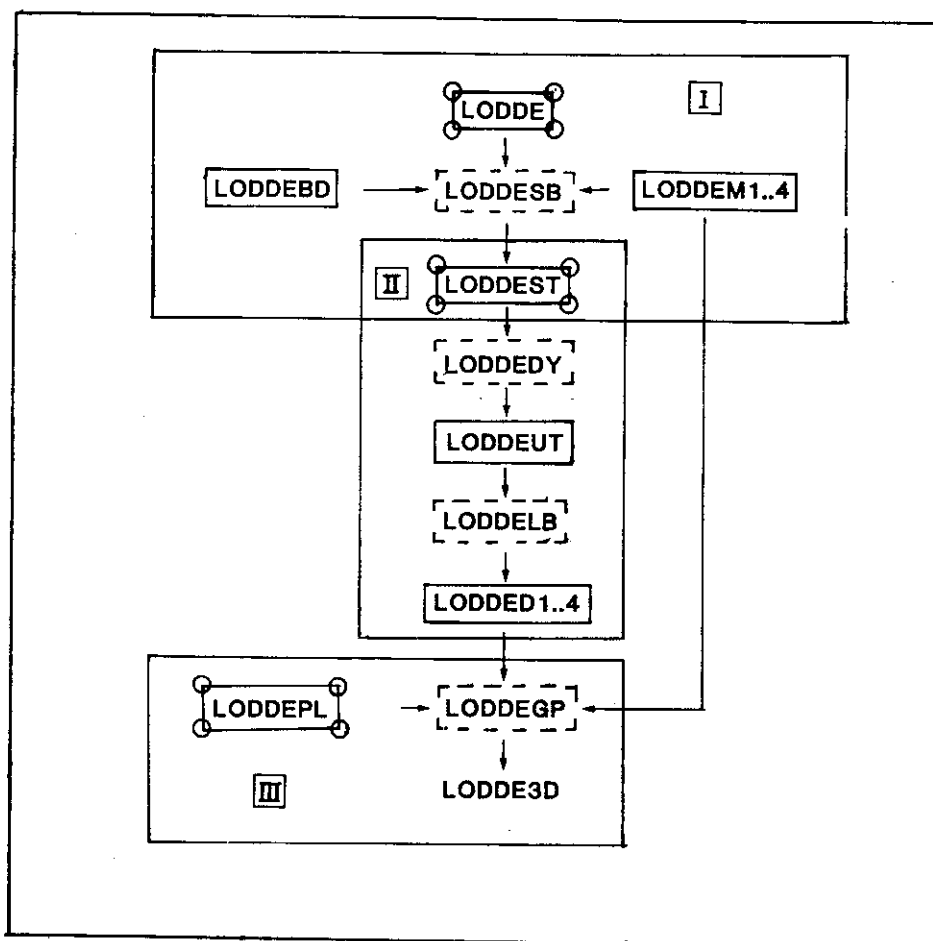
### 7.1. SIMULERINGSOPPLEGGET.

Bioøkonomiske modellsystemer kan enten karakteriseres som stokastiske eller deterministiske. I deterministiske modeller bestemmes simuleringsresultatene direkte av hva som legges inn i modellen. I stokastiske modeller legges data og modellsammenhenger inn med tilfeldig avvik. Dette innebærer at simuleringsresultatene også vil variere tilfeldig rundt en modellsammenheng. I biologiske modeller er det vanlig å gjøre rekrutering og dødelighet stokastiske. I kapittel 5. er det vist at prisene på verdensmarkedet varierer avhengig av eksterne sammenhenger. Denne prisvariasjonen kunne en ha tatt vare på i en stokastisk modell. **Simuleringsmodellen presentert i denne oppgaven er deterministisk.**

#### 7.1.1. SIMULERINGSMODELLEN.

Simuleringsopplegget består av fem programmer, tre komandofiler og fem datafiler. Programmene og datafilenes innbyrdes sammenheng vises i Figur 7.1. Det er tre stadier i en kjøring av simuleringsopplegget. I det første stadiet (I) startes og styres simuleringsmodellen. I det neste (II) foregår selve simuleringene og tilrettelegging av resultatene. Det siste (III) stadiet består av en programpakke for grafisk presentering av simulerings-

resultatene fra stadium II. Ved oppstart av stadium I avsluttes ikke programkjøringene før stadium II er ferdig. Stadium III startes etter at stadium II er ferdig.



Figur 7.1: Flytskjema for simuleringsopplegget. Komandofiler er merket med ringer i hjørnene på rammene, programmer er merket med pukkerte rammer og datafiler er merket med hele rammer rundt navnene. LODDE3D markerer presentasjonen av resultatene. Stadiene i simuleringsopplegget er innrammet og nummerert med romertall. Pilenes retning markerer sekvensen i en kjøring av simuleringsopplegget.

I det følgende vil jeg kort gå inn på de enkelte programmene og datafilene i simuleringsopplegget. Presentasjonen vil skje i samme rekkefølge som vist i Figur 7.1.

I det første stadiet finnes følgende program, ordrefiler og datafiler:

LODDE er en ordrefil og inneholder ordrer til datamskinens opera-

tivsystem. LODDE starter hele programsimuleringa ved å kalle LODDESB. LODDE sørger også for at nyopprettede filer blir tatt vare på.

LODDESB er programmet som styrer simuleringene. Programmet er programert i Simula og er vist i Appendiks VI. Ved hjelp av dette programmet kan en, for en båtgruppe spesifisere hva en ønsker utført, hvor lenge og hvor ofte. En kan dessuten sørge for gjentatte kjøringar for systematisk endring av antall fartøyer. LODDESB leser data inn fra datafilen LODDEBD data om fartøygruppene og legger data om ønskede maksimal og minimalverdier for variable ut på datafilene LODDEM1..4, der 1 refereres til den minste båtgruppa og 4 til den største. Programmets viktigste funksjon er imidlertid at den oppretter en komandofil (LODDEST) med ordrer til Dynamoprogrammet (LODDEDY, se underkapittel 7.2.) og med ordrer til datamaskinens operativsystem.

LODDEBD inneholder opplysninger om fartøygruppene. Disse opplysningene er vist i Tabell 7.2 (se avsnitt 7.2.9.).

LODDEM1 opprettes av LODDESB og inneholder opplysninger om sesonglengde, sesongstart, antall sesonger og for hvilke antall fartøy som programmet ønskes kjørt for (laveste, høyeste, intervall) for fartøy med fra 0 til 3999 hl konsesjonskapasitet. LODDEM1 brukes senere som input i LODDEGP.

LODDEM2, som for LODDEM1, for fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl konsesjonskapasitet.

LODDEM3, som for LODDEM1, for fartøy med konsesjonskapasitet fra 6000 til 7999 hl konsesjonskapasitet.

LODDEM4, som for LODDEM1, for fartøy med konsesjonskapasitet over 8000 hl konsesjonskapasitet.

LODDEST er en komandofil opprettet av LODDESB. Fila inneholder ordrer til datamaskinens operativsystem og **rerun komandoer** for Dynamoprogrammet (LODDEDY). Ordrene til operativsystemet består i oppstarting av LODDEDY og spesifisering av hvor resultatene fra LODDEDY skal lagres. Rerun komandoene opprettes etter spesifika-

sjonene gitt til LODDESB og disse styrer kjøringene av LODDEDY. I Dynamo programmer kan konstanter og ligninger endres i rerun. Dette er det en utnytter for systematiske endringer av gjentatte simuleringer. LODDEST avslutter simuleringsoppleggets første stadium og starter simuleringsoppleggets andre stadium.

Det andre stadiet inneholder følgende programmer og datafiler:

**LODDEDY** er programert i Dynamo og er den egentlige simuleringsmodellen for loddefiske. Alle de andre delene av simuleringsopplegget er bygd rundt dette programmet. LODDEDY styres fra LODDEST og resultatene legges ut på datafila LODDEUT. LODDEDY behandles særskilt i underkapittel 7.2..

**LODDEUT** inneholder resultatene fra de gjentatte kjøringene av LODDEDY.

**LODDELB** redigerer LODDEUT og leser de redigerte resultatene inn på datafilene LODDED1..4. Dette gjøres fordi LODDEUT inneholder endel tekst. LODDELB er programert i Simula og programmet er vist i Appendiks VII.

**LODDED1** er en redigert utgave av LODDEUT for kjøringen med fartøy med konsesjonskapasitet fra 0 til 3999 hl. Dataene er tilrettelagt for bruk av LODDEPL.

**LODDED2** er en redigert utgave av LODDEUT for kjøringen med fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl. Dataene er tilrettelagt for bruk av LODDEPL.

**LODDED3** er en redigert utgave av LODDEUT for kjøringen med fartøy med konsesjonskapasitet fra 6000 til 7999 hl. Dataene er tilrettelagt for bruk av LODDEPL.

**LODDED4** er en redigert utgave av LODDEUT for kjøringen med fartøy med konsesjonskapasitet over 8000 hl. Dataene er tilrettelagt for bruk av LODDEPL.

Stadium III sørger for grafisk presentasjon av dataene fra stadium to og består av to programmer:

LODDEPL er en komandofil som kaller opp LODDEGP samt et grafisk bibliotek. Det grafiske biblioteket ligger til grunn for den grafiske presentasjonen av resultatene.

LODDEGP er programmert i Fortran og er et terminalorientert styringsprogram for de grafiske rutinene gjort tilgjengelige i LODDEPL. Programmet er tilrettelagt slik at det tegner tredimensjonale figurer (LODDEF-3D) av resultatene fra LODDED1..4. Til hver av datafilene LODDED1..4 koresponderer datafilene LODDEM1..4, som leses inn i LODDEGP. Nåverdi, gutebiomasse og totalbestand vil bli presentert som funksjon av antall årlige fangstperioder og antall fartøyer.

LODDEF-3D er tredimensjonale figurer som presenterer resultatene fra stadium II i simuleringsopplegget.

## 7.2. SIMULERINGSPROGRAMMET FOR LODDEFISKE (LODDEDY)

Simuleringsprogrammet for loddefisket, LODDEDY (Appendiks VIII), er programert i Dynamo - F, versjon 4.11 (heretter Dynamo). Dynamo er ikke det man i tradisjonell forstand forstår med et programmeringsspråk. Dynamo består av en rekke bibliotekrutiner velegnet til å oversette matematiske ligninger til et høynivå-språk (Fortran i dette tilfellet). Det opprettes altså underliggende programmer på grunnlag av relasjonene formulert i Dynamoprogrammer.

I dette underkapittelet vil jeg i avsnitt 7.2.1. i grove trekk presentere Dynamo, og deretter vil jeg i de påfølgende avsnittene gå inn på de forskjellige prosedyrene i LODDEDY. I beskrivelsen av prosedyrene vil jeg henviser til kapitlene 2., 3., 4., 5. og 6.. Rekkefølgen på prosedyrene vil være som i programmet LODDEDY vist i Appendiks VIII.

### 7.2.1. DYNAMO; EN KORT BESKRIVELSE.

Framstillingen av Dynamo er bygd på Lensberg (1977), Pugh III (1980), Kristmannsson (1980) og Kristiansen (1982).





Den "bærende" ligningstypen i et Dynamoprogram er tilstandsligningen. Denne ligningen beskriver nivået til sentrale variabler i programmet som en tidsfunksjon, dvs at tilstandsvariabelens endringer fra periode til periode innberegnes. Rateligningene beskriver endringer per tidsenhet for variable som inngår i tilstandsligningene. De resterende ligningene kan betraktes som hjelpeligninger i beregninger av rater og tilstandsligninger. I Dynamoprogrammet vist i Appendiks VIII inngår det kun fem tilstandsligninger, de resterende ligningene går med til å beregne tilstandsligningenes diskrete endringer.

I tillegg til de overnevnte ligningstypene finnes det en rekke innebygde funksjoner, for eksempel trigonometriske uttrykk, tabellfunksjoner, forsinkelsesfunksjoner og funksjoner for evaluering av logiske uttrykk.

#### 7.2.2. ANTALL LODDE.

Denne prosedyren beregner antall lodde i syv årsklasser (0 - 6 år). Antallet i årsklassen beskrives av en tilstandsligning og bestemmes av antall rekrutter, naturlig dødelighet, fangst og gytedødelighet. I kapittel 2. er disse relasjonene beskrevet av følgende ligninger: 109, 110, 111, 121 og 122. Startantallet er beregnet ut fra en bestandsstørrelse som i henhold til Hamre og Tjelmeland (1982) gir MSY.

Grafen til rekruteringsfunksjonen (ligning 125) er vist i Figur 3.8. Denne rekruteringsfunksjonen gir antall lodde rekrutert som 2 åringer. Jeg har benyttet denne rekruteringsfunksjonen uendret. For å få inn den rette aldersfordelingen mhp tid har jeg tilbakeberegnet hvor mange 0 åringer dette tilsvarer forutsatt konstant naturlig dødelighet og ingen fiskedødelighet i perioden. Gyting foregår medio mars. Følgelig kommer det en ny årsklasse til ved dette tidspunktet, samtidig som alle gyterne dør.

#### 7.2.3. BIOMASSE.

Biomassen til en årsklasse er på ethvert tidspunkt et produkt av antall individer og individvekta (ligning 75). Totalbiomassen er summen av årsklassebiomassene. Biomasse beskrives altså ikke av

en tilstandsligning. Dette er ikke nødvendig siden individantallet beskrives på denne måten.

#### 7.2.4. GYTEBIOMASSE.

Gytebiomassen beskrives av kapittel 2.'s ligning 111. Gytefrekvens ved alder ( $r_i$ ) er presentert i Tabell 3.1. Også her baseres beregningene på tilstandsligninga for antall. Gytebiomassen beregnes gjennom hele året, men brukes kun i rekruteringsfunksjonen ved gytetidspunktet.

#### 7.2.5. NATURLIG DØDELIGHET.

Naturlig dødelighet er holdt konstant for hele loddas livsløp. I henhold til avsnitt 3.2.2. er den årlige  $M = 0.6$ . Avgangen, som følge av naturlig dødelighet, i antall, beregnes for hver årsklasse i hver periode. Denne avgangen trekkes i fra tilstandsligninga som beskriver årsklassens antall (se avsnitt 7.2.2). Som nevnt i underkapittel 3.5. og i avsnitt 7.2.2. gir rekruteringsfunksjonen antall to år gammel lodde. Denne prosedyren bergrer en omregningsfaktor slik at rekruttene, som skulle ha vært rekrutert ved begynnelsen av sitt andre leveår, som toåringer, rekruteres ved gytetidspunktet.

#### 7.2.6. INDIVIDVEKTER VED ALDER OG TIDSPUNKT.

Denne prosedyren beregner individvekt for fra to til seks år gammel lodde. Det blir ikke beregnet individvekter før ved inngangen av det andre leveåret og heller ikke etter gytetidspunktet det sjette leveåret. Alle målinger av bestandsstørrelse, foretatt av havforskningsinstituttet, lagt til grunn for bestandsdynamiske beregninger blir foretatt på grunnlag av forekomstene av to år og eldre lodde (2+). I henhold til Tabell 3.1 så er gytefrekvensen på seks år gammel lodde lik 1. Siden gytedødeligheten er regnet som total, overlever ingen seksårig lodde gytinga. Følgelig har jeg ikke funnet det nødvendig å foreta individvektberegninger etter dette tidspunktet.

Vektberegningene er gjort på grunnlag av Figur 3.2 i underkapittel 3.3.. På grunnlag av Figur 3.3. har jeg beregnet relativ

vektendring fra periode til periode. Denne relative vektendringen korrigeres i perioden for tetthetsavhengig vekst (se ligningene 119 og 120 og avsnitt 3.3.1.). Individvektene ved tidspunkt, som presentert i Figur 3.2, er estimert ved en bestandsstørrelse større en den som vil gi maksimal tilvekst, nemlig en svært liten bestand. Derfor har jeg lagt inn mulighet for at  $u$  i ligning 120 kan bli større enn 1. Dette innebærer at besanden vil få større vekst ved små bestander, og mindre vekst ved store bestander, enn det Figur 3.2 viser.

Individvekt for hver årsklasse tas vare på av en tilstandsligning. Denne tilstandsligninga korrigeres i hver periode for relativ vektendring og for tetthetsavhengig vekst. Figur 3.3 viser individvekt for 2+ lodde når bestandsstørrelsen øker fra 0 til ni millioner tonn.

Siden jeg starter individvektberegningen ved inngangen av loddas andre leveår må startvekta bestemmes i modellen. Startvekta gjøres også bestandsavhengig, slik at den varierer omvendt proporsjonalt med bestandsstørrelsen. Startvektene er bestemt ut i fra Hamre og Tjelmeland (1982:Table 2). Jeg vil uten å diskutere dette sette største startvekt til ni gram ved en bestandsstørrelse på 0.1 mill. tonn og minste startvekt til fire gram ved en startvekt på ni mill. tonn. Mellom disse grensene varierer startvekta omvendt proporsjonalt med bestandsstørrelsen.

#### 7.2.7. FANGST I ANTALL INDIVIDER.

Fangstmengde måles i volum. Dette medfører at fangstvolumet må omregnes i antall individer fra hver årsklasse. Dette ivaretas i denne prosedyren slik som beskrevet i ligningene 126 og 127 i underkapittel 4.2.. Beregningene foregår ut i fra totalfangsten, altså både norsk og sovjetisk fangst.

#### 7.2.8. START OG STOPP AV SESONG.

Her bestemmes sesongoppstart og sesonglengde. Prosedyren er laget slik at en kan bestemme så mange og så lange sesonger som en måtte ønske i løpet av året. I programkjøringene vil jeg satse på en eller to sesonger for maksimering av nåverdien fra

loddefiske.

### 7.2.9. FLÅTEN.

Denne prosedyren består kun av konstanter. Disse vil gå inn i beregningene i andre prosedyrer. Her beskrives alle data for en gitt fartøygruppe (Lønnsomhetsundersøkelsenes grupperinger), som er nødvendig for å beregne kostnadene. Den er opplagt slik at en lett kan endre fartøygruppe. Parametrene er alle hentet fra kapittel 6.. Tabell 7.2 viser parametrene for hver enkelt fartøygruppe som inngår i beregningene og tabellen kan betraktes som en oppsummering av kapittel 6..

<b>Tabell 7.2:</b> Parametre for fartøygruppene som inngår i prosedyren flåten. Disse parametrene ligger lagret på datafila LODDEBD. Denne tabellen er sammensatt av data fra Tabellene: 6.8, 6.9, 6.11 og 6.12. Fart er gitt i knop, konsesjonskapasitet (Kons.kap.) i tonn, antall mann (ant. mann) i antall per fartøy, oljeforbruk (Olje forb.) i liter per nautisk mil, kapitalkostnadene (Kap. kost.) i kr per døgn per fartøy, lete og fangstforbruket (L/F.forb.) og leveringsforbruket (Lev. forb.) i liter per døgn.				
Fartøygr	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
Fart	10.0	10.5	11.0	12.0
Kons.kap.	283.5	475.1	694.9	956.6
Ant. mann	9.87	11.72	12.27	13.00
Olje forb.	12.5	15.8	21.2	29.7
Kap. kost.	10739	15727	18832	21673
L/F. forb.	1824	2640	3648	4944
Lev. forb.	456	600	768	960

### 7.2.10. FANGST GENERERT UT I FRA REGIONAL FORDELING.

Beregningen av fangsten i en periode beregnes på grunnlag av loddeflåtas fangstsyklus, som presentert i underkapittel 6.7., og den regionale fordelingen av foredlingskapasiteten. Den regionale fordelingen av foredlingskapasiteten er vist i Figur 4.2 og den ukentlige foredlingskapasiteten er presentert i Tabell 4.2.

I en fangstsyklus går det med et døgn til fiske og et døgn til levering. Resten av tida går med til steaming. Tida brukt til steaming beregnes som vist i ligning 139 (avsnitt 6.6.7). Steaming foregår med en gitt fart for hver av gruppene. Denne farta er vist i Tabell 7.2. Neste fangstsyklus starter med en gang den

forige er over. Fangstene leveres til den nærmeste regionen med ledig kapasitet til denne er fylt, deretter fylles neste region. Fangstene et gitt antall fartøy kan levere er avhengig av hvor fangstfeltet ligger (Figur 3.9) og fartøyenes fart. Fangstmengde som funksjon av antall fartøy og tid på året er vist i Figur 4.3.

Fangstene levert regionalt summeres opp til norsk fangst i perioden. Totalfangst i perioden beregnes ut i fra forutsetningen om at fangstene skal fordeles med 60% til Norge og 40% til Sovjet.

Denne prosedyren beregner også flåtas samlede utseilte distanse og totalt antall fangstsykluser for flåta i perioden.

#### 7.2.11. ARLIG FANGST.

Denne prosedyren summerer opp norsk fangst over et år vha en tilstandsligning. Totalfangst beregnes ved 60/40 fordeling som nevnt i foregående avsnitt.

#### 7.2.12. FANGSTFELT.

Denne prosedyren gir tur returdistanse fra fangstfeltene vist i Figur 3.9. Distansene brukes under generering av fangst for en periode (se avsnitt 7.2.10.).

#### 7.2.13. PRIS.

Pris beregnes ut i fra opplysningene gitt i kapittel 5. og årlig variasjon i fett og tørstoff, gitt i underkapittel 3.4.. Prosedyren inneholder alle opplysningene som er nødvendige fra pris-kalkyleskjemaet gitt i Tabell 5.1. Prisen på lodde til oppmaling beregnes ut fra ligning 130. Prosedyren gir dessuten prisen på konsumlodde, som vist i Tabel 5.5.

#### 7.2.14. INNTEKTER.

Inntektene beregnes på grunnlag av prisene levert fra prisprosedyren og fangstmengde, hentet fra prosedyren som genererer fangst (avsnitt 7.2.10.). I de periodene av året som det foregår kon-

sumfiske utnyttetes konsumkapasiteten før det leveres lodde til oppmaling (se avsnitt 5.3.1.). Denne prosedyren gir tidspunkt og mengder for konsumfiskeriet, og sørger for fordeling mellom de to anvendelsene. Inntekten fra lodde levert til konsum beregnes etter ligning 129 og inntektene fra lodde levert til oppmaling beregnes etter ligning 131. Totalinntektene for en periode er summen av inntektene fra konsum og fra oppmaling (ligning 132).

#### 7.2.15. KOSTNADER.

Dataene som trengs for å beregne kostnadene leveres fra "flåteprosedyren" (se avsnitt 7.2.9.), fra "tidsprosedyren" (se avsnitt 7.2.17.) og fra prosedyren som genererer fangstmengde. Sistnevnte leverer hele flåtas utseilte distanse og summen av antall fangstsykluser i perioden. "Tidsprosedyren" leverer periodelengden i antall dager (benevnt  $t_p$  i avsnitt 6.6.1.). De totale kostnadene beregnes ut i fra ligning 140.

#### 7.2.16. NÅVERDI.

Her beregnes først profitt for en periode i 1983 kr. (se avsnittene 7.2.14. og 7.2.15). Dernest neddiskonteres resultatet. Det benyttes en neddiskonteringsrate på 7% pa (se underkapittel 6.1). Det neddiskonterte resultatet summeres overt hele simuleringsperioden vha en tilstandsligning.

#### 7.2.17. TID ETC.

Løpende tid beregnes, som nevnt innledningsvis i dette underkapittelet automatisk i Dynamo. En må imidlertid spesifisere intervallene mellom beregningstidspunktene, og hvor mange slike intervaller det er i et år. På grunn av begrenset plass i Dynamo har jeg delt året opp i 14 dagersperioder, i stedet for, som opprinnelig planlagt i uker. Følgelig er året delt i 26 perioder og periodelengden ( $t_p$ ) blir altså  $365/26$  døgn. I stedet for en kontinuerlig beregning får en altså en diskret beregning hver 14 dag.

Hvilken av årets perioder en er i holdes rede på av en tilstandsligning som nullstilles ved årskifte. I prosedyren defineres

dessuten gytetidspunktet og årets siste periode. Den siste benyttes for å nullstille tilstandsligninger og for å gjøre årsklassene et år eldre ved årsskiftet. Denne prosedyren styrer også hvor ofte resultater fra beregningene skal legges ut på datafil.

### 7.3. MODELLENS FORUTSETNINGER OG BEGRENSNINGER.

En modell er vanligvis et forenklet bilde av virkeligheten. Forenklinger bygges ofte inn i modellen som forutsetninger. I det følgende vil jeg gå inn på hvilke forutsetninger LODDEDY bygger på. Jeg vil også forklare hvilke av modellens variable som er eksogene og hvilke som er endogene. Til sist vil jeg gå inn på modellens begrensninger.

#### 7.3.1. LODDEDY'S FORUTSETNINGER.

Først vil jeg definere hva jeg mener med eksogene og endogene variabler. Med eksogene variabler mener jeg de variable som **forklarer** modellen, og med endogene variable mener jeg de variable som **forklares** av modellen. Eksogene variable gis utenfor modellen og bygger på endel forutsetninger som jeg vil forklare nærmere i dette avsnittet. Modellens formuleringer basert på de eksogene variablene gir de endogene variablene.

I henhold til overstående vil altså kapitlene som omhandler biologi, flåte og fabrikkstruktur, priser og kostnader (3., 4., 5., og 6.) beskrive de eksogene variablene. LODDEDY beskriver sammenhengen mellom disse, som forklart i underkapittel 7.2., og de endogene variablene beskrives i resultatkapittelet (8.).

Som nevnt tidligere er LODDEDY en deterministisk modell. Dette gir den første forutsetninga: Det er ingen variasjon rundt hverken input eller output.

I det følgende vil jeg gå i gjennom hvilke forutsetninger prosedyrene i LODDEDY bygger på i samme rekkefølge som i underkapittel 7.2..

**Antall lodde** bygger på forutsetningene om konstant  $M$  (naturlig dødelighet) gjennom hele loddas livsløp, gyldigheten av rekruter-

ingsfunksjonen (ligning 125), total gytedødelighet og ingen fiskedødelighet før sommeren i det andre leveåret. Disse forutsetningene gjør at bestandsmodellen ikke beskriver naturen korrekt, men korrekt nok for modelleringsformål.

**Individvekter ved alder og tidspunkt** bygger på to forutsetninger. Den første er at årlig minimum og maksimum faller på samme tidspunkt hvert år og den andre er at den variasjonen i tilvekst som er observert for lodda kommer som funksjon av bestandsstørrelse. Ut i fra utviklingen i fettinnhold synes grunnlaget for den første forutsetninga å være sterkt. Den neste forutsetninga vil være dekkende dersom beiteforholdene for lodda er konstant hvert år. Underliggende i modellen ligger altså forutsetningen om konstante beiteforhold, også kalt områdets bærekapasitet, hvert år.

**Fangst i antall individer** bygger på forutsetningen om at årsklassene etter antall korigert for seleksjonskoeffisient er representert i fangstene, som i bestanden.

**Start og stopp av sesong** er endogen variabel i denne modellen. For at det skal være mulig å "slå av og på" fiskeinnsats må det finnes en eller annen sentral dirigering med absolutt makt.

**Flåten** forutsettes å bestå av fire båtgrupper hver med homogene enheter når det gjelder fangstkapasitet og kostnader. Samme flåteenhetsbeskrivels vil gjelde i hele simuleringsperioden.

**Fangst generert ut i fra regional fordeling** bygger på forutsetningen om at det eneste som begrenser den norske flåtas fangst-effektivitet er fordelinga av mottakskapasiteten. Når denne forutsetningen er gjort er jeg kommet videre i beregningene med to nye forutsetninger. Dette gjelder fangstsyklus og at mottakskapasiteten settes lik foredlingskapasiteten. Programmet er også formulert slik at konsumleveransene vil foregå på samme stedene som guanoleveransene. Dette vil ikke influere på fangstverdien, men vil gjøre fisket litt dyrere. Totalfangsten i en periode er funnet ved å korigere for avtalt sovjetisk fangstandel. Dette betyr at det i modellen antas at Sovjet gjør det som Norge gjør til enhver tid.



**Fangstfeltene** forusettes å ha samme posisjoner hvert år.

**Pris** uansett anvendelse forutsettes å ligge fast på 1983's høye nivå. Et uforandret priskalkyleskjema forutsettes dessuten å ligge til grunn for prisberegningene til oppmaling. Sesongvariasjon i fett og tørstoff forutsettes å være den samme for alle årsklasser i hele simuleringsperioden. Det viser seg at stor eldre lodde vanligvis er noe feitere enn yngre lodde. Data-materialet lagt til grunn for for Figurene 3.4 og 3.6 er hentet fra statistikk for historisk fangst. Seleksjon er også bestemt ut i fra historisk fangst (se underkapittel 4.1.). Ut fra dette vil fett og tørstoff måtte betraktes som veide gjennomsnittsstørrelser og kan derfor brukes for hele fangstmengden.

**Inntekter** bygger på forutsetningen om at leveransene til konsum ikke endres.

**Kostnader** bygger på fire forutsetninger. For det første så ligger flåtas kostnadsstruktur fast i simuleringsperioden. Der nest innebærer forutsetninga om at fartøyene skal ha 300 driftsdøgn at fartøyene har alternativ beskjeftigelse til ethvert tidspunkt. For det tredje settes alternativ kostnaden ved å drive loddefiske i steden for andre fiskerier til 0 i alle periodene. Den siste forutsetninga er at det kun er flåtas kostnader som trekkes inn i beregningene. Siden fangstmengde og fangst-inntekter også er avhengig av fabrikkstrukturen, ville det ha vært naturlig også å trekke fabrikkene inn i beregningene, både på kostnads og inntektssida. Dette ville imidlertid ha krevd et betydelig større innsamling og bearbeiding av datamateriale enn det jeg har gjort her. Dette ser jeg meg ikke tid til og forutsetter følgelig den delen av økonomien i loddefiske ut av problemstillinga.

I **Nåverdi** forutsettes at samfunnets diskonteringsrate er konstant lik 7% årlig.

### 7.3.2. MODELLENS BEGRENSNINGER.

En slik modell har selvsagt en mengde begrensninger. Inn i hver forutsetning ligger det en begrensning. Dersom en ser bort fra de

begrensningene som forutsetningene setter finnes det også andre begrensninger. Disse begrensningene kan etter min mening deles opp i to grupper; Forhold som ikke er med i modellen, og begrensende forhold ved modellen. Til den første gruppen hører eksempelvis med at det ikke er tatt hensyn til at de klimatiske forholdene kan variere slik at sansynligheten for fangst er mindre sent på høsten enn tidlig på høsten. Utrustningskostnader er heller ikke tatt med. De viktigste begrensningene tilhører imidlertid den andre gruppen.

I avsnitt 2.11.3. er optimal fiskeinnsats diskutert. Konklusjonen er at dersom kostnader og/eller inntekter endres så vil en få en den optimale fangstinnsatsen også endres. I modellen tas det ikke hensyn til dette ved simuleringer som strekker seg over flere perioder. Mens en optimal løsning vil innebære at fiskeinnsatsen skal øke når inntektene øker, alt annet konstant, så vil en simulering med LODDEDY gi svar på optimal fiskeinnsats over flere perioder i stedet for hver av periodenes optimale fiskeinnsats.

En annen begrensning ved modellen er at seleksjonen ligger fast. Dette gjør at det ikke ut i fra denne modellen er mulig å selektere på alder eller finne den kombinasjonen av årsklasser en bør beskatte. Dette er utsjagsgivende både mhp individvekst og rekruteringsfunksjonen.

Den siste kommentaren vil jeg knytte til fangstinnsatsens alternativkost som i denne oppgaven er forutsatt lik 0 i alle periodene av året. Dette er selvfølgelig begrensende mhp konklusjonenes holdbarhet og kan gi løsninger som langt fra er samfunnsøkonomisk optimale.

## 8. BIOØKONOMISK ANALYSE.

I dette kapitlet vil resultatene av kjøringene av simuleringsmodellen beskrevet i kapittel 7. bli presentert og analysert. Simuleringsresultatene er presentert i form av tredimensjonale figurer. Tredimensjonale figurer krever to variable vist på hhv x- og y-aksen. Resultatene vises på z-aksen. Tallmaterialet bak figurene er framskaffet ved gjentatte kjøring av simuleringsprogrammet LODDEDY. For å framskaffe en linje i en figur holdes en variabel konstant mens den andre varierer. For å framskaffe neste linje øker man den variabelen som man i i forige kjøring holdt konstant med f.eks. en enhet og lar den andre variabelen løpe som i forige kjøring.

Før jeg presenterer resultatene vil opplegget fram mot optimal løsning bli presentert. Dette opplegget bygger i stor grad på teorikapitlet (kapittel 2.)

### 8.1. ANALYSEOPPLEGGET.

Analyseopplegget er planlagt ut fra teorikapitlet. Dvs at størrelser og begreper benyttet i teorikapitlet har vært avgjørende for hvilke resultater det er simulert med hensyn på. Appriori har jeg forutsatt at  $E$ 's avtakende grenseproduktivitet ikke har vært til hinder for nedfisking av loddebestanden. Dette impliserer med henvisning til diskusjonen i avsnitt 2.11.3., at  $E_{msy} < E_{mey}$ . Dette innebærer at det er mulig å drive et økonomisk lønnsomt fiskeri inntil bestanden er utryddet. I teorien er produktfunksjon med avtakende grenseproduktivitet nøye behandlet. Figurene 4.3a..d viser produktfunksjonene til de fire fartøygruppene, gitt hastighet, fiskemønster og fabrikkstruktur. Dette betyr at det vil legges restriksjoner på bruk av fiskeinnsats (se avsnittene 2.2.3. og 2.11.3.) Den optimale løsningen vil altså ikke gis ved bruk av meget stor fiskeinnsats ( $F = F_{max}$ ) over et kort tidsrom, men med mindre fiskeinnsats over lengre tid. Dette er vist i underkapittel 2.8.. I denne oppgaven er jeg interesert i å maksimere neddiskontert resultat etter 50 års fiske. Dette betyr, fremdeles med henvisning til avsnitt 2.11.3. at en må finne den fiskeinnsatsbegrensningen (straegi) som bidrar til å maksimere det økonomiske utbyttet per rekrutt. Dette impliserer

at analysen må gå ut på å finne sesong start og stopp, eventuelt om det skal være en eller flere sesonger i løpet av året, og fiskeinnsats som gir størst nåverdi etter 50 års fiske.

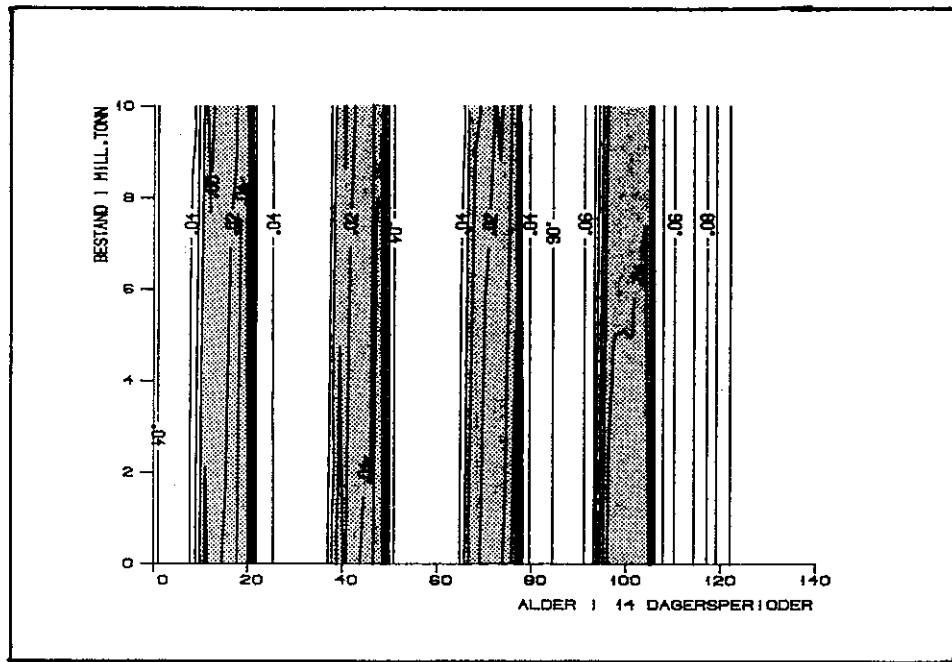
### 8.1.1. SESONGVEKSTENS BETYDNING FOR VALG AV FANGSTSTRATEGI.

For å finne den økonomiske betydningen av sesongveksten analyseres denne partielt. Dette vil si at jeg ser bort fra diskusjonen om produktfunksjonens form og loddebestandens vandringsmønster. Det som da blir interessant i denne delen av analysen er utviklinga over året av den deriverte av individvekta med hensyn på tid per vektenhet ( $w'(t)/w(t)$ ), denne størrelsen korigert for  $M$  og  $\lambda$  og utviklinga i bestandens nominelle verdi ( $V(t)$ ) fra år til år i årsklassens livssyklus. Jeg har ikke kunnet gå inn i en analyse der også prisen er en tidsfunksjon slik som behandlet teoretisk i underkapittel 2.7.. Grunnen er at prisen, i tillegg til å være en tidsfunksjon, også pga konsumleveransene vil være en funksjon av  $Y(t)$ . Dette vil gjøre analysen så komplisert og tidkrevende at jeg ikke vil bruke tid til dette. I steden vil jeg med basis i teorien diskutere i hvilke retninger prisen som tidsfunksjon vil trekke resultatene.

Den deriverte av individvekta med hensyn på tid per vektenhet ( $w'(t)/w(t)$ ) er beregnet på følgende måte:

$$w((t_2)-w(t_1))/w(t_1), \quad (141)$$

der  $w(t_1)$  er individvekta i en gitt periode og  $w(t_2)$  er individvekta i påfølgende periode. Beregningene er gjort på grunnlag av tallmatrisene som ligger til grunn for Figur 3.3. (figuren viser vekst som funksjon av bestandsstørrelse og tid på året).  $w'(t)/w(t)$  og denne størrelsen korigert for  $M$  og  $\lambda$  er vist i Figurene 8.1a..c. Figur 8.1a viser de tidsintervallne i løpet av livsløpet individvekta øker og de tidsrommene individvekta avtar. Figur 8.1b viser diferansen  $w'(t)/w(t)-M$  og viser således de tidsintervallene i løpet av livssyklusen der årsklassens biomasse avtar og øker. Figur 8.1c viser diferansen  $w'(t)/w(t)-(M+\lambda)$  og viser således de periodene av livssyklus der biomassen hhv øker raskere og langsommere enn kravet til alternativ avkastning. Resultatene fra figurene er oppsumert i Tabell 8.1.



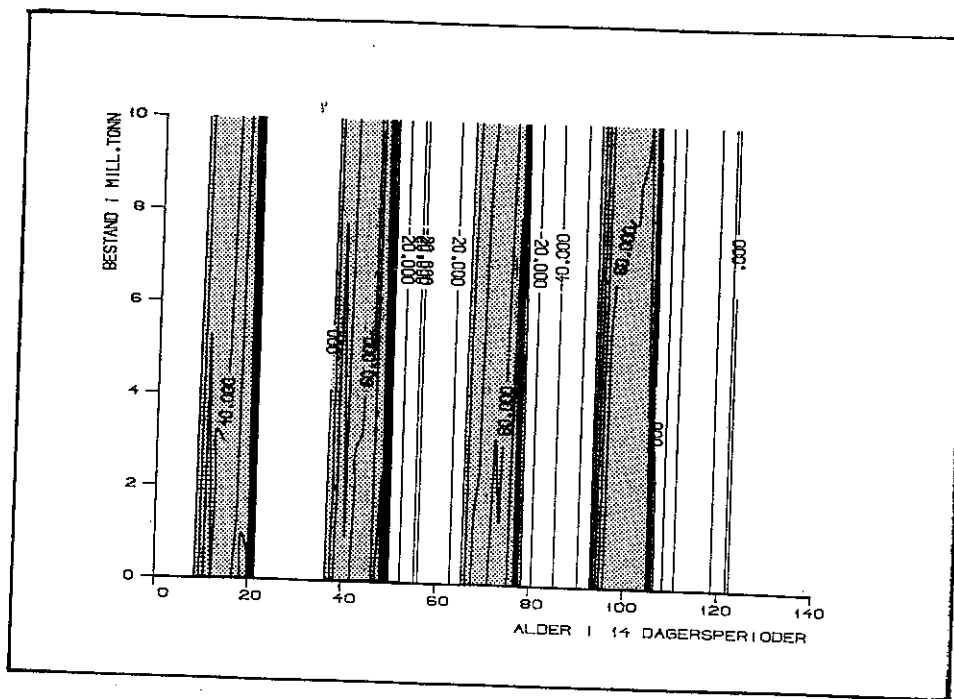
Figur 8.1c: Isodiagram som viser utviklingen i  $w'(t)/w(t) - M - \lambda$  beregnet i etter ligning 141 på grunnlag av tallmatrisene som ligger til grunn for Figur 3.3. De skyggelagte tidsintervallene viser når størrelsen øker. De lyse intervallene viser når individvekta minker. Resultatene tilbakeberegnet til leveår er vist i Tabell 8.1. Høyre kant i de skyggelagte intervallene representerer  $t_{\lambda}$ .

Tabell 8.1: Oppsummering og tolking av resultatene fra Figur 8.1a ( $w'(t)/w(t) > 0$ ), Figur 8.1b ( $(w'(t)/w(t)) - M > 0$ ) og Figur 8.1c ( $(w'(t)/w(t)) - M - \lambda > 0$ ). Tabellen viser de skyggelagte periodene av figurene tilbakeberegnet til periode på året for hver årsklasse.

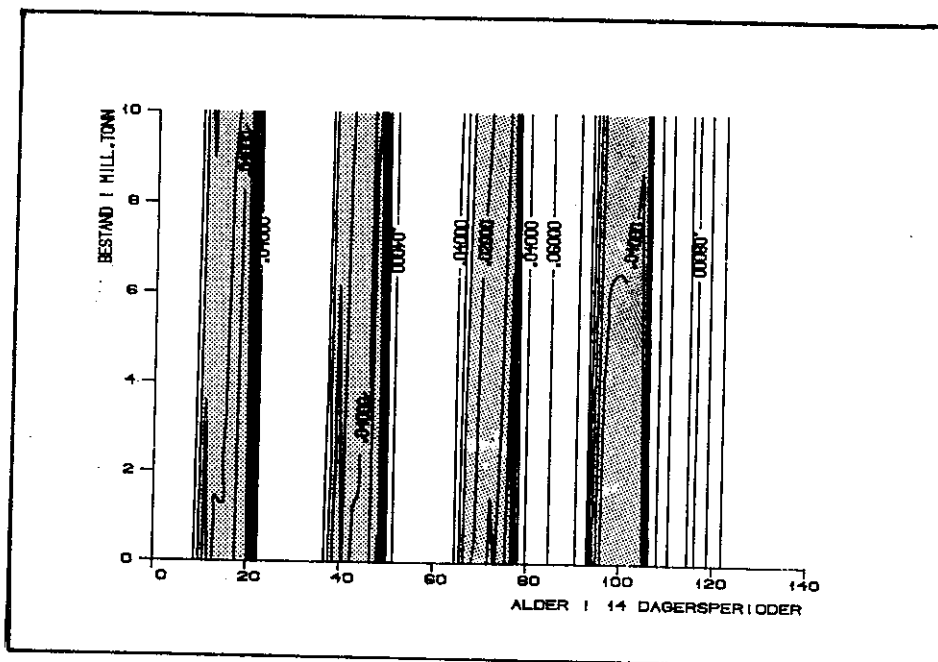
Alder	$w'(t)/w(t) > 0$	$(w'(t)/w(t)) - M > 0$	$(w'(t)/w(t)) - M - \lambda > 0$
2	9-20	10-20	11-20
3	9-20	10-20	11-20
4	9-20	10-20	11-20
5	9-20	10-20	11-20

Figur 8.1a og Tabell 8.1 viser at individvekta øker fra periode 9 til periode 20 for alle årsklassene, - dvs fra primo mai til månedskiftet september/oktober. For å referere til teorikapitlet (underkapittel 2.6.) er da  $t_{min}$  = primo mai og  $t_{max}$  = månedsskifte september/oktober. Dette er ingen sensasjon i og med at dette er innlagt i modellen og beskrevet i underkapittel 3.4. og avsnitt 7.3.1..

Det neste steget er å finne de årlige biomasseminima og biomasse-



Figur 8.1a: Isodiagram som viser utviklingen i  $w'(t)/w(t)$  beregnet i etter ligning 141 på grunnlag av tallmatrisene som ligger til grunn for Figur 3.3. De skyggelagte tidsintervallene viser når individvekten for gjennomsnitsindividet i en årsklasse øker. De lyse intervallene viser når individvekta minker. Resultatene tilbakeberegnet til leveår er vist i Tabell 8.1.



Figur 8.1b: Isodiagram som viser utviklingen i  $w'(t)/w(t)-M$  beregnet i etter ligning 141 på grunnlag av tallmatrisene som ligger til grunn for Figur 3.3. De skyggelagte tidsintervallene viser når årsklassens biomasse øker. De lyse intervallene viser når biomassen minker. Resultatene tilbakeberegnet til leveår er vist i Tabell 8.1.

maksima for en årsklasse hhv benevnt  $t_-$  og  $t_+$  i teorien. Det teoretiske resonement rundt dette er å finne i underkapittel 2.6. ved diskusjon av ligning 77. Figur 8.1b og Tabell 8.1 viser at  $t_-$  kommer i periode 10, dvs medio mai og at  $t_+$  kommer i periode 20, dvs månedskiftet september/oktober. Dette gjelder for alle alderstrinnene såvel som for bestandsstørrelser fra 0-10 mill tonn. Som også vist i den teoretiske utledningen kommer altså det årlige biomasseminimum senere enn individvektminimum. I dette tilfellet ca 14 dager senere, mens det årlige biomassemaksimum tilsynelatende kommer på samme tidspunkt som det årlige individvektminimum. Dette er skjer fordi individveksten er svært rask på slutten av vekstperioden slik at det ikke lar seg vise, med den grove inndelingen av året, som det er i denne modellen, at det årlige biomassemaksimum kommer før det årlige individvektmaksimum.

Siste del i denne analysen vil være å innføre diskonteringsraten og således finne fiskeintervallet i henhold til Fisher regelen. For en bestand med sesogvekst skal en i henhold til de teoretiske utledningene som fører fram til ligning 83, både finne det riktige tidspunkt i løpet av året å starte fiske på såvel som det riktige alderstrinnet. I første omgang skal jeg nøye meg med å finne det riktige tidsrommet i løpet av året for alle alderstrinn samt for det intervall i bestandsstørrelse som det er undersøkt for. I følge teorien skal en starte fiske med  $F = F_{max}$  når økningen i bestandens nominelle verdi blir mindre enn kravet til alternativ avkastning. En skal altså betrakte likheten  $V'(t) = AV(t)$ . Dette vil si i henhold til Figur 2.15 at  $w'(t)/w(t) - (M + \lambda) = 0$  ved oppstart av fiske og at en skal fiske til biomassemaksimum. I henhold til Figur 8.1c og Tabell 8.1 så oppfylles den overnevnte ligninga for alle alderstrinnene, og for de aktuelle bestandsstørrelsene undersøkt, i periode 20, dvs omkring månedsskiftet september/oktober. Dette sammenholdt med resultatene fra tidligere, som viser at både biomassemaksimum samt individvektmaksimum faller innenfor samme periode, antyder en meget rask og hektisk loddesesong, siden fisket, i henhold til de teoretiske utledningene, skal avsluttes ved vekstsesongens biomassemaksimum. Loddefisket skal i henhold til en slik analyse foregå i løpet av noen få dager sist i september. Denne konklusjonen gjelder under forutsetning at E's grenseproduktivitet er

konstant. Dette vil gjelde for alle alderstrinn i en årsklasse, såvel som for en bestand sammensatt av påfølgende årsklasser.

Nå når fiskeintervallet innen året er funnet gjenstår det å finne på hvilket alderstrinn loddas skal fanges. I teoridelen er dette behandlet under utledninga av Fisher regelen for en bestand med sesongvekst (ligning 83; underkapittel 2.6.). Denne analysen bygger på antagelsen om at en skal realisere verdien av årsklassen på det alderstrinn der den nominelle verdien ( $V(t)$ ) øker mindre til det påfølgende alderstrinnet enn samfunnets diskonteringskrav. For å finne det alderstrinnet i loddas livssyklus ( $i'$ ), som en skal starte fisket i, finner jeg det nødvendig å foreta en forenkling. For enkelhets skyld ser jeg bort fra kostnadene ( $c$  settes = 0). Som en skal se senere spiller dette ingen rolle for resultatet i dette aktuelle tilfellet. Når  $c = 0$  impliserer dette med henvisning til ligningene 64 og 82 at uttrykket en skal analysere er følgende:

$$\begin{aligned} (pNe^{-M_{w_{i'+1}(t)}/pNw_{i'}(t)}) - 1 < \lambda \\ (e^{-M_{w_{i'}(t)}/w_{i'}(t)}) - 1 < \lambda \end{aligned} \quad (142)$$

Det gunstigste tidspunktet på hvert alderstrinn å velge for disse beregningene er  $t_+$ . Dette tidspunktet lar seg imidlertid ikke bestemme nøyaktig slik at jeg isteden velger  $t_{max}$ . Tallmaterialet beregningene er gjort på grunnlag av er hentet fra Figur 3.3. Resultatene er presentert i Tabell 8.2 og viser følgende differanse:  $(e^{-M_{w_{i'+1}(t_{max})}/w_{i'}(t_{max})}) - 1$ .

Tabell 8.2: Diferansen $(e^{-M_{w_{i'+1}(t_{max})}/w_{i'}(t_{max})})-1$ for alderssprangene 2-3, 3-4 og 4-5 år målt ved $t_{max}$ (månedsskiftet september/oktober) for bestandsstørrelser ( $W$ ) 0 - 4 millioner tonn.			
W	Alderssprang		
	2-3	3-4	5-6
0	-.05	-.24	-.28
1	-.07	-.26	-.30
2	-.10	-.27	-.31
3	-.11	-.30	-.33
4	-.13	-.31	-.34



Tabell 8.2 viser at biomassen er avtakende fra  $i=2t_{\max}$  og utover for alle bestandsstørrelser. Dette impliserer at  $V(t)$  også vil avta i samme tidsrom. Forenklingen gjort over vil således ikke påvirke dette resultatet i det hele tatt, og metoden er i dette tilfellet tilstrekkelig nøyaktig. Konklusjonen blir at en skal starte fiske når  $i = 2$ , - altså  $i' = 2$  uansett bestandsstørrelse. Forutsetningen for denne konklusjonens gyldighet er at lodda ikke rekruteres til fiske før dette alderstrinnet eller at økningen i årsklassens nominelle verdi fra  $i=1t_{\max}$  til  $i=2t_{\max}$  er større enn kravet til alternativ avkastning.

I diskusjonen over inkluderer ikke fangstrategienes innvirkning på rekrutering av nye årsklasser. Dette impliserer at konklusjonen,  $i' = 2$ , kun gjelder optimal utnyttelse av en årsklasse uten hensyn til senere bidrag til nåverdiberegningen. Med en produkt-funksjon som antydnet i ligning 11, der  $Y$  er uavhengig av  $W$  når  $W > 0$ , kan en slik strategi som den nevnt ovenfor føre til utrydding av bestanden allerede første år i fiske. Dette er vist teoretisk i avsnitt 2.11.1.. Når en skal maksimere nåverdien, når en har en rekruteringssammenheng som vist i Figur 3.8, må en følgelig også ta hensyn til gytebestandens størrelse. Dette vil i dette tilfellet føre til en forskyvning av  $i'$  mot senere alderstrinn siden toåringene ikke gyter. Gytefrekvensen for treåringer og fireåringer er i henhold til Tabell 3.1 hhv 5% og 50%. Dette antyder en beskatningsstrategi som sørger for at at en relativt stor del av årsklassen får anledning til å bli fire år. I de senere simuleringene vil seleksjonsmønteret slik det er presentert i underkapittel 4.2. ligge fast. Konklusjonen om sesongstart og sesonglengde ligger imidlertid ennå fast med de forenklinger som er gjort for å kunne gjennomføre dette punktet i analysen.

Som nevnt innledningsvis i dette avsnittet har jeg sett bort fra at også prisen er en tidsfunksjon under fastsetting av sesongstart og slutt. I henhold til underkapittel 2.7. (se Figur 2.15) så vil både tidspunkt for oppstart og avslutning forskyves mot senere tid på året når prisen er en tidsfunksjon med de egenskaper som forutsatt i underkapittel 2.7.. Avslutningen kommer i henhold til Figur 2.15 i alle tilfeller ikke senere en  $t_{\max}$ , og  $t_{\max}$  er bestemt til periode 20. I henhold til teorien vil sesong-

lengden også forkortes. Dette impliserer en enda kortere og mere hektisk sesong.

For å få gjennomført overstående analyse har det vært nødvendig med store forenklinger. Den ville ha hatt gyldighet dersom, loddene hadde hatt gytefelt ved Bjørnøya og en sildemelfabrikk og en loddeflåte med uendelig kapasitet plassert et eller annet sted, - gjerne på Bjørnøya. I det følgende skal jeg gå inn på en analyse som etter min mening ligger mere opp til de faktiske forholdene.

### 8.1.2. PRODUKTFUNKSJONENS BETYDNING FOR VALG AV FANGSTSTRATEGI.

I forrige avsnitt ble det foretatt en analyse uten å ta hensyn til produktfunksjonen. I dette avsnittet vil en analyse omkring produktfunksjonen bli utført. Produktfunksjonen benyttet i denne modellen er av samme type som produktfunksjonen vist i ligning 11. Dvs at fangst ikke er avhengig av bestandsstørrelse. I denne modellen er fangsten i en periode anhengig av fangstsyklus, slik denne er presentert i underkapittel 6.7., den regionale fordelingen av foredlingskapasiteten (se Figur 4.2) og loddas vandringsmønster. Produktfunksjonen er beskrevet i avsnitt 2.2.1., underkapittel 4.5. og avsnitt 7.3.10..

Aldersfordelingen i fangstutbyttet presentert i Figurene 4.3a..d er beskrevet i avsnitt 4.2.1. (ligning 127). Det er imidlertid klart at slik som fiske forutsettes utført vil fangstvolumet i en periode, forutsatt at  $W > 0$  for alle aktuelle E, være det et samme uansett om en fanger bare på en eller om en fanger på alle årsklassene samtidig.

Produktfunksjonene for de fire fartøygruppene er vist i Figurene 4.3a..d. Figurene viser at produktfunksjonens for en fartøygruppe i perioden er avhengig av lokalisering av mottakskapasitet, og mellom perioder avhengig av loddas vandringsmønster. De fire figurene er naturlig nok svært like i sin form, men det finnes visse ulikheter. Disse ulikhetene vil bli kommentert senere. Først vil jeg kommentere de generelle utviklingstrekkene som er like for alle fire figurene.

Når det gjelder utviklingen innen perioden ser en klart at hver

linje har en form som lar seg beskrive av produktfunksjonen vist i ligning 11 ( $Y=qE^h$ ), altså avtakende grenseproduktivitet for fiskeinnsats. Dersom en sammenligner kartet der det årlige vandringsmønsteret er inntegnet (Figur 3.9) med Figurene 4.3a..d ser en klart den åpenbare sammenhengen det er mellom fangst-effektivitet og fangstfeltets lokalisering. Båtgruppens effektivitet øker når lodda nærmer seg kysten på gytevandring om vinteren, og avtar når lodda vander nordøstover i Barentshavet på næringsvandring om høsten. I periode 20 er fangsteffektiviteten lavest og den er høyest periodene 6 og 7, dvs fra midten av mars til et stykke ut i første halvdel av april. Generelt er fangst-effektiviteten høyere om vinteren en resten av året. Det er et poeng at fangstefektiviteten er lavest, og dermed kostnadene per ilandbrakt kvantum høyest, i samme periode som en i henhold til forrige avsnitt skal sette inn  $F = F_{\max}$ . I periodene 6 og 7 er fangsteffektiviteten høyest, i de samme periodene skal fisket, i henhold til teorikapitelet, forlengst være unnagjort.

Som nevnt tidligere i dette avsnittet så er det også ulikheter mellom de forskjellige fartøygruppens produktfunksjoner. Disse ulikhetene er kvantitative og ikke kvalitative. For det første øker fangstevnen per fartøy med økende fartøystørrelse, og for det andre, som følge av det første, avtar fartøyenes grenseproduktivitet raskere med økende fartøystørrelse. Utviklingen i grenseproduktiviteten kommer som følge av at store fartøy raskere fyller opp avtakskapasiteten en små. Utseilt distanse per fartøy blir derfor større med store enn med små fartøyer. Dette kommer som en direkte følger av fangstsyklusen jeg har forutsatt at fartøyene følger (se avsnitt 6.6.5. og avsnitt 7.3.10.).

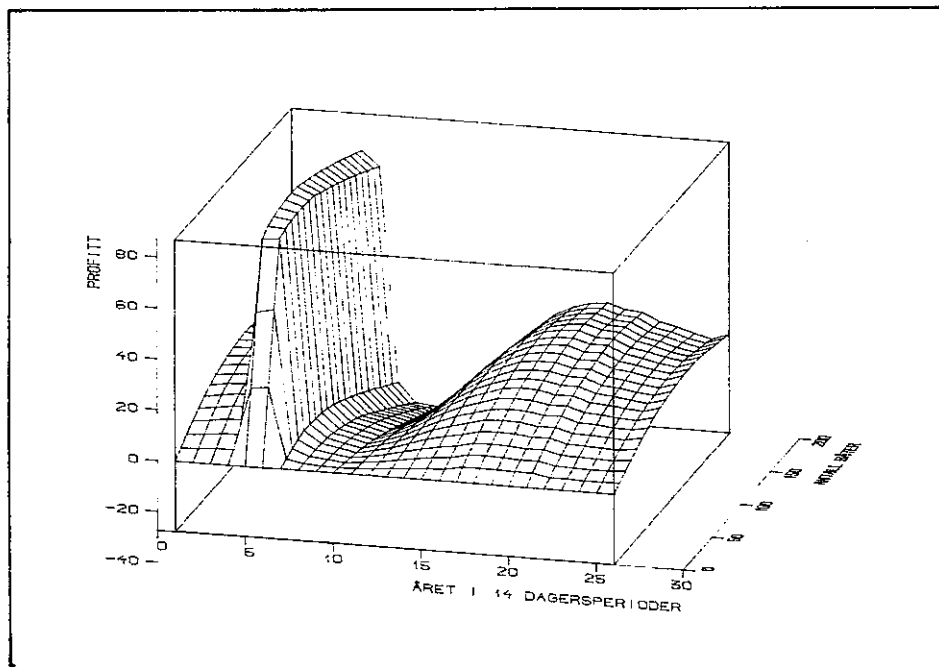
Det foregående avsnittet omhandler den gunstigste beskatningen sett isolert biologisk. Dette avsnittet har omhandlet fangst-effektivitet. Begge disse avsnittene "peker ut" gunstige tidspunkter for fangst, avsnitt 8.1.1. i slutten av september og avsnitt 8.1.2 der fangsteffektiviteten er størst, nemlig om vinteren. I det neste avsnittet vil priser og kostnader bli brakt inn i analysen. De økonomiske parametrene kombinert med de fangstmengde og fangstinnsats vil være et god grunnlag i den videre analysen fram mot å finne det gunstigste fiskeintervallet.

### 8.1.3. DEN KORTSIKTIGE PROFITTFUNKSJONEN'S BETYDNING.

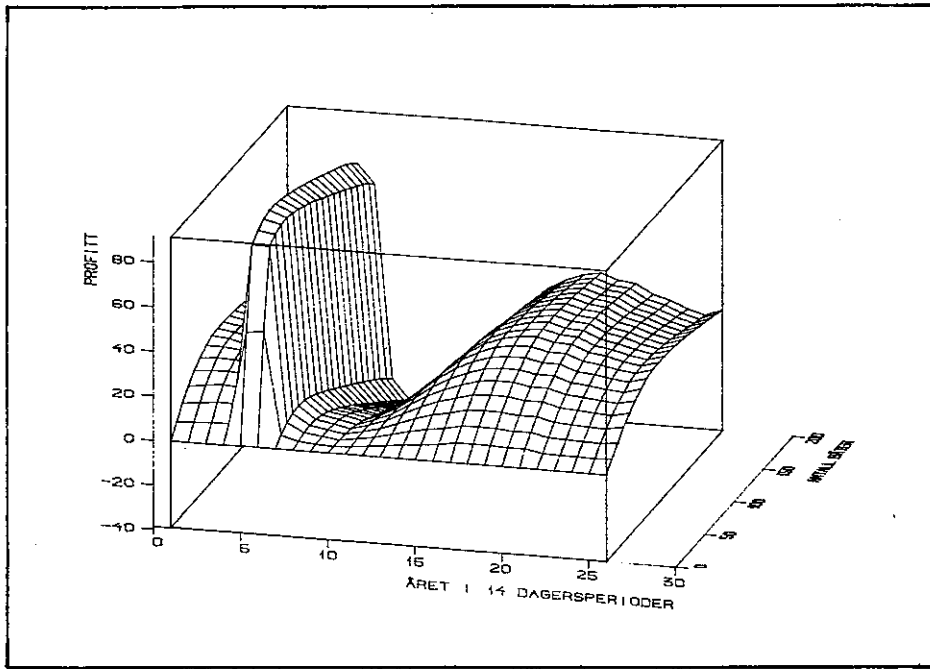
I dette avsnittet vil jeg se på utviklingen i fartøygruppenes kortsiktige profittfunksjon, innen hver enkelt periode, når antall fartøyer øker, og hvordan profittfunksjonene varierer fra periode til periode. Profitten framkommer som kjent som differansen mellom de samlede inntektene og de samlede kostnadene (se ligning 22; avsnitt 2.2.2.). Inntektene en periode framkommer som produktet av pris og mengde til anvendelsene konsum og oppmaling (se ligning 132; avsnitt 5.3.4.) og kostnadene for en periode som summen av kapitalkostnader, driftsavhengige kostnader, brennstoffkostnader og arbeidskraftkostnader (se ligning 140; avsnitt 6.6.7.). Ved å sette inn ligningene 132 og 140 i ligning 22 framkommer følgende ligning:

$$= OR+KR-(KK+DK+BK+AK), \quad (143)$$

der OR og KR er inntekter fra hhv fangstandel levert til oppmaling og fangstandel levert konsum og KK, DK, BK og AK i samme rekkefølge er kapitalkostnader, driftsavhengige kostnader, brennstoffkostnader og arbeidskraftkostnader.



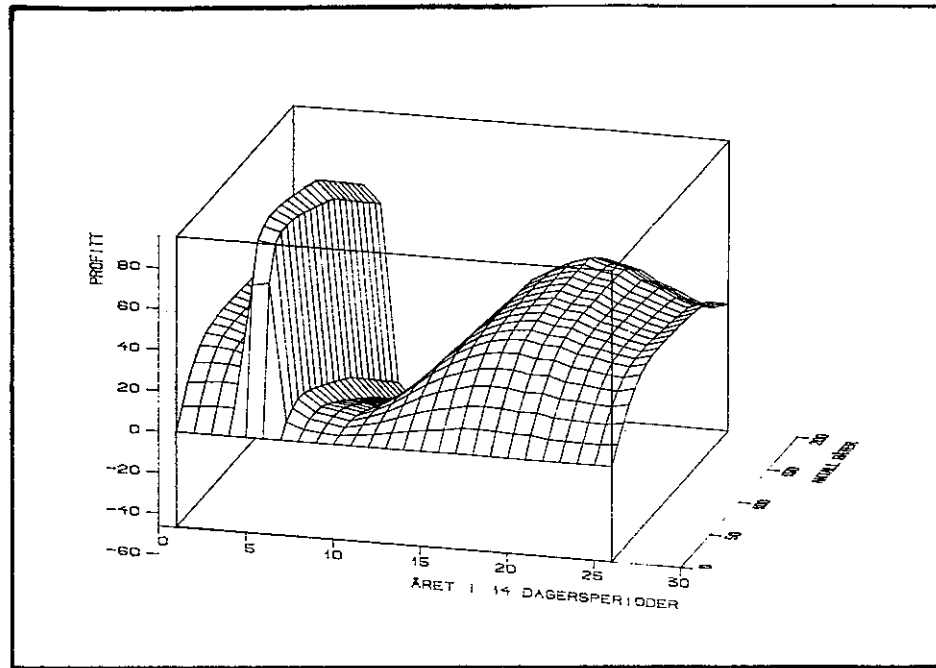
Figur 8.2a: Kortsiktig profittfunksjon som funksjon av antall fartøyer med konsesjonskapasitet fra 0 til 3999 hl, og tid på året. Denne figuren er laget på grunnlag av simuleringer i henhold til ligning 143 og under forutsetning av at  $W > 0$  for alle simuleringene.



Figur 8.2b: Som i Figur 8.2a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl.

Simuleringsmodellen er kjørt med hensyn på ligning 143 med fra 0 til 200 fartøyer i hver periode under forutsetning av at  $W > 0$  gjennom hele simuleringsprosessen. Resultatene av disse kjøringene er vist i Figurene 8.2a..d.

Figurene 8.2a..d viser identiske utviklingstendenser selv om det er forskjeller i størrelsen på resultatene mellom gruppene. Utviklingstendensen for alle fartøygruppene og i alle periodene er at profitten øker mot et maksimum for siden å avta når antall fartøy i fiske øker. Denne utviklingen kommer av eksternalitetene i fiske slik som disse er beskrevet i underkapittel 4.5.. Maksimum angir periodens  $E_{mey}$ . Med henvisning til teorikapittelets Figur 2.7b og diskusjonen i avsnittene 2.2.3 og 2.11.3 kan en ikke ut i fra Figurene 8.2a..d si noe om hvordan forholdet er mellom  $E_{mey}$  og  $E_{msy}$ . For å repetere kort så viser jeg i avsnitt 2.11.3 at dersom  $E_{msy} > E_{mey}$  skal det foregå et vedvarende fiske gitt at målet er å maksimere profitt. Problemet hadde vært relativt enkelt å løse dersom en kun skulle fiske i en av årets perioder. Ved fiske i flere enn en periode vil  $E_{msy}$  være en sum over de periodene fiske foregår.  $E_{msy}$  vil således være vanskelig å bestemme. Dette antyder at en må gå inn på konkrete simu-



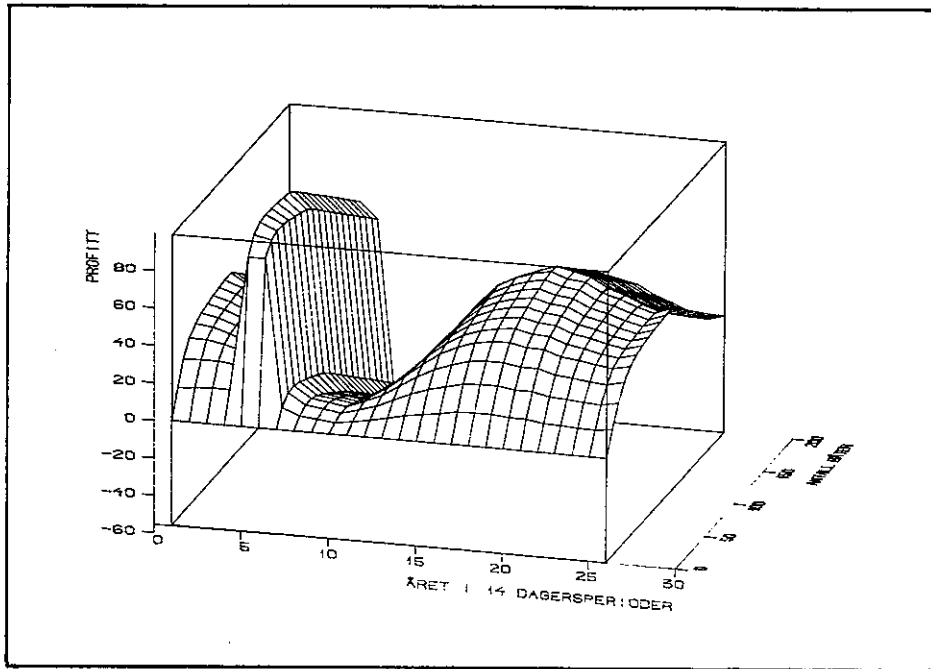
Figur 8.2c: Som i Figur 8.2a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 6000 til 7999 hl.

leringer mhp å finne maksimum profitt i situasjoner der en ønsker å fiske i flere enn en periode per år. Utviklinga i profittfunksjonene over året for de fire fartøygruppene vil likevel være et godt grunnlag for å bestemme om en periode, eller en sekvens av perioder, er gunstige eller ugunstige når det gjelder å maksimere profitt fra fiske.

I det følgende vil jeg gå nærmere inn på simuleringsresultatene.

Variasjon i utviklingen av profittfunksjonen mellom periodene kan forklares med to forhold, nemlig prissammenhengen (se kapittel 5) og produktfunksjonen. Produktfunksjonen viser mengde lodde fanget i hver periode som funksjon av antall deltakende fartøyer. Multiplisert med prisvariasjonen, både til konsum og til oppmaling, gir dette variasjonen i inntekter mellom periodene. Kostnadene varierer mindre enn inntektene. Kapitalkostnadene, de driftsavhengige kostnadene og arbeidskraftkostnadene er like store i hver periode per fartøy. Det som varierer på kostnads-siden er drivstoffkostnadene. Drivstoffkostnadene øker når fisket blir mere fraktintensivt, dvs når avstanden mellom fangstfelt og kysten øker. Variasjonen i profitt mellom periodene kan altså forklares med fartøyenes effektivitet vist ved produktfunksjonene

og variasjonene i prisene.



Figur 8.2d: Som i Figur 8.2a for fartøy med konsesjonskapasitet på 8000 hl og over.

Det vil være tre trekk i utviklingen mellom sesongene av profitten som funksjon av antall fartøyer i fiske, som vil være interessante, nemlig maksimumspunkter, utviklingen i den deriverte av profitten mhp fiskeinnsats  $\partial\Pi/\partial E$  og utviklingen i den deriverte av profitten med hensyn på tid  $\partial\Pi/\partial t$ . Maksimumspunktene vil vise i hvilke deler av året og hvilken fiskeinnsats som vil gi det største resultatet under forutsetning av at bestanden ikke nedfiskes. Utviklingen i  $\partial\Pi/\partial E$  vil vise i hvilke deler av året fartøyene har størst økonomisk effektivitet og utviklingen i  $\partial\Pi/\partial t$  vil gi trenden i utviklingen over året. Jeg vil ikke foreta beregninger av størrelsene  $\partial\Pi/\partial E$  og  $\partial\Pi/\partial t$ , men kun vurdere de relative størrelse mellom perioder ved å se på stigningen i profittkurvene.

Figurene 8.2a..d viser to maksimumspunkter, et om vinteren i periodene 5 og 6, og et om høsten i periode 19. Altså maksimumsperioder fra midten av mars til midten av april og omkring midten av september. Utviklingen fram i mot disse maksimumspunktene er forskjellig ( $\partial\Pi/\partial t$ ). Mens utviklingen i  $\partial\Pi/\partial t$  fram mot maksimum

om høsten er langsomt avtakende mot 0 i periode 19 som følge av den relativt langsomme prisøkningen sålenge fettinnholdet øker, så kommer toppen om vinteren som følge av prishoppet i konsumfisket. Prishoppet medfører at  $\partial \Pi / \partial t$  nærmest går mot uendelig mellom periode 4 og 5. Det samme prishoppet gjør også at  $\partial \Pi / \partial E$  er svært stor sålenge konsumfisket pågår. Straks dette avtar øker profitten kun langsomt. Vintertoppen kommer på et tidspunkt der  $\partial \Pi / \partial t$  er avtakende, mens toppen om høsten føyer seg geometrisk "riktigere" inn i bildet. Dersom en betrakter utviklingen i  $\partial \Pi / \partial E$  i det intervallet  $\partial U / \partial E > 0$  ser en at  $\partial U / \partial E$  er størst i periodene 5 og 6 og er større om vinteren før periodene 5 og 6 enn  $\partial \Pi / \partial E$  er i periode 19 eller noe annet tidspunkt på året. Dersom en betrakter utviklingen i  $\partial \Pi / \partial t$  før og etter maksimum i periode 19 ser en at størrelsen avtar langsommere etter minimum enn før. Dette kommer at to faktorer; produktfunksjonen (Figurene 4.3a..d) viser en økende tendens og fettinnholdet avtar langsommere enn det økte i oppbyggingsfasen slik at prisene synker langsommer enn de øker.

Ved valg av sesong viser Figurene 8.2a..d at det i alle fall skal fiskes i periodene 5 og 6 og at de mest ulønnsomme periodene å fiske i er periodene 7 til 13 (medio april til primo juli). Hvorvidt en skal fiske i andre perioder, og i så fall hvilke, vil være avhengig av hvor stor beskatning bestanden tåler. Tåler bestanden stor beskatning vil en fiskeperiode omkring periode 19 peke seg ut som sannsynlig i tillegg til fiske i periodene 5 og 6. Tåler derimot bestanden ikke en så sterk beskatning vil det være mere fordelaktig å fiske tidlig om vinteren ( $t < 5$ ) enn om høsten på grunn av  $\partial \Pi / \partial E$  er større om vinteren enn om høsten. Dersom bestanden tåler stor beskatning vil der være sannsynlig med to sesonger, en om vinteren og en om høsten. Des mindre beskatning bestanden tåler des mere sannsynlig blir det med fiske kun om vinteren.

I avsnitt 8.1.1. viser analysen maksimum for individvekst, biomassemaksimum, samt sesongstart og slutt i periode 20. Denne analysen har vist maksimum  $\Pi$  i periode 19. Forskyvningen kommer av at produktfunksjonen her har sitt minimum i periode 20. Dersom en, uten å begrunne dette nærmere nå, går ut i fra at fisket skal strekkes over endel perioder på høsten vil altså sesongen for-



deles omkring periode 19. I henhold til teorien (se underkapittel 2.8) skal sesongen i et slikt tilfelle legges med et like stort tidsrom før maksimum som etter. Hvordan denne fordelingen skal være i dette case avhenger av utviklingen i  $\partial\Pi/\partial t$ . Som jeg har påpekt tidligere så minker  $\partial\Pi/\partial t$  mindre etter periode 19 enn før. Dette peker mot en forskyvning av sesongen slik at en får en kortere fiskeperiode før maksimum enn etter.

I teorien er betydningen sesongveksten har for valg av riktig fangststrategi viet stor oppmerksomhet. Denne diskusjonen har som forutsetning at kostnadene per fiskeinnsatsenhet er konstante over hele året. I avsnitt 2.9.1. omtales kort betydningen skift i kostnadsfunksjonen og produktfunksjonen kan ha. Til nå har diskusjonen i stor grad dreid seg om hvilke implikasjoner et skift i kostnadsfunksjonen har for valg av fangststrategi. Et annet "forstyrrende" element sett i forhold til teorien er hoppet prisen gjør som følge av konsumfisket. Dette fenomenet omtales ikke eksplisitt i teorien. Ut fra underkapittel 2.7. og avsnitt 2.9.1. kan en imidlertid finne den teoretiske forklaringen. I underkapittele 2.7. omhandles prisen som tidsfunksjon og i avsnitt 2.9.1. hva som skjer når c/p forholdet endres.

Til nå er likhetstrekkene i profittfunksjonene til de fire fartøygruppene behandlet. I det videre vil jeg se på forskjellene mellom gruppene. Dersom en først betrakter høsten ser en at høstfisket, som er det mest fraktintensive, vil favorisere store fartøy. Et fiske kun i periodene 5 og 6 favoriserer i langt mindre grad store fartøy selv om tendensen til profittøkning også her er tilstede. Mens profittmaksimum i løpet av høsten er økende fra 20 til 50 millioner kroner fra minste til største fartøygruppe så øker toppen om vinteren kun fra 80 til 90 millioner og økningen stagnerer sågar fra den nest største fartøygruppa og oppover. Dette antyder at sansynligheten for to sesonger øker med økende fartøystørrelse. Resultatet i vinterfiske vil også være mindre følsomt for endringer i fartøystørrelse enn resultatet fra høstfiske vil være. Selv om inntrykket av denne analysen er at lønnsomheten øker med økende fartøystørrelse er det for tidlig å trekke en bastant konklusjon. Grunnen er at jeg kun har operert med tendenser slik at presisjonsnivået i analysen er svært lavt. For å finne ut hvilken fartøygruppe som skal benyt-

tes, hvor mange fartøyer som skal benyttes og når sesongen starter og slutter er det derfor nødvendig å foreta nøyaktige simuleringer og sammenligne resultatene mellom fartøygrupper og mellom sesonger.

## 8.2. DYNAMISK OPTIMERING.

Jeg har nå klarlagt hvilke implikasjoner utviklinga i individvekt, pris og vandringsmønster har for å bestemme det riktige tidsrom å fiske over. I tillegg til at sesongen skal finnes er det også viktig å finne antall fartøyer (E) og hvilken fartøygruppe som er den riktige. Det overordnede målet ved bestemmelsen av disse parametrene er at  $\Pi$  skal maksimeres. Målet å finne disse parametrene har betydning for oppbyggingen av den videre simuleringen. I og med at simuleringsmodellen ikke er laget slik at den selv finner fram til den optimale kombinasjonen av parametre har det vært nødvendig å foreta gjentatte kjøringar for å finne den maksimale nåverdien etter 50 års fiske.

Appriori er det lett å forutsi at den beskatningsstrategien som for enhver sesonglengde vil gi størst profitt er den beskatningsstrategien der bestanden akkurat er nedfisket det siste året i simuleringsperioden. Som tillegskrav har jeg derfor satt at bestanden skal være i "god kondisjon" ved simuleringsperiodens utløp. Med "god kondisjon" forstår jeg en bestand som hverken er sterkt overbeskattet eller sterkt underbeskattet. I underkapittel 3.5. er Hamre og Tjelmeland (1892) sine resultater referert. De har bestemt gytebiomasse ved MSY under forutsetning av kun vinterfiske, kun høstfiske og et like stort fiske både vinter og høst. Gytebiomassen under gjeldene forutsetninger er ved vinterfiske 0.45 millioner tonn, ved høstfiske 0.33 millioner tonn og ved fiske både vinter og høst 0.40 millioner tonn. Jeg vil bruke disse tallene som krav til gytebiomassens størrelse ved simuleringsperiodens utløp når de før omtalte parametrene skal bestemmes.

Først har jeg kjørt modellen uten fiske for å finne ved hvilken bestandsstørrelse modellen stabiliserer seg. Bestandsstørrelsen vokser til 4.2 millioner tonn (2+) lodde med en gytebiomasse på 1.4 millioner tonn. Til sammenligning er tallene fra Hamre og

Tjelmeland (1982) (se underkapittel 3.5.) hhv 5.5 og 1.8 millioner tonn. Resultatene er ikke identiske, men jeg regner den for gode nok til at konklusjonene i oppgaven skal gi mening. Grunnen til at "min" modell stabiliserer seg på et lavere nivå kan være at individveksten i større grad er gjort tettetsavhengig en hva som er tilfelle for modellen som ligger til grunn for Hamre og Tjelmeland (1982) sine resultater.

### 8.3. DEN OPTIMALE LØSNINGEN.

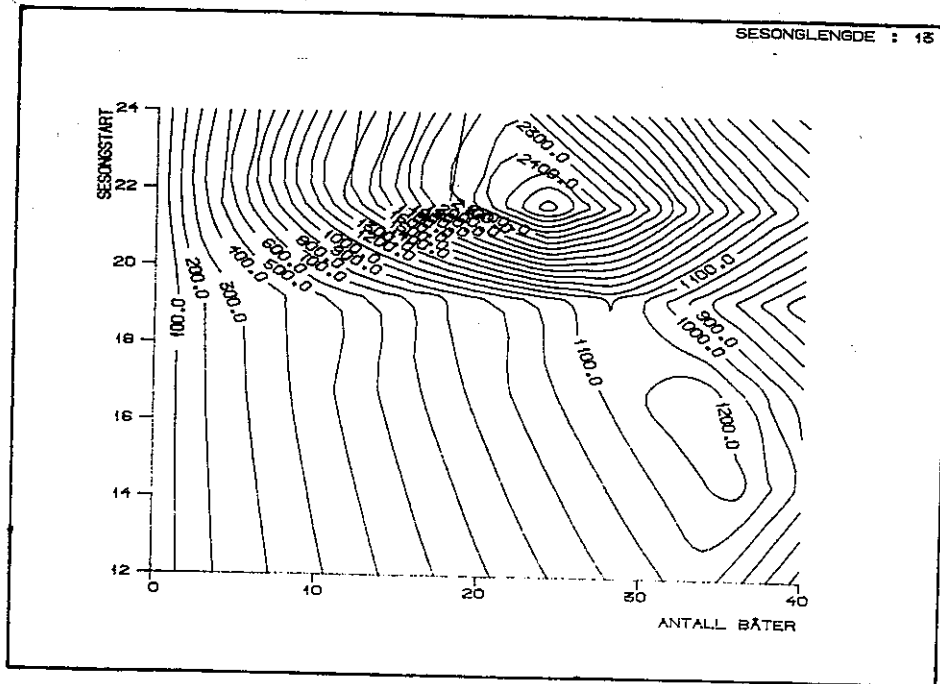
Følgende strategi er benyttet ved simuleringene for å finne den kombinasjonen av fartøystørrelse, sesongstart, sesonglengde og antall fartøyer som maksimerer  $\Pi$  fra loddefiske i Barentshavet:

- 1) Valg av en lang sesong der sesongsrart forskyves suksesivt utover høsten. Tidsrommet simuleringene foregår over skal være så lang at det er mulig å få med begge toppene.
- 2) Valg av to sesonger, en om høsten og en om vinteren.
- 3) Valg av kortere sesonger høst og vinter.

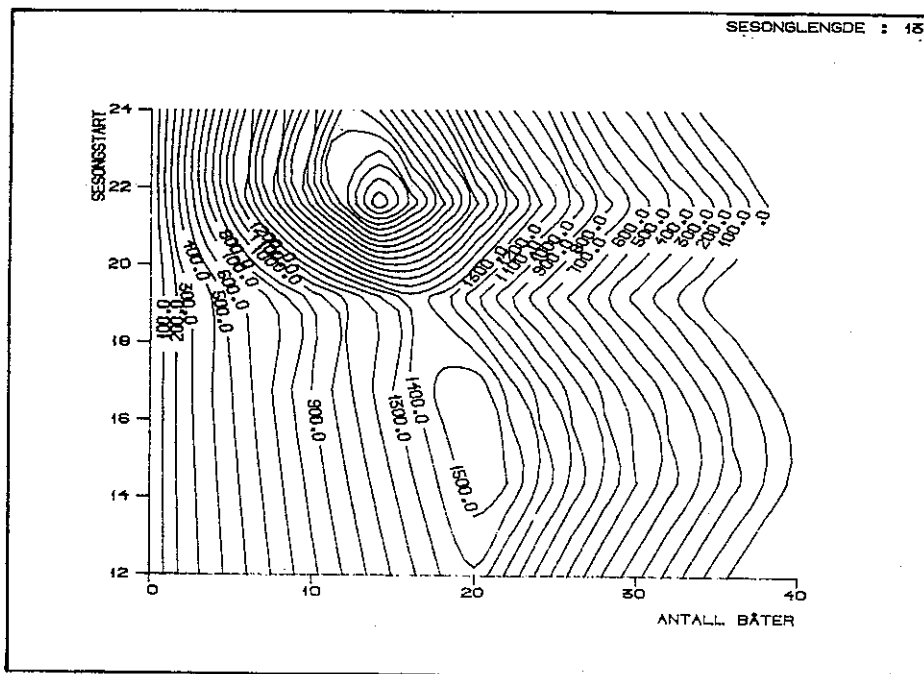
#### 8.3.1. LANG SESONG.

Ved første simulering ble det valgt en sesonglengde på 13 perioder, dvs ca seks måneder. Første sesongstart ble lagt til periode 13 og siste sesongstart til periode 23. Første simulering vil dekke tidsrommet fra periode 13 til periode 26, dvs årets seks siste måneder. Siste simulering vil start ultimo november og vare til ultimo mai året etter. Etter endt simulering i en sesong flyttes starttidspunktet til neste sesong. Resultatene er presentert i Figurene 8.3a..d og representerer isoprofitlinjer fra resultatet av 11 simuleringer. I x-retning (horisontalt) kan nåverdien av bestanden ved start i en bestemt periode og fiske i 13 perioder avleses. Figurene 8.3a..d viser følgende:

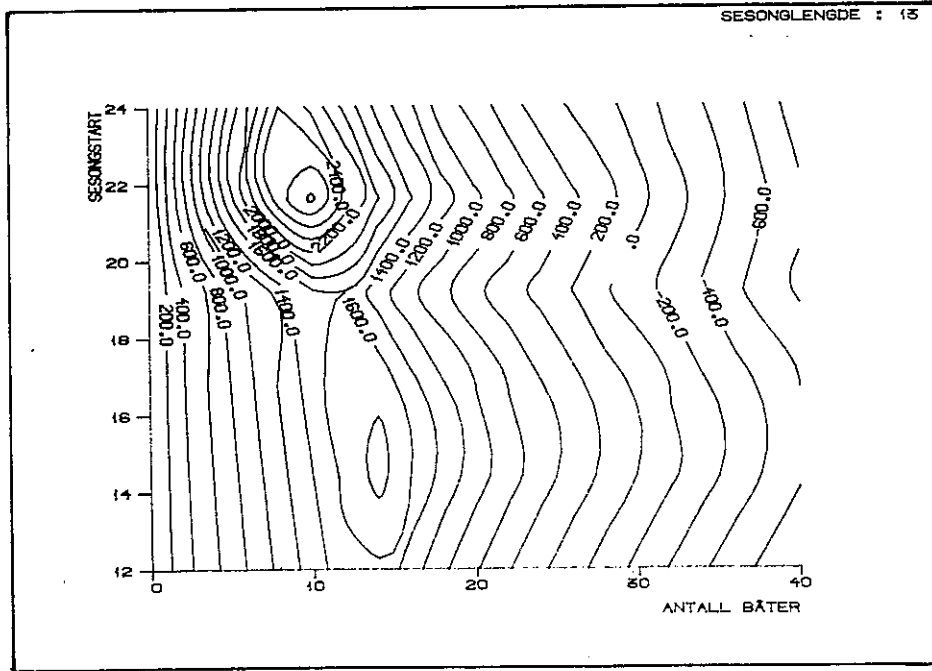
- i) For alle sesongstarter når profitten et maksimum for siden å avta med økende antall fartøyer (E).



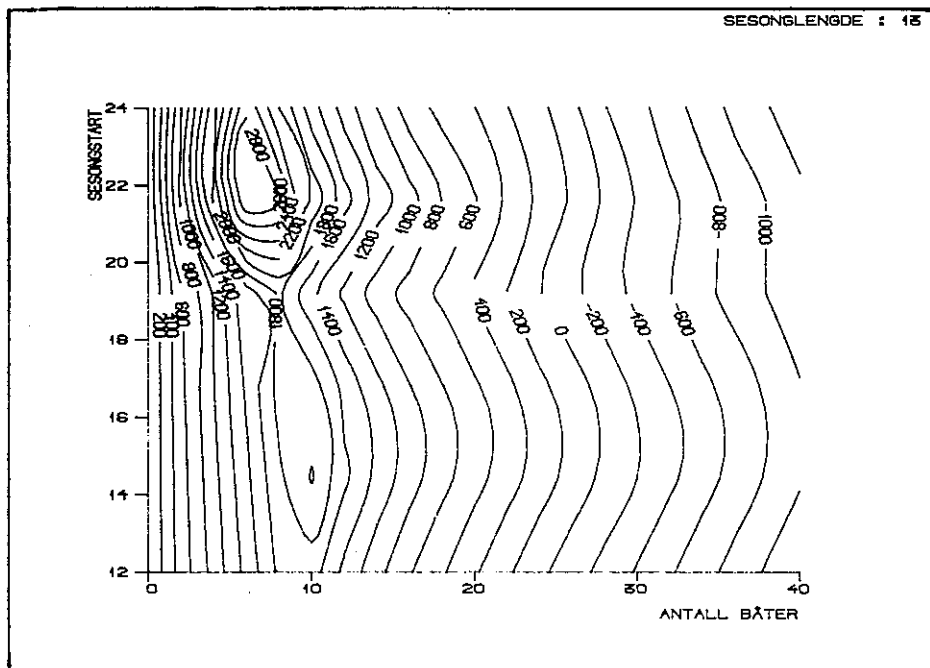
Figur 8.3a: Nåverdi av loddebestanden i Barentshavet etter femti års fiske når diskonteringsrata er 0.07, som funksjon av antall fartøyer med konsesjonskapasitet fra 0 til 3999 hl, og tid på året. Resultatet er frambragt ved gjentatte kjøringar av simuleringsmodellen LODDEDY. Sesonglengden er 13 perioder, første simulering starter i periode 13 og siste simulering starter i periode 23. Simuleringene er foretatt med en periodes mellomrom.



Figur 8.3b: Som i Figur 8.3a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl.



Figur 8.3c: Som i Figur 8.3a for fartøy med konsesjonskapasitet fra 4000 til 5999 hl.



Figur 8.3d: Som i Figur 8.3a for fartøy med konsesjonskapasitet på 8000 hl og over.

ii) Det finnes to maksimum et om høsten og et om vinteren. Maksimum på høsten inntreffer når en starter fiske i periode 15 (primo august) og fisker til periode 2 året etter for alle fartøygruppene. Dette maksimum inntreffer ved at det for fartøygruppene 1..4 deltar hhv 36, 20, 14 og 10 fartøyer. Det andre maksimum inntreffer ved start i periode 21 og fiske til periode 8 året etter. Dette maksimumspunktet starter ved at det for fartøygruppe 1..4 deltar hhv 24, 14, 10 og 8 fartøyer.

iii) En oppnår et høyere resultat ved å utsette fisket til periode 21 enn å starte fiske i periode 15. For start i periode 15 er høyeste nåverdi av bestanden for fartøygruppene 1..4 hhv ca 1.2, 1.5, 1.8 og 2.0 milliarder 1983 kr og for start i periode 21 er høyeste nåverdi ca 2.7, 2.8, 3.0 og 2.8 milliarder 1983 kr. En ser at resultatet i høstfiske øker klart mere enn resultatet fra vinterfiske når fartøystørrelsen øker. Dette er vist tidligere i underkapittel 8.1.3.. Et interessant trekk er at nåverdien er høyere for fartøygruppe 3 enn for fartøygruppe 4.

iv) Ved å undersøke gytebiomassen finner en at denne er 0 når nåverdien for en simuleringsperiode er på sitt høyeste. Dette er som forutsagt ved innføring av krav til gytebiomassen. En må følgelig velge en mindre fiskeinnsats, men i den kjøringen som gir høyest nåverdi, for å finne den optimale parameterkombinasjonen som oppfyller kravene til gytebiomassens størrelse. Dette vil jeg kun gjøre for den kjøringen der jeg finner det høyeste maksimumspunktet i og med at jeg der også vil finne  $\Pi_{\max}$ .

Nedgangen i nåverdi etter maksimum kommer av at det i modellen ikke er tatt hensyn til at bestanden er nedfisket slik at kostnadene fortsetter å løpe. 0-isokvantene i disse figurene angir derfor ikke bioøkonomisk likevekt.

### 8.3.2. TO SESONGER.

Ut fra simuleringsresultatene vist i Figurene 4.3a..d har jeg valgt ut to sesonger. En om vinteren i perioden 5 og 6 og en om høsten omkring periode 19. Resultatene fra disse simuleringene vil ikke bli gjenstand for samme inngående drøftingersom over. De vil isteden bli presentert i Tabell 8.3.

Tabell 8.3: Resultater fra simuleringer med to sesonger, en om vinteren og en om høsten. Vintersesongen holdes fast til konsumfisket, periodene 5 og 6. I høstsesongen varieres oppstart. Sesonglengde gis i antall perioder. Tabellen viser simulering med hhv 4 og 6 perioders sesong om høsten. I kolonnene med / vises resultatene fra fire perioders sesong til høyre og for seks perioders sesong til venstre. Start viser hvilken sesongstart som gir størst resultat. Antall båter viser E ved størst resultat. Resultatet er nåverdi i milliarder 1983 kr.

Fart.gr.	Vinter	Høst		Antall fart.	Resultat
		Start	Lengde		
1	5+6	18/17	4/6	56/44	2.15/2.15
2	5+6	18/17	4/6	32/26	2.30/2.45
3	5+6	18/17	4/6	22/17	2.50/2.65
4	5+6	18/17	4/6	16/13	2.70/2.80

Konklusjonen på disse simuleringene er at en økning av sesongen med to perioder om høsten har liten betydning for resultatet. En lang sesong som inkluderer konsums-sesongen gir høyere resultat enn fiske i to sesonger. Dette gjelder selv om, som jeg viser i neste avsnitt, en velger den sesongen som med kun høstfiske gir høyest resultat i tillegg til de to mest lønnsomme vinterperiodene. Jeg fant ikke grunn til å undersøke denne løsningsstrategien videre før jeg har undersøkt alternativet med 1 sesong grundig.

### 8.3.3. EN KORTERE SESONG.

Det første alternativet som ble testet var forskjellige varianter av høstfiske; en med 5, en med 6 og en med 7 perioders sesong. Største resultatet ble oppnådd med 6 ukers sesong. Resultatene er presentert i Tabell 8.4 og viser både det maksimale resultatet og det resultatet som tilsvarer en gytessesong på 0.33 millioner tonn. Dersom en kun skulle fiske om høsten vil den samfunnsøkonomisk beste løsningen være: Fiske med 22 av de største fartøyene i fra periode 18 til periode 24, dvs fra medio september til ut november.

I teorien har jeg vist (underkapittel 2.8.) at sesongen skal legges slik at maksimum kommer midt i sesongen når en ikke kan sette inn  $F = F_{max}$ . I avsnitt 8.1.3. har jeg diskutert dette ut i fra betraktninger omkring utviklingen av  $\partial\pi/\partial t$  og finner at fisket med fordel kan starte senere enn teorien antyder. Maksimum profitt om høsten kommer i periode 19 og en får således, ved

**Tabell 8.4:** Simuleringsresultater fra fiske om høsten. I resultatkolonnen vises resultatene når kravet til gytebiomassen er oppfylt (SW = 0.33 millioner tonn) til høyre, og maksimalresultatet til venstre. I kolonnen for antall fartøyer koresponderer tallene med tallene fra resultatkolonnen. Resultatene viser nåverdi i milliarder 1983 kroner.

Fart.gr.	Høst		Antall fart.	Resultat
	Start	Lengde		
1	18	6	80/76	1.2/1.1
2	18	6	50/48	1.7/1.6
3	18	6	35/33	2.0/1.9
4	18	6	23/22	2.2/2.1

valg av den løsningen som antydnet i dette avsnittet, kun en periodes fiske før maksimum mot fire etter. En har således ikke den symetrien som som den teoretiske løsningen impliserer.

I dag startes sommerloddefisket omkring 20 august. Min analyse viser i likhet med Flåm m.fl. (1984) at det vil lønne seg å vente entid med oppstart av sommerloddefisket. Flåm m.fl. (1984) viser likeledes at en bør utjevne innsatsen for å øke det samfunnsøkonomiske resultatet fra sommerloddefisket. Dette gjøres automatisk modellen LODDEDY i og med måten modellflåten fisker.

Det neste jeg vil teste er konsumfisket. Resultatet fra dette fisket er vist i Tabell 8.5.

**Tabell 8.5:** Simuleringsresultater fra fiske i konsumsesongen Periodene 5 og 6). I resultatkolonnen vises maksimalverdien til høyre og resultatene fra konsumfisket til venstre. I kolonnen for antall fartøyer koresponderer tallene med tallene fra resultatkolonnen. Resultat er nåverdi i milliarder 1983 kroner.

Fart.gr.	Sesong	Antall fart.	Resultat
1	5+6	80/30	1.45/1.30
2	5+6	53/18	1.62/1.35
3	5+6	49/11	1.72/1.36
4	5+6	43/8	1.88/1.40

Tabell 8.5 viser at et fiskeri kun under konsumfisket er mindre lønnsomt enn fiske i to sesonger (Tabell 8.3) og fiske om høsten. Etter at konsumfisket er over øker lønnsomheten lite når antall fartøyer øker. Profitten øker når fartøystørrelsen øker også under konsumfisket, men tendensen er meget svak. Konklusjon: Dette er ikke den optimale løsningen. Den optimale løsningen



peker mot ferre båter og et lengre fiskeri.

Det neste steget vil være å undersøke fiske i en lengre vinterse-  
song og sammenligne resultatene med fiske i to sesonger. Jeg har  
foretatt simuleringer for 1 til 11 perioders sesong med forskjel-  
lig oppstart og sammenlignet resultatene innbyrdes. Resultatene  
for den beste parameterkombinasjonen er presentert i Tabell 8.6.

Tabell 8.6: Simuleringsresultater fra fiske om vinteren. I resultatkolonnen vises resultatene når kravet til gytebiomassen er oppfylt (SW = 0.45 millioner tonn) til høyre, og maksimal- resultatet til venstre. I kolonnen for antall fartøyer koren- sponderer tallene med tallene fra resultatkolonnen. Resultatene viser nåverdi i milliarder 1983 kroner. Nederste linje i denne tabellen viser den optimale parameter kombinasjonen.				
Fart.gr.	Vinter		Antall fart.	Resultat
	Start	Lengde		
1	2	5	44/40	2.8/2.9
2	2	5	25/23	3.0/3.0
3	2	5	17/16	3.2/3.1
4	2	5	12/10	3.3/3.2

Tidligere er det foretatt undersøkelser av en lang sesong, to  
sesonger og fiske kun om høsten. Ingen av disse simuleringene  
viser høyere nåverdi av loddebestanden i Barentshavet enn den som  
er vist i Tabell 8.6. Svaret på problemstillinga definert i  
kapittel 1. blir derfor: **Den optimale fangststrategien for å  
maksimere nåverdien er sesongstart i periode to (medio januar) og  
fiske ut periode seks (primo april) med ti av fartøyene med  
kosesjonskapasitet på 8000 hl og over.** Grunnen til at denne  
løsningen er den beste er, med henvisning til avsnitt 8.1.3., at  
ØNE er større tidlig på vinteren enn hva som er tilfelle i den  
andre aktuelle sesongen nemlig omkring periode 19. **Vandrings-  
mønsteret betyr altså mere enn sesongveksten ved valg av beskat-  
ningsstrategi.** En ser videre at forskjellen i nåverdi mellom  
fartøygruppene er langt mindre enn hva som var tilfelle for fiske  
om høsten.

En ser av Tabellene 8.4 og 8.6 at reduksjonen i fiskeinnsats  
skal være svært liten før gytebiomassen økes fra 0 til det kravet  
som ble stilt i underkapittel 8.2.. Dette gir seg også det  
utslag at reduksjonen fra den maksimale nåverdien til den nå-  
verdien som representerer optimal løsning er liten.

#### 8.4. KOMENTARER TIL OPTIMAL LØSNING.

Denne oppgaven hadde opprinnelig som formål å finne betydningen sesongvekst har for valg av optimal fangststrategi i loddefisket i Barentshavet. Resultatet av analysen viser at sesongveksten betyr mindre for resultatet enn vandringsmønsteret gjør. Det som imidlertid er interessant som en oppfølging av denne analysen vil være å systematisk endre forutsetningene. Dette vil være et svært arbeid som jeg stort sett vil la ligge. Jeg vil imidlertid kort kommentere to forhold som kan endre det optimale resultatet i framtiden: Fangstsinnsatsens alternativkost og fartøystørrelse.

I dag er resursgrunnlaget for ringnotflåten iferd med å forbedres radikalt. Grunnen er to meget sterke sildeårsklasser. Dersom en foretok en lignende analyse på atlanto-skandisk sild, som det er foretatt i denne oppgaven, føler jeg meg overbevist om at konklusjonen ville blitt vinterfiske. Denne overbevisningen har jeg pga sildas vandringsmønster og pga at kjønnsproduktene rogn og melke har relativt høy salgsverdi. Dette betyr at fangstsinnsatsens alternativkost vil økes sterkt i vintersesongen. Dette kan føre til at den optimale løsningen blir beskatning av lodda om høsten og beskatning av silda om vinteren. Nå er jeg imidlertid inne på en flerfiskerianalyse for en flåte, og dette leder videre til neste tema, fartøystørrelse.

I denne oppgaven har jeg vist at lønnsomheten øker med økende fartøystørrelse når fiskeinnsatsens alternativkost er 0. I dag opereres det i svært liten grad med fartøyer som kun deltar i et fiskeri. Flåten som fisker lodde deltar bl.a. i sildefiske, makrellfiske, selfangst, seifiske, kolmulefiske og rekefiske. Med dette i tankene vil problemstillingen bli: Hva er den optimale tilpasningen gitt at flåten skal beskatte flere arter? Jeg tror svaret på dette spørsmålet vil peke mot en differensiering av fartøystørrelsen. Spørsmålet ved nybygg av fartøy som skal benyttes til loddefiske vil altså være: Hvilke andre fiskerier er aktuelle? Er svaret kolmulefiske vil en velge et stort fartøy siden dette fiskeriet i likhet med loddefisket er fraktintensivt. Er svaret derimot seifiske eller rekefiske, som er typiske konsumfiskerier, vil svaret antageligvis bli mindre fartøy. Grunnen

er at disse fiskeriene er mindre fraktintensive enn den overnevnte kombinasjonen og muligheten for å opperere redskap og fangstbehandlingen antageligvis vil være utslagsgivende. I denne diskusjonen har jeg holdt det rigide systemet konsesjonspolitikken medfører utenfor.

## 9. REFERANSELISTE.

- Andersen, P. 1979.** Fiskeriøkonomi. Sydjysk Universitetsforlag.
- Anon. 1978.** Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 40 fot og over. Budsjettnemda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon. 1979.** Lønnsomhetsundersøkerer for fiskefartøyer 40 fot og over. Budsjettnemda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon. 1980a.** Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m l.l og over. Budsjettnemda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon. 1980b.** Statistisk årbok. Statistisk sentralbyrå.
- Anon. 1981a.** Lønnsomhetsundersøkelser for fiskefartøyer 13 m l.l og over. Budsjettnemda for fiskefartøyer. Fiskeridirektoratet.
- Anon. 1981b.** Årsberetning og regnskap for Nordsildmel A/L.
- Anon. 1982a.** Årsberetning og regnskap for Nordsildmel A/L.
- Anon. 1982b.** Årsberetning og regnskap for Sildemelindustriens Landsforening.
- Anon. 1983a.** Norsk Fiskerialmanakk. Selskapet for De Norske Fiskeriers Fremme. Nordanger.
- Anon. 1983b.** Statistisk årbok. Statistisk sentralbyrå.
- Anon. 1983c.** Årsberetning og regnskap for Nordsildmel A/L.
- Anon. 1984.** Avtlaer, priser og bestemmelser vedrørende råstoff til sildeolje- og sildemelindustrien. Samarbeidsutvalget for Norges Makrellag S/L Norges Sildesalgslag - Feitsildfiskernes Salgslag.
- Brandstein, P. Pers.med..** LO's økonomiske kontor (sentralt).

- Clark, C. W. 1976. Mathematical Bioeconomics - The Optimal Management of Renewable Resources. Wiley - Interscience.
- Clark, C. W., Edwards, G. E. and Friedlaender, M. 1973. Beverton - Holt Model of a commercial fishery: Optimal Dynamics. J. Fish. Res. Board Can. 30:1629-1640.
- Clark, C. W. and Munro 1975. The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach. Journal of Environmental Economics and Management 2, pp 92-106.
- Clark, C. W., Clarke, F. H., and Munro, G. R. 1979. The optimal exploitation of renewable resource stocks: Problems of irreversible investment. Econometrica, Vol. 47, pp 25-47.
- Cloern, J. E. and Nichols, F. H. 1978. A von Bertalanffy Growth Model with a Seasonal Varying Coefficient. J. Fish. Res. Board Can. 35: 14789-1482.
- Christensen, P. Pers.med.. Historiker tilknyttet Institutt for Fiskerifag. Universitetet i Tromsø.
- Digernes, T. 1981. Fart og drivstofføkonomi for fiskefartøyer. FTFI Rapport nr. 664.1-9-1.
- Dommasnes, A. 1981. Stock Size and Mortality Estimates of Barents Sea Capelin Based on Acoustic Methods. ICES C.M. 1981/H:45.
- Eliassen, J. E. 1982 Forelesningskompendium i Fiskeribiologi del 2: Bestandsestimering, Utbytte og Reguletinger. Institutt for Fiskerifag. Universitetet i Tromsø. Serie B: Resursbiologi. nr. 4/82.
- Eliassen, S. Pers.med.. Sjømansforbundet i Tromsø.
- Enger, O. Pers.med.. Nordsildmel A/L, Bergen.
- Erstad, H. Pers.med.. Økonomigruppen ved Fiskeridirektoratet i Bergen.

- Flåm, S. D. 1980a.** Fordeling på kort sikt og tilpassning på lengre sikt i norsk industrifiske. CMI-nr. 802510-6..
- Flåm, S. D. 1980b.** Kapasitet og fordeling i vinterloddefisket. CMI- nr. 802510-7.
- Flåm, S. D. 1981a.** Profitt og kapasitet i industrifisket, ulike flåtealternativ. CMI-nr 812510-1.
- Flåm, S. D. 1981b.** Driftsplanlegging i vinterloddefiske. Råstoffverdi og transportutgifter. CMI-nr. 812510-6
- Flåm, S. D. 1981c.** Kvotefordeling i vinterloddefiske. CMI-nr. 812510-8.
- Flåm, S. D. og Olsen, T. E. 1980.** Tilpassing av snurpeflåten over tid. CMI-nr. 802510-4.
- Flåm, S. D. og Storøy, S. 1980a.** Optimalt industrifiske på årsbasis. Fangst og transport. CMI-nr. 802510-5.
- Flåm S. D. og Storøy, S. 1980b.** Kapitalreduksjon i industrifisket - Dimensjonering av flåta. CMI-nr. 802510-13.
- Flåm, S. D., Hannesson, R., Tjelmeland, S. og Wallace S. W. 1984.** Utjamning og utsetning av haustloddefisket. CMI-nr.842555-4.
- Flåten, O. 1983a.** The optimal harvesting of a natural resource with seasonal growth. Canadian Journal of Economics, vol. XVI, no. 3.
- Flåten, O. 1983b.** Fiskeriplanlegging og Bioøkonomisk Teori. I Hersoug, B. (red.). Kan Fiskerinæringa Styres. Novus.
- Gordon, H. S. 1954.** Thw Economic Theory of a Common Property Resource: The Fishery. Journal of Political Economy 62, pp 124-142.
- Gullestad, P. Pers.med..** Fiskeridirektoratet i Bergen .

- Hamre, J. 1980.** Fiskebestander i Norske Farvann - Naturgrunnlag og Beskatning. Institutt for Fiskerifag. Universitetet i Tromsø. Serie B: nr. 1/80.
- Hamre, J. and Tjelmeland, S. 1982.** Sustainable Yield Estimates of the Barents Sea Capelin Stock. ICES C.M. 1982/H:45. Pelagic Fish Committee.
- Hannesson, R: 1978.** Economics of Fisheries. Universitetsforlaget Bergen - Oslo - Tromsø.
- Hannesson, R. 1979.** En Bioøkonomisk Produktfunksjon for Lofotfisket. Teoretisk og empirisk analyse. Institutt For Økonomi. Universitetet i Bergen. Økonomiske skrifter nr. 25.
- Hannesson, R. 1983.** Bioeconomic production function i fisheries: theoretical and empirical analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 968-982.
- Hansen, T. 1980.** A World Modell for the Fish Meal Market. Working paper no. 6/1980. Center for Applied Research. Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Hersoug, B. Pers.med..** Aman. ved IFF UiTø.
- Jangaard, P. M. 1974.** The Capelin (Malosus vilosus). Biology, Distribution, Exploitation, Utilisation, and Composition. Bull. Fish. Res. Board Can. 186: 70p.
- Kartvoll, T., Lorentsen, L. og Strøm, S. 1980.** Kalkulasjonsrenten. Sosialøkonomen nr. 6 1980.
- Kjerstad, I. Pers.med..** Forsker FTFI-Tromsø.
- Kristiansen, A. 1982.** En Bioøkonomisk Simuleringsmodell av Linefisket ved Færøyene. Fiskerikandidatoppgave. Institutt for Fiskerifag. Universitetet i Tromsø.

**Kristmannsson, S. 1980.** Sildefiske ved Island - en Bioøkonomisk Simuleringsmodell. Fiskerikandidatoppgave. Institutt for Fiskerifag. Universitetet i Tromsø.

**Kaasa, S., Pedersen, S. E. og Simonsen, T. 1977.** Formelsamling for Maritime Skoler. Universitetsforlaget

**Larsen, K. E. 1981.** En korttids produktmakrofunksjon for ringnotfartøyer på vinterloddefiske i 1977. Institutt for Fiskerifag, Universitetet i Tromsø. Serie C: Fiskeriøkonomi nr. 3/81.

**Lensberg, T. 1977.** Systemdynamikk - et eksempel på anvendelse. Institutt for fiskerifag. Universitetet i Tromsø. Serie C: Fiskeriøkonomi nr. 1/77.

**Lie, K. Pers.med..** Forsker ved Slideolje og Sildemelindustriens Forskningsinstitutt.

**Lie, K. 1979a.** Vinterloddefisket 1978 i tall. Meldinger fra SSF nr. 1.

**Lie, K. 1979b.** Vinterloddefisket 1979 i tall. Meldinger fra SSF nr. 3.

**Lie, K. 1980.** Vinterloddefisket 1980 i tall. Meldinger fra SSF nr. 3.

**Lie, K. 1981.** Vinterloddefisket 1981 i tall. Meldinger fra SSF nr. 3.

**Lie, K. 1982.** Vinterloddefisket 1982 i tall. Meldinger fra SSF nr. 3.

**Lie, K. 1983.** Vinterloddefisket 1983 i tall. Meldinger fra SSF nr. 3.

**Longva, L. Pers.med..** Fiskerifagstudent og ringnotfisker.



- Mjelde, A. 1981.** Sommerlodde - en viktig, men problematisk resurs. Meldinger fra SSF nr. 3.
- Munro, G. 1982.** Fisheries, Extended Jurisdiction and the Economics of Common Property Resources. Canadian Journal of Economics. Vol XV, No. 3, pp 405-425.
- NOU 1983:23.** Om grunnlaget for inntektsoppgjøret 1983. Universitetsforlaget Oslo - Bergen - Tromsø.
- Pitcher, T. J. and MacDonald, P. D. M. 1973.** Two models for seasonal growth in fisheries. Journal of Applied Ecology, 10/73, pp 599-606.
- Pugh III, A. L. 1980.** Dynamo User's Manual. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts and London.
- Schaefer, M. B. 1957.** Sitert i Eliassen (1982).
- Tjelmeland, S. Pers.med..** Forsker ved Havforskningsinstituttet med bestandsmodellering av lodde som arbeidsfelt.
- 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: Fiskeriøkonomi nr. 3/77.
- Velhulst, P. F. 1838.** Sitert i Flåten (1983a).

### 10. APPENDIKS I: Fangststatistikk.

Fangst av lodde i Barentshavet i årene 1964 til 1981 i tusen tonn. Kilde Hamre og Tjelmeland (1982).

År	Norge	Sovjett	Andre	Sum
1964	20	-	-	20
65	217	7	-	224
66	380	9	-	389
67	403	6	-	409
68	522	15	-	537
69	679	-	-	679
70	1301	13	-	1314
71	1372	21	-	1393
72	1556	37	-	1593
73	1291	45	-	1336
74	987	162	-	1149
75	943	431	43	1417
76	1949	596	-	2546
77	2116	822	2	2940
78	1122	747	25	1894
79	1109	669	5	1783
80	999	641	9	1649
81	1238	710	28	1976

## 11. APPENDIKS II: Kommentarer til priskalkyleskjemaet.

### Priskalkyleskjema 1984

#### Informasjon om priskalkyleskjemaet

Nedenfor gis en orientering om grunnlaget for prisberegningen og hvorledes basisprisen beregnes. Bokstavene viser til tilsvarende linje i skjemaet. Der-

#### Hva influerer på råstoffprisen?

Fra naturens side inneholder fisken vann, fett og tørrstoff, hvor den overveiende del er proteiner. I det øyeblikket fangsten er kommet ombord i fiskebåten starter nedbrytningsprosessen, d.v.s. bakterier og enzymer angriper proteinet og fettene. Disse reaksjonene går sakte i begynnelsen, men øker i takt med temperaturen og bakterieveksten. Derved blir en del av proteinet nedbrutt til bl.a. ammoniakk. I tillegg til at dette fører til redusert mel- og oljekvalitet, får man også et kvantumstap ved at protein i form av ammoniakk avdrives under opparbeidningen i fabrikkene.

Virkningen av de nevnte forhold finner vi igjen i de tekniske data i kalkyleskjemaet, og de får derved direkte innflytelse på råstoffprisen. Samme forhold avspeiler seg også i markedsprisen gjennom den virkning kvalitetskriteriene har på produktprisene. Fabrikksproduksjonseffektivitet har naturligvis også avgjørende innflytelse på produksjonsresultatet. Erfaring fra senere tid har vist at også den måte omsetning av råstoff gjennomføres på har betydning gjennom den harmonisering en kan tilstrebe mellom fangst og fabrikkproduksjon. Fortsatt er det muligheter for bedring av de forhold som påvirker produksjonsutbyttet. Det vil slå ut i større delingsinntekt for både industri og fisker. Forhandlingspartene er innstilt på årlig å revurdere kalkyldataene for å få fram best mulig overensstemmelse mellom beregnet og faktisk produksjon. Den innsats som gjøres for kvalitetsforbedring i hele produksjonsprosessen, vil derfor også for fisker omgående kunne slå ut i bedret pris.

#### Priskalkyle for råstoff.

##### 1. Kommentarer til beregninger vedr. slidemel.

Kalkyleskjemaet inneholder alle de data som er nødvendige for beregning av pris pr. hl råstoff når en kjenner fett- og tørrstoffinnholdet i råstoffet. Omfalten blir gitt med henvisning til korresponderende bokstav og tekstlinje i skjemaet.

##### A Basis tørrstoff-prosent

Tørrstoffprosenten angir hvor meget de bestanddeler av fisken utgjør som ikke er vann og fett. Den angir altså om råstoffet gir større eller mindre mengde pr. hl. Ved prisberegningen er det analysens tørrstoffprosent som blir lagt til grunn.

##### B Egenvekt råstoff ( $\frac{\text{Hl-vekt}}{100}$ )

Den vekt en baserer beregningene på for hvert råstoffslag, er gjengitt på linje B. (Tørrstoffprosent multiplisert med hl-vekt angir således den totale mengde tørrstoff i en hl råstoff). Taliene er basert på veiinger.

##### C Utvinnbar prosentdel av tørrstoff

Råstoffets beskaffenhet når produksjonen tar til såvel som selve produksjonsprosessen, er årsaker til at man ikke klarer å utvinne alt tørrstoffet. På linje C er angitt de erfaringstall man har for hvor stor del av tørrstoffet som påregnes utvinnbart av de forskjellige råstoffer. Hvis alt tørrstoffet kunne utvinnes, ville utvinnbar prosentdel være 100. Erfaring tilsier imidlertid at utbyttet kan variere for de enkelte råstoffslag og at ingen kan utnyttes 100%. Det fremgår f.eks. at for vinterlodde er utbyttet 99,0% - d.v.s. 1,0% går tapt. For sommerlodde tilsier erfaringstallet at utbyttet bare 98,0%, d.v.s. 2,0% går tapt.

##### D Fettfritt tørrstoff i mel, prosent.

Sammenfattet kan en si at melet består av fett, vann og tørrstoff - hvor tørrstoffet er protein, aske, salt, ammoniakk m.m. Mel som er produsert av de forskjellige fiskesorter, kan ha varierende sammensetning. I denne forbindelse er det variasjonene i dette fettfrie tørrstoff som har interesse. De erfaringstall som gjengir hvor stor prosentdel fettfritt tørrstoff en gjennomsnittlig finner i mel som er produsert av de forskjellige råstoffslag, er anført på linje D.

Ved produksjonen av mel tas det prøver for analyse av bl.a. fett og vanninnhold, fordi det i avregningsreglene er fastsatt grensverdier for en rekke slike kvalitetskriterier. Erfaringstall viser at i mel av vinterlodde f.eks. finner en gjennomsnittlig 7,3% vann og 10% fett, tilsammen 17,3%. De øvrige bestanddeler, 100 - 17,3 = 82,7, kan da sammenfattes som tørrstoff.

##### E Melmengde, kg pr. hl ( $\frac{A \cdot B \cdot C}{D}$ )

Formelen sier hvorledes melmengde beregnes for hvert enkelt råstoffslag på grunnlag av de data som er angitt på linjene A, B og C. For lettere å

komme inn i tankegangen kan vi dele opp beregningen, og den blir nedenfor foretatt med data som er hentet fra rubrikken for vinterlodde:

Vi finner først teoretisk mengde tørrstoff pr. hl = egenvekt (B)  $\times$  tørrstoffprosent (A) =  $1,0 \cdot 14,5 = 14,5$  kg. Imidlertid er utvinnbar prosentdel av tørrstoff 99, slik at samlet utvinnbar tørrstoffmengde pr. hl i dette tilfelle blir  $14,5 \text{ kg} \times \frac{99}{100} = 14,355$  kg.

På linje D finner vi at fettfritt tørrstoff i vinterlodde utgjør 82,7% av mel av vinterlodde. Når således utvinnbart tørrstoff i vinterlodde utgjør 14,355 kg, og vi vet at det tilsvarer 82,7% av mel av vinterlodde, vil melmengden bli  $\frac{14,355 \text{ kg} \times 100}{82,7} = 17,36$  kg.

#### F Melklasser.

Sildemel inndeles i 5 kvalitetsklasser etter proteininnhold. Ved produksjon av de enkelte råstoffslag fremkommer en spredning av produksjonsresultat på forskjellige klasser, og som er avhengig av råstoffets type og kvalitet sammen med fabrikkens evne til å få frem et godt produksjonsresultat. Erfaringstall for klassifisering er gjengitt på linje F.

#### G Melpris pr. kg

Melpris pr. kg er basert på

- Kl. 1 – kr. 3,63 pr. kg min. 74% protein
- Kl. 2 – kr. 3,56 pr. kg min. 72% protein
- Kl. 3 – kr. 3,47 pr. kg min. 70% protein
- Kl. 4 – kr. 3,30 pr. kg min. 68% protein
- Kl. 5 – 4,6 øre pr kg pr prosent protein

Eks.: Beregning av melpris for vinterlodde:

$$70\% \text{ i kl. 3: } \text{kr. } 3,47 \cdot 0,7 = \text{kr. } 2,429$$

$$30\% \text{ i kl. 4: } \text{kr. } 3,30 \cdot 0,3 = \text{kr. } 0,990$$

$$\text{kr. } 3,419$$

#### 2. Kommentarer til beregning vedr. olje.

##### H Basis fettprosent

Det er den fettprosent som er lagt til grunn for prisberegningen i skjemaet.

##### I Ikke utvinnbart fett (fri prosent)

En del av fett i råstoffet går tapt under produksjon og en del finnes igjen i melet. – resten blir til olje. Den del som ikke blir til olje regnes som ikke utvinnbar. Den delen er fastlagt til 2,4% av råstoffet og er den samme for alle råstoffslag.

##### J Oljemengde, kg pr. hl (B(H-I))

Den oljemengde som kan utvinnes tilsvarer fettprosent med fradrag av fri-prosent. Eksempel: Vinterlodde, basis 12% fett – fri-prosent 2,4% = 9,6%.

$$\text{Utvinnbar oljemengde skulle da bli for en hl: } 1,0 \text{ kg} \times \frac{9,6}{100} = 9,6 \text{ kg.}$$

##### K FFA i olje, prosent

Den olje som blir produsert vil ha forskjellig surhetsgrad. Surhetsgraden angis i prosent ffa. Avregningsprisen for olje er fastlagt for en surhetsgrad på inn til 3% ffa. Oljens surhet er avhengig av råstoffkvalitet. Når ffa er høyere enn 3% blir det foretatt trekk i oljeprisen. Trekktsatsen er fastlagt i avregningsregulenes § 5.

En har erfaringstall for gjennomsnittlig prosent ffa i olje fra de forskjellige råstoffslag. Det er trekkverdien i oljeprisen for levert råstoff som er angitt på linje K.

##### L Oljepris pr. kg.

Det er avregningspris (den pris fabrikkene får betalt) for olje, kr. 2,45 pr. kg med fradrag av trekkbeløpet for ffa i linje K.

#### Kalkyle pr. hl

##### M Melinntekt (E · G)

Det er melmengde (E) multiplisert med melpris (G).

##### N Oljeinntekt (J · L)

Det er oljemengde (J) multiplisert med oljepris (L)

##### O Produksjonsgodtgjørelse fast pr. hl.

##### P Produksjonsgodtgjørelse 1,11 øre pr. kg mel.

Den avtalte produksjonsgodtgjørelse er i priskalkylen delt med en bestemt sats (kr. 9,99) pr. hl råstoff og en sats (1,11 øre) pr. kg mel.

Tidligere ble hele produksjonsgodtgjørelsen fastlagt pr. produsert enhet mel. Da ble det ikke tatt hensyn til at tørrstoff eller mel pr. hl råstoff varierte. Råstoff med høyt tørrstoffinnhold (= lavt forbrukstall) fikk derved en større økonomisk belastning pr. hl. enn råstoff med mindre tørrstoff hvor det må bearbeides et større kvantum råstoff for å oppnå samme melmengde. Det er dette en har forsøkt å rette opp noe ved å legge 1/3 av godtgjørelsen på råstoffet og 2/3 på melet.

*Q Til råstoff (M + N - O - P)*

Brutto råstoffpris pr. hl er summen av mel- og oljeinntekt (M + N) med fradrag av summen av de to beløp for produksjonsgodtgjørelse (O + P).

i Beregnet pris ( $\frac{Q}{1,02}$ )

er bruttopris med fradrag av 2% lagsavgift.

*S Råstoffpris, avrundet.*

Ved prisfastsettelsen rundes beregnet pris (R) til nærmeste «hele 5 øre».

*T og U Reguleringssetser*

Når en skal fastlegge råstoffprisen etter analysedata for tørrstoff og fett finner man avviket mellom disse og de prosentsetser som er angitt i kalkyleskjemaet og multipliserer avviket med de setser som er angitt på linjene T. og U.

## 12. APPENDIKS III: Kapitalkostnader.

Postene betalte gjeldsrenter (bet.gj.rent), kalkulatoriske renter på egenkapital( kalk.rent.EK), avskrivninger, reperaturer, assuranse, annlegskapital og diverse kostnader er hentet direkte ut fra Lønnsomhetsundersøkelsene for årene 1978-1981. 7% avkastning på annleggskapitalen (7%-avkastn) og 10% avskrivning (10% avskriv.) er beregnet på grunnlag av annlagskapitalen til gjennanskaffelsesverdi. Annleggskapitalen vurderes som summen av verdiene av fartøy og redskaper. Kostnadene er gitt i nominelle kr.

Fartøygr.	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
<b>1978:</b>				
Reperaturer	443789.5	724183.8	945698.8	1181167.4
Avskrivning	803641.9	1022468.0	1283778.9	1447799.7
10%-Avskriv.	1077435.0	1547386.8	1818613.0	2100705.3
Bet.gj.rent	155734.8	240189.7	306202.4	382523.1
Kalk.rent.EK	112700.5	288476.0	394974.6	400270.4
7%-Avkastn.	754204.4	1083170.7	1273029.1	1470493.7
Assuranse	133072.4	187942.1	254214.3	347083.7
Div.uspes.k.	16687.4	39678.0	51656.1	71991.9
<b>1979:</b>				
Reperaturer	417577.0	704603.6	884470.1	1034313.8
Avskrivning	732868.7	1082421.3	1339629.0	1503633.6
10%-Avskriv.	1124993.0	1604090.0	1901566.9	2126738.8
Bet.gj.rent	160899.0	321182.5	434399.3	554788.4
Kalk.rent.EK	95756.5	277323.3	444526.4	484571.4
7%-Avkastn.	787495.1	1122863.0	1331096.9	1488717.2
Assuranse	133542.4	225448.3	296925.4	314991.2
Div.uspes.k.	9896.4	42264.1	80880.6	47100.3
<b>1980:</b>				
Reperaturer	459534.0	655262.8	767817.4	890510.5
Avskrivning	789297.7	1086139.1	1389238.4	1512605.8
10%-Avskriv.	1214774.1	1697263.8	1994008.6	2194675.2
Bet.gj.rent	150568.5	301511.7	481069.6	545555.9
Kalk.rent.EK	194741.3	212807.0	566111.8	648105.0
7%-Avkastn.	825931.9	1188084.4	1395806.0	1512605.8
Assuranse	122753.0	172258.0	216442.2	245912.2
Div.uspes.k.	45517.7	54041.0	61569.5	20321.0

1981:

Reperasjon	441706.6	669764.0	899606.2	1020473.5
Avskrivning	862178.0	1185914.1	1519566.6	1779789.5
10%-Avskriv.	1327840.5	1767073.5	2136218.2	2457777.8
Bet.gj.rent	192996.5	272959.7	530905.4	703341.7
Kalk.rent.EK	281084.1	455372.4	699660.4	818205.4
7%-Avkastn	929488.4	1236951.4	1495422.7	1720444.5
Assuranser	127469.5	176680.3	207508.3	260695.3
Div.uspes.k.	32639.4	92029.4	86975.3	99601.4

**13. APPENDIKS IV: Driftsavhengige kostnader.**

Driftsavhengige kostnader i nominelle kr for årene 1978-1981 hentet fra Lønnsomhetsundersøkelsene for de samme årene. Kostnader er summen av følgende poster: Leid arb.hj., telefon o.l og sosiale utgifter. Kost1/døgn gir kostnader inklusive sosiale utgifter og Kost2/døgn uten sosiale utgifter.

Fartøygr.	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000 og over
<b>1978:</b>				
Kostnader	45361.1	83203.5	127781.0	137389.1
Sosialekost	9021.7	15943.4	18706.1	21361.4
Driftsdøgn	247.2	243.2	250.9	230.9
Kost1/døgn	183.5	342.1	509.3	595.0
Kost2/døgn	147.0	276.6	434.7	502.7
<b>1979:</b>				
Kostnader	68857.8	95093.8	132778.9	134698.2
Sosialekost	9007.1	14707.4	19590.9	17499.9
Driftsdøgn	222.4	220.9	236.6	219.5
Kost1/døgn	309.7	430.5	561.2	613.7
Kost2/døgn	296.2	363.9	487.4	534.0
<b>1980:</b>				
Kostnader	62882.0	92229.0	118275.9	132334.4
Sosialekost	10624.5	13362.6	18643.7	21905.7
Driftsdøgn	206.0	190.6	203.1	196.0
Kost1/døgn	304.2	483.9	582.4	675.2
Kost2/døgn	252.6	413.8	490.6	563.4
<b>1981:</b>				
Kostnader	81042.0	108913.3	159008.6	159618.5
Sosialekost	11058.0	17851.2	19266.1	25621.1
Driftsdøgn	209.8	202.5	205.3	206.6
Kost1/døgn	386.3	537.8	774.5	772.6
Kost2/døgn	333.6	449.6	680.7	648.6



14. APPENDIKS V: Drivstofforbruk.

Drivstofforbruk i liter per nautisk mil som funksjon av fartøystørrelse og fart i knop. Etter Gullestad (pers.med).

Fart	0-3999	4000-5999	6000-7999	8000-9999	> 10000
8.0	6.6	8.2	10.4	12.0	13.5
8.5	7.3	8.8	11.1	12.7	14.2
9.0	8.1	9.6	12.0	13.6	15.1
9.5	9.2	10.6	13.1	14.8	16.3
10.0	10.6	11.9	14.5	16.3	17.7
10.5	12.3	13.4	16.2	18.0	19.4
11.0	14.3	15.3	18.3	20.1	21.4
11.5	16.9	17.5	20.7	22.6	23.8
12.0	20.0	20.3	23.7	25.5	26.6
12.5	23.9	23.5	27.2	29.0	29.9
13.0	28.7	27.5	31.3	33.2	33.8
13.5	34.5	32.3	34.9	38.2	38.4
14.0	41.7	38.0	42.3	44.0	43.8
14.5	50.6	44.9	49.3	50.9	50.1
15.0	61.5	53.3	57.8	59.1	57.5
15.5	74.8	63.3	67.8	68.8	66.2

15. APPENDIKS VI: LODDESB.

BEGIN

COMMENT

```
*****  
*                                                                 *  
*   FILNAVN PROGRAM      : LODDESI                               *  
*   FILNAVN KOMPILERT    : LODDESB                               *  
*   FILNAVN INNDATA      : LODDEBD                               *  
*   FILNAVN UTDATA       : LODDEST                               *  
*   PROGRAMMERINGSSPRÅK  : SIMULA 1.2-353                       *  
*   TYPE MASKIN          : CYBER 171MP                           *  
*   OPERATIVSYSTEM       : NOS 2.2-596/587                       *  
*   PROGRAMMERER         : SIGFUS KRISTMANSSON                   *  
*   INSTITUSJON          : FTFI                                  *  
*   SEKSJON              : ØKONOMI                               *  
*   DATO                 : 30/05/1984                           *  
*   VERSJON              : 1                                     *  
*                                                                 *  
*****;
```

```
COMMENT PROGRAMMET LAGER RERUN-OPPSETT FOR KJØRING AV "LODDE"  
      FORANDRING AV : BÅTTYPE 1..4  
                   SESST, SESLEN  
                   ANTBAAT;
```

```
INTEGER ANTALLDES, ANTSES, BAATTYPE;  
TEXT DFIL, MMFIL;  
REF(INFILE)INN;  
REF(OUTFILE)UT, MSM;  
DFIL:-BLANKS(7);  
MMFIL:-BLANKS(7);  
OUTTEXT("NAVN PÅ DATAFIL");OUTIMAGE;INIMAGE;  
DFIL:=INTEXT(7).STRIP;  
OUTTEXT("NAVN PÅ MAX - MIN FIL");OUTIMAGE;INIMAGE;  
MMFIL:=INTEXT(7).STRIP;  
ANTALLDES:=3;  
OUTTEXT("LES INN ANTALL SESONGER I ÅRET (1/2)");OUTIMAGE;  
ANTSES:=ININT;  
IF ANTSES>2 THEN ANTSES:=2;
```

BEGIN

```
INTEGER ANTSIM, I, S, ST1, ST2, LEN1, LEN2;  
REAL ANTBAT, ANTBATMIN, ANTBATSTEP, ANTBATMAX;  
CHARACTER SVAR;  
REAL ARRAY FART, BAATLAST, ANTMANN, MANNDAG, OLJEFORB, FASTKOST,  
           DAGKOST, FAFORB, LEVFORB(1:4),  
           SESST, SESSTMIN, SESSTSTEP, SESSTMAX,  
           SESLEN, SESLENMIN, SESLENSTEP, SESLENMAX(1:ANTSES);  
TEXT ARRAY BAATTEXT(1:9);
```

```
PROCEDURE SUBM(DFIL, MMFIL);
```

```
VALUE DFIL, MMFIL;
```

```
TEXT DFIL, MMFIL;
```

```
BEGIN
```

```
  UT.OUTTEXT("/JOB");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("JOBNAVN, T1000.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("USER, FFKA.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("GET, ");UT.OUTTEXT(MMFIL.STRIP);  
  UT.OUTTEXT("=LODDEMM.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("REPLACE, ");UT.OUTTEXT(MMFIL.STRIP);  
  UT.OUTCHAR(' ');UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("GET, LODDEDY.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("UTILITY, DYNAMO, I=LODDEDY, L=LODDEUT.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("RWF.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("PACK, LODDEUT.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("REPLACE, LODDEUT.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("GET, LODDELB, ");UT.OUTTEXT(MMFIL.STRIP);  
  UT.OUTCHAR(' ');UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("LODDELB.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("REPLACE, LODDED=");UT.OUTTEXT(DFIL.STRIP);  
  UT.OUTCHAR(' ');UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("RWF.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("ENQ, O=LODDEEQ.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("REPLACE, LODDEEQ.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("DAYFILE, L=LODDEDF.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("REPLACE, LODDEDF.");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("/EOR");UT.OUTIMAGE;
```

```
END SUBM;
```

```
PROCEDURE INITIALISERING;  
BEGIN  
  UT.OUTTEXT("CP LENGTH=2033");UT.OUTIMAGE; COMMENT 2033;  
  UT.OUTTEXT("CP PRPER=1300");UT.OUTIMAGE; COMMENT 1300;  
  UT.OUTTEXT("CP PLPER=0");UT.OUTIMAGE;  
  UT.OUTTEXT("PRINT NAAVERD,NARFANG,GYTEBIM,SUMBIOM");UT.OUTIMAGE;  
END INITIALISERING;
```

```
INTEGER PROCEDURE REALPLASSER(TALL,ANTDES);  
REAL TALL;  
INTEGER ANTDES;  
BEGIN  
  INTEGER PLASSER;  
  REAL HJELP,ABSTALL;  
  ABSTALL:=ABS(TALL);  
  HJELP:=0.999999999999;  
  WHILE ABSTALL>=HJELP DO  
  BEGIN  
    HJELP:=HJELP*10;  
    PLASSER:=PLASSER+1;  
  END WHILE;  
  IF ABSTALL=0 THEN PLASSER:=1;  
  PLASSER:=PLASSER+ANTDES+1;  
  IF TALL<0 THEN PLASSER:=PLASSER+1;  
  REALPLASSER:=PLASSER;  
END REALPLASSER;
```

```
INTEGER PROCEDURE INTPLASSER(TALL);  
INTEGER TALL;  
BEGIN  
  INTEGER HJELP,PLASSER,ABSTALL;  
  ABSTALL:=ABS(TALL);  
  HJELP:=1;  
  IF ABSTALL=0 THEN PLASSER:=1 ELSE  
  WHILE ABSTALL>=HJELP DO  
  BEGIN  
    HJELP:=HJELP*10;  
    PLASSER:=PLASSER+1;  
  END WHILE;
```

```
IF TALL<0 THEN PLASSER:=PLASSER+1;
INTPLASSER:=PLASSER;
END INTPLASSER;

CHARACTER PROCEDURE SJEKKSVAR(SVAR,SV1,SV2);
CHARACTER SVAR,SV1,SV2;
BEGIN

    BOOLEAN PROCEDURE RIKTIGSVAR(SVAR,SV1,SV2);
    CHARACTER SVAR,SV1,SV2;
        RIKTIGSVAR:=SVAR=SV1 OR SVAR=SV2;

    PROCEDURE SVARRIKTIG(SV1,SV2);
    CHARACTER SV1,SV2;
    BEGIN
        OUTTEXT(" SVAR ENTEN ");
        OUTCHAR(SV1);OUTTEXT(" ELLER ");OUTCHAR(SV2);
        OUTTEXT(" !!!");OUTIMAGE;
    END SVARRIKTIG;

    WHILE NOT RIKTIGSVAR(SVAR,SV1,SV2) DO
    BEGIN
        SVARRIKTIG(SV1,SV2);
        INIMAGE;
        SVAR:=INCHAR;
    END WHILE;
    SJEKKSVAR:=SVAR;
END SJEKKSVAR;
```

```
PROCEDURE SKRIVVEKTOR(SESST,SESLEN,ANTSES);
REAL ARRAY SESST,SESLEN;
INTEGER ANTSES;
BEGIN
  BOOLEAN ARRAY TFISKE(0:25);
  INTEGER I,S;
  FOR S:=1 STEP 1 UNTIL ANTSES DO
  BEGIN
    FOR I:=SESST(S)-1 STEP 1 UNTIL SESST(S)+SESLEN(S)-2 DO
      TFISKE(MOD(I,26)):=TRUE;
    END FOR S;

    UT.OUTTEXT("TP TFISKE=");
    FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 25 DO
    BEGIN
      IF TFISKE(I) THEN UT.OUTCHAR('1') ELSE UT.OUTCHAR('0');
      IF I<25 THEN UT.OUTCHAR(',');
    END FOR;
    UT.OUTIMAGE;
  END SKRIVVEKTOR;

PROCEDURE CP(KONSTNAVN,VERDI,ANTALLDES);
VALUE KONSTNAVN;
TEXT KONSTNAVN;
REAL VERDI;
INTEGER ANTALLDES;
BEGIN
  UT.OUTTEXT("CP ");UT.OUTTEXT(KONSTNAVN.STRIP);UT.OUTTEXT("=");
  UT.OUTFIX(VERDI,ANTALLDES,REALPLASSER(VERDI,ANTALLDES));
  UT.OUTIMAGE;
END CP;

PROCEDURE RUN;
BEGIN
  UT.OUTTEXT("RUN");UT.OUTIMAGE;
END RUN;
```

```
COMMENT *****  
      *           H O V E D P R O G R A M           *  
      *****;
```

```
UT:-NEW OUTFILE("LODDEST");  
UT.OPEN(BLANKS(80),0);  
MSM:-NEW OUTFILE("LODDEMM");  
MSM.OPEN(BLANKS(80),0);  
INN:-NEW INFILE("LODDEBD");  
INN.OPEN(BLANKS(80),0);
```

```
SUBM(DFIL,MMFIL);  
INITIALISERING;
```

```
COMMENT INNLESING AV BÅT-TEKSTER OG VERDIER FOR BÅTGRUPPER;
```

```
FOR I:=1 STEP 1 UNTIL 9 DO  
BEGIN  
  BAATTEXT(I):=-BLANKS(8);  
  BAATTEXT(I):=INN.INTEXT(8);  
  INN.INIMAGE;  
END FOR I;
```

```
FOR BAATTYPE:=1 STEP 1 UNTIL 4 DO  
BEGIN  
  FART(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  BAATLAST(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  ANTMANN(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  MANNDAG(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  OLJEFORB(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  FASTKOST(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  DAGKOST(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  FAFORB(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
  LEVFORB(BAATTYPE):=INN.INREAL;  
END FOR;
```

```
WHILE BAATYPE<0 OR BAATYPE>4 DO
BEGIN
  OUTTEXT("LES INN NR. PÅ BÅTGRUPPE (1-4)");OUTIMAGE;
  BAATYPE:=ININT;
END WHILE;
COMMENT INNLESING;

ANTSIM:=140;
SVAR:='N';
WHILE SVAR='N' AND ANTSIM>135 DO
BEGIN
  ANTSIM:=0;
  OUTTEXT("LES INN MIN STEP MAX");OUTIMAGE;OUTIMAGE;
  FOR S:=1 STEP 1 UNTIL ANTSES DO
  BEGIN
    OUTTEXT("SESONG NR");OUTINT(S,2);OUTIMAGE;
    OUTTEXT("SESONGSTART (PERIODENR) :");OUTIMAGE;
    SESSTMIN(S):=INREAL;SESSTSTEP(S):=INREAL;SESSTMAX(S):=INREAL;
    IF SESSTMAX(S)<SESSTMIN(S) THEN
      SESSTMAX(S):=SESSTMIN(S)+SESSTMAX(S);
    OUTTEXT("SESONGLENGDE (ANTALL PERIODER) :");OUTIMAGE;
    SESLENMIN(S):=INREAL;SESLENSTEP(S):=INREAL;SESLENMAX(S):=INREAL
  END FOR S;
  OUTTEXT("ANTALL BÅTER :");OUTIMAGE;
  ANTBATMIN:=INREAL;ANTBATSTEP:=INREAL;ANTBATMAX:=INREAL;

  FOR S:=1 STEP 1 UNTIL ANTSES DO
  BEGIN
    ANTSIM:=ANTSIM+ENTIER
      (((SESLENMAX(S)-SESLENMIN(S)+SESLENSTEP(S))/SESLENSTEP(S))+0.5)
    ENTIER
      (((SESSTMAX(S)-SESSTMIN(S)+SESSTSTEP(S))/SESSTSTEP(S))+0.5);
  END FOR S;
  ANTSIM:=ANTSIM#
    ENTIER(((ANTBATMAX-ANTBATMIN+ANTBATSTEP)/ANTBATSTEP)+0.5);
```



```
SETPOS(30);OUTTEXT("MIN      STEP      MAX");OUTIMAGE;OUTIMAGE;
FOR S:=1 STEP 1 UNTIL ANTSES DO
BEGIN
  OUTTEXT("SESONGSTART");OUTINT(S,2);SETPOS(25);
  OUTFIX(SBSTMIN(S),4,8);OUTFIX(SBSTSTEP(S),4,8);
  OUTFIX(SBSTMAX(S),4,8);
  OUTIMAGE;
  OUTTEXT("SESONLENGDE");OUTINT(S,2);SETPOS(25);
  OUTFIX(SBLENMIN(S),4,8);OUTFIX(SBLENSTEP(S),4,8);
  OUTFIX(SBLENMAX(S),4,8);OUTIMAGE;
END FOR S;
OUTTEXT("ANTALL BÅTER");SETPOS(25);
OUTFIX(ANTBATMIN,4,8);OUTFIX(ANTBATSTEP,4,8);
OUTFIX(ANTBATMAX,4,8);OUTIMAGE;
OUTIMAGE;SETPOS(20);
OUTTEXT("=>");OUTINT(ANTSIM,INTPLASSER(ANTSIM)+1);
OUTTEXT(" SIMULERINGER");OUTIMAGE;
IF ANTSIM>135 THEN
BEGIN
  OUTTEXT("FOR MANGE KJØRINGER (TIME LIMIT)");OUTIMAGE;
END ELSE
BEGIN
  OUTIMAGE;OUTTEXT(" OK ? (J/N)");OUTIMAGE;INIMAGE;
  SVAR:=SJEKKSVAR(INCHAR,'J','N');
END;
END WHILE;

COMMENT UTSKRIFT PÅ MIN STEP MAX - FIL;

MSM.OUTINT(ANTSIM,4);MSM.OUTINT(ANTSES,4);MSM.OUTIMAGE;
FOR S:=1 STEP 1 UNTIL ANTSES DO
BEGIN
  MSM.OUTFIX(SBSTMIN(S),4,12);MSM.OUTFIX(SBSTSTEP(S),4,12);
  MSM.OUTFIX(SBSTMAX(S),4,12);MSM.OUTIMAGE;
  MSM.OUTFIX(SBLENMIN(S),4,12);MSM.OUTFIX(SBLENSTEP(S),4,12);
  MSM.OUTFIX(SBLENMAX(S),4,12);MSM.OUTIMAGE;
END FOR S;
MSM.OUTFIX(ANTBATMIN,4,12);MSM.OUTFIX(ANTBATSTEP,4,12);
MSM.OUTFIX(ANTBATMAX,4,12);MSM.OUTIMAGE;
```

COMMENT UTSKRIFT PÅ BATCH-FIL;

```
CP(BAATTEXT(1),FART(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(2),BAATLAST(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(3),ANTMANN(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(4),MANNDAG(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(5),OLJEFORB(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(6),FASTKOST(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(7),DAGKOST(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(8),FAFORB(BAATTYPE),ANTALLDES);
CP(BAATTEXT(9),LEVFORB(BAATTYPE),ANTALLDES);
FOR LEN1:=SESLENMIN(1) STEP SESLENSTEP(1) UNTIL SESLENMAX(1) DO
BEGIN
  SESLEN(1):=LEN1;
  FOR ST1:=SESSTMIN(1) STEP
    SESSTSTEP(1) UNTIL SESSTMAX(1) DO
  BEGIN
    SESST(1):=ST1;
    IF ANTSES=2 THEN
    BEGIN
      FOR LEN2:=SESLENMIN(2) STEP SESLENSTEP(2)
        UNTIL SESLENMAX(2) DO
      BEGIN
        SESST(2):=ST2;
        FOR ST2:=SESSTMIN(2) STEP
          SESSTSTEP(2) UNTIL SESSTMAX(2) DO
        BEGIN
          SESST(2):=ST2;
          SKRIVVEKTOR(SESST,SESLEN,ANTSES);
          FOR ANTBAT:=ANTBATMIN STEP ANTBATSTEP UNTIL ANTBATMAX DO
          BEGIN
            CP("ANTBAAT",ANTBAT,ANTALLDES);
            RUN;
          END FOR ANTBAT;
        END FOR SESSTART 2;
      END FOR SESLENGDE 2;
    END ELSE
  BEGIN
    SKRIVVEKTOR(SESST,SESLEN,ANTSES);
    FOR ANTBAT:=ANTBATMIN STEP ANTBATSTEP UNTIL ANTBATMAX DO
```

```
BEGIN
    CP("ANTBAAT",ANTBAT,ANTALLDES);
    RUN;
    END FOR ANTBAT;
    END IF ANTSES=1;
    END FOR SESSTART 1;
    END FOR SESLENGDE 1;
    UT.OUTTEXT("/EOR");
END ANTALL;
END PROGRAM;
```

16. APPENDIKS VII: LODDELB.

BEGIN

COMMENT

```
*****
*
*   FILNAVN PROGRAM      : LODDELS
*   FILNAVN KOMPILERT    : LODDELEB
*   FILNAVN INNDATA      : LODDEUT
*   FILNAVN UTDATA      : LODDED
*   PROGRAMMERINGSSPRÅK : SIMULA  1.2-353
*   TYPE MASKIN          : CYBER  171MP
*   OPERATIVSYSTEM      : NOS 2.2-596/587
*   PROGRAMMERER        : SIGFUS KRISTMANSSON
*   INSTITUSJON         : FTFI
*   SEKSJON             : ØKONOMI
*   DATO                 : 14/06/1984
*   VERSJON              : 1
*
*****;
```

```
COMMENT PROGRAMMET LESER DYNAMO UTFIL
      SOM TEKST OG SKRIVER UT VARIABELVERDIER;
```

```
INTEGER ANTVAR;
REF(INFILE)INN;
REF(OUTFILE)UT;
```

```
ANTVAR:=4;
```

```
BEGIN
```

```
TEXT RRLESTEXT,SLUTTTEXT,LESTEXT,TREFFTEXT,RRTREFFTEXT,VERDI;
INTEGER ARRAY EKSPONENT(1:ANTVAR);
INTEGER VARNR,I;
REAL VARVERDI,AAR;
```

```
REAL PROCEDURE BESFAKTOR(C);
VALUE C;
TEXT C;
BEGIN
  INTEGER I,TALL;
  TEXT FAKTORSTRENG,HC;
  BOOLEAN FUNNET;

  HC:=-BLANKS(1);
  FAKTORSTRENG:=-BLANKS(9);

  FAKTORSTRENG:="GFEAXTMBR";
  FUNNET:=FALSE;
  TALL:=-12;
  WHILE NOT FUNNET DO
  BEGIN
    I:=I+1;
    HC:=FAKTORSTRENG.SUB(I,1);
    IF HC=C THEN
    BEGIN
      BESFAKTOR:=10**TALL;
      FUNNET:=TRUE;
    END IF;
    TALL:=TALL+3;
  END WHILE;
  IF NOT FUNNET THEN
  BEGIN
    UT.OUTTEXT("UKJENT FAKTOR ");
    UT.OUTTEXT(C);UT.OUTIMAGE;
  END;
END BESFAKTOR;
```

```
REAL PROCEDURE FINNVARVERDI(VERDI);
VALUE VERDI;
TEXT VERDI;
BEGIN
  REAL VARVERDI,FAKTOR;
  TEXT FAKTORTEGN;
  FAKTORTEGN:=-BLANKS(1);
  IF VERDI.SUB(4,2)=" ." THEN VERDI.SUB(4,1):="0";
  VARVERDI:=VERDI.GETREAL;
  FAKTORTEGN:=INN.INTEXT(1);
  IF FAKTORTEGN=" " THEN FAKTOR:=1 ELSE
  FAKTOR:=BESFAKTOR(FAKTORTEGN);
  VARVERDI:=VARVERDI*FAKTOR;
  FINNVARVERDI:=VARVERDI;
END FINNVARVERDI;
```

```
INTEGER PROCEDURE ANTALLDES(V);
REAL V;
BEGIN
  IF V<0.001 THEN ANTALLDES:=6 ELSE
  IF V<0 THEN ANTALLDES:=3 ELSE
  IF V<10.0 THEN ANTALLDES:=2 ELSE
  IF V<1000 THEN ANTALLDES:=1 ELSE
  IF V<10000 THEN ANTALLDES:=0;
END ANTALLDES;
```

```
INN:-NEW INFILE("LODDEUT");
INN.OPEN(BLANKS(135),0);
UT:-NEW OUTFILE("LODDED");
UT.OPEN(BLANKS(135),0);
```

```
COMMENT *****  
      *           H O V E D P R O G R A M           *  
      *****;
```

```
LESTEXT:-BLANKS(8);  
TREFFTEXT:-BLANKS(8);  
RRLESTEXT:-BLANKS(16);  
RRTREFFTEXT:-BLANKS(16);  
SLUTTTEXT:-BLANKS(16);  
VERDI:-BLANKS(8);
```

```
SLUTTTEXT:="           THE E";
```

```
      COMMENT EKSPONENTER (E+/-..) LESES INN;
```

```
WHILE NOT INN.ENDFILE DO
```

```
BEGIN
```

```
  LESTEXT:="*****";
```

```
  TREFFTEXT:="      E+00";
```

```
  WHILE LESTEXT<>TREFFTEXT DO
```

```
  BEGIN
```

```
    INN.INIMAGE;
```

```
    RRLESTEXT:=INN.INTEXT(16);
```

```
    IF RRLESTEXT=SLUTTTEXT THEN GOTO SLUTT;
```

```
    LESTEXT:=RRLESTEXT.SUB(1,8);
```

```
  END;
```

```
  FOR I:=1 STEP 1 UNTIL ANTVAR DO
```

```
  BEGIN
```

```
    IF I=1 THEN VERDI:=RRLESTEXT.SUB(9,8) ELSE VERDI:=INN.INTEXT(8);
```

```
    EKSPONENT(I):=VERDI.SUB(6,3).GETINT;
```

```
  END FOR;
```

```
  INN.INIMAGE;INN.INIMAGE;      COMMENT STARTVERDIER SKAL IKKE MED;
```

```
  LESTEXT:=INN.INTEXT(8);
```

```
      COMMENT VARIABELVERDIER LESES INN;
```

```
WHILE LESTEXT<>" TYPE RE" DO
```

```
BEGIN
```

```
  AAR:=LESTEXT.GETREAL;
```

```
UT.OUTFIX(AAR,2,8);
FOR I:=1 STEP 1 UNTIL ANTVAR DO
BEGIN
  VERDI:=INN.INTEXT(8);
  IF VERDI.SUB(8,1)="." THEN
    VARVERDI:=VERDI.SUB(1,7).GETREAL
  ELSE
    VARVERDI:=VERDI.SUB(1,8).GETREAL;
  VARVERDI:=VARVERDI*(10**(EKSPONENT(I)));
  VARVERDI:=VARVERDI/1000000;
  UT.OUTFIX(VARVERDI,6,16);
END FOR;
UT.OUTIMAGE;
INN.INIMAGE;
LESTEXT:=INN.INTEXT(8);

COMMENT NY SIDE ?;

WHILE LESEXT="          " OR LESEXT.SUB(1,5)=" PAGE" DO
BEGIN
  INN.INIMAGE;
  LESEXT:=INN.INTEXT(8);
END WHILE;

  END WHILE LESEXT;
END WHILE ENDFILE;
END;
SLUTT:
END PROGRAM;
```



17. APPENDIKS VIII: LODDEDY.

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

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

MACRO POS(X)

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

MEND

FOR N=1,7

FOR R=1,12

\*\*\*\*\*

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

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* ANTALL LODDE \*\*\*\*\*

A LODDE.K(N)=MAX(0,ILODDE.K(N))

L ILODDE.K(N)=ILODDE.J(N)+DT\*(TILLODD.JK(N)+REKRLOD.JK(N)

X -NATLODD.JK(N)-AVLODDE.JK(N)-FANLODD.JK(N)-GYTELOD.JK(N))

R AVLODDE.KL(N)=PULSE(ILODDE.K(N),DES.K,1)\*ENDT.K

R REKRLOD.KL(N)=PULSE(OGRUPP.K(N),MAR.K,1)\*ENDT.K

R TILLODD.KL(N)=PULSE(KOMLOD.K(N),DES.K,1)\*ENDT.K

R GYTELOD.KL(N)=PULSE(GYLODDE.K(N),MAR.K,1)\*ENDT.K

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* REKRUTERINGSSAMMENHENGEN (REKR) GIR 2 ÅRINGER, EN MÅ \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* FØLGELIG BEREGNE EN VIRITUELL NULLGRUPPE (OGRUPP). \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

A REKR.K=((C1\*GYTEBIM.K)/(C2+GYTEBIM.K))\*1E10

C C1=44.5

C C2=.430E6

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

A OGRUPP.K(N+1)=0

A KOMLOD.K(1)=0

A KOMLOD.K(N+1)=ILODDE.K(N)

N ILODDE(N)=NLODDE(N)

T NLODDE=0,44.78E10,26.87E10,15.26E10,5.57E10,1.23E10,.084E10

\*\*\*\*\* BIOMASSE \*\*\*\*\*

A BIOM.K(N)=LODDE.K(N)\*VEKT.K(N) TONN

A SUMBIOM.K=SUM(BIOM.K)

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

A GYLODDE.K(N)=GYTEFRE.K(N)\*LODDE.K(N)

A GBIO.K(N)=GYLODDE.K(N)\*VEKT.K(N)

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

T GYTTAB=0,0,0,.054,.5254,.8509,1

A GYTEBIM.K=SUM(GBIO.K)

\*\*\*\*\* NATURLIG DØDLIGHET \*\*\*\*\*

R NATLODD.KL(N)=M\*LODDE.K(N)

C M=0.6

A MO.K=M\*(1+20/26)

\*\*\*\*\* INDIVIDVEKTER VED ALDER OG TIDSPUNKT I TONN \*\*\*\*\*

L VEKT.K(N)=CLIP(VEKT.J(N)+(TILVEKT.JK(N)-AVVEKT.JK(N)),

X IVEKT.J,ALDER.J(N),3)\*RVEKT.JK(N)

N VEKT(N)=TVEKT(N)

T TVEKT=0,0,6E-6,10E-6,15E-6,20E-6,25E-6

A IVEKT.K=TABHL(TAB2,TBIM.JK,LBIM,HBIM,DFBIM.K) 2-ÅRINGENES STARTVEKT

T TAB2=9E-6,4E-6 STØRSTE FØRST SIDEN OMVENDT PROPORSJONALITET

A HVEKT.K(1)=0

A HVEKT.K(N+1)=VEKT.K(N)

R AVVEKT.KL(N)=PULSE(VEKT.K(N),DES.K,1)

R TILVEKT.KL(N)=PULSE(HVEKT.K(N),DES.K,1)

C LBIM=.1E6 TONN

C HBIM=9E6 TONN

A DFBIM.K=HBIM-LBIM

R TBIM.KL=POS(SUMBIOM.K)

R RVEKT.KL(N)=TABHL(TRVEKT(\*,N),PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER.K)  
X \*TETHET.K  
T TRVEKT(\*,1)=0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,  
X 0,0,0,0,0,0,0,0  
T TRVEKT(\*,2)=0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,  
X 0,0,0,0,0,0,0,0  
T TRVEKT(\*,3)=.985714,.985570,.985294,.985075,.984848,.984615,.984375,  
X .984172,1.000000,1.024194,1.047244,1.037594,1.043478,1.043167,  
X 1.046667,1.05732,1.06024,1.079545,1.078947,1.034146,.981132,  
X .985577,.985366,.985149,.98990,1.00000  
T TRVEKT(\*,4)=.992821,.991736,.989583,.989474,.993617,.995717,.992473,  
X .994583,1.007625,1.037838,1.052083,1.039604,1.057143,1.063063,  
X 1.063559,1.067729,1.067164,1.097902,1.101911,1.031792,.988796,  
X .983003,.979827,.979412,.975976,.989948  
T TRVEKT(\*,5)=.978056,.977564,.977049,.973154,.979310,.975352,.981949,  
X .981618,1.000000,1.026217,1.040146,1.042105,1.053872,1.057508,  
X 1.063444,1.060277,1.066452,1.080402,1.093023,1.017021,.991632,  
X .983122,.978541,.973684,.970721,.981538  
T TRVEKT(\*,6)=.959233,.957500,.955614,.956284,.954286,.964072,.968944,  
X .977564,1.016393,1.045161,1.067901,1.072254,1.072776,1.072864,  
X 1.072600,1.074263,1.075203,1.077505,1.061404,1.004959,.991776,  
X .981758,.971284,.963478,.953069,.967517  
T TRVEKT(\*,7)=.950298,.941423,.942222,.945755,.952618,.968586,  
X .975676,.972299,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,.952652  
C KRITBIOM=21E6            TONN  
A KOR.K=(.05+(1-(TBIM.JK/KRITBIOM)))\*\*2  
A KOREKSJON.K=KOR.K\*\*ROT.K\*TIDKOR.K  
A ROT.K=1/TIDVEKST  
C TIDVEKST=12  
A TIDKOR.K=TABHL(TABKOR,PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER.K)  
T TABKOR=0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,  
X 1,0,0,0,0,0,0  
A TETHET.K=CLIP(1,KOREKSJON.K,10E-3,KOREKSJON.K)



C FAFORB=4944

C LEVFORB=960

\*\*\*\* FANGST GENERERT UT I FRA REGIONAL FORDELING \*\*\*\*

A REGKAP.K(R)=TABREG(R) I TONN

T TABREG=18000,7000,17600,8400,18600,10650,14757,24350,20500,  
X 39700,25700,27700

A DIST.K(R)=TDIST.K(R) I N.MIL TUR RETUR

T TDIST=80,100,120,200,280,440,534,740,1300,1600,  
X 1920,2084

A TURTID.K(R)=((DIST.K(R)+FELTDIS.K)/(FART\*24))+LIGLEV

C LIGLEV=2

A EFFEKT.K(R)=LPERIO.K/TURTID.K(R)

A ANTLAST.K(R)=REGKAP.K(R)/BAATLAS

A BAATOPT.K(R)=ANTLAST.K(R)/EFFEKT.K(R)

A NORBIO.K=SUMIBIO.K\*NORDEL I TONN

\*\*\* REGION 1 \*\*\* HONNINGSVÅG, 2 FABRIKKER

A DIST1.K=DIST.K(1)

A EFF1.K=EFFEKT.K(1)

A OPT1.K=BAATOPT.K(1)

A LEV1.K=MIN(OPT1,ANTBAAT)

A HBAT1.K=MAX(0,ANTBAAT-LEV1)

A FANG1.K=MIN(LEV1\*EFF1\*BAATLAS,NORBIO.K)\*FISKE.K

A RFAN1.K=MAX(0,NORBIO.K-FANG1.K)

A SEIL1.K=(FANG1/BAATLAS)\*(DIST1.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 2 \*\*\* BÅTSFJORD, 1 FABRIKK

A DIST2.K=DIST.K(2)

A EFF2.K=EFFEKT.K(2)

A OPT2.K=BAATOPT.K(2)

A LEV2.K=MIN(OPT1,HBAT1.K)

A HBAT2.K=MAX(0,HBAT1.K-LEV2)

A FANG2.K=MIN(LEV2\*EFF2\*BAATLAS,RFAN1.K)\*FISKE.K

A RFAN2.K=MAX(0,RFAN1.K-FANG2.K)

A SEIL2.K=(FANG2/BAATLAS)\*(DIST2.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 3 \*\*\* VADSØ, 1 FABRIKK

A DIST3.K=DIST.K(3)  
A EFF3.K=EFFEKT.K(3)  
A OPT3.K=BAATOPT.K(3)  
A LEV3.K=MIN(OPT2,HBAT2.K)  
A HBAT3.K=MAX(0,HBAT2.K-LEV3)  
A FANG3.K=MIN(LEV3\*EFF3\*BAATLAS,RFAN2.K)\*FISKE.K  
A RFAN3.K=MAX(0,RFAN2.K-FANG3.K)  
A SEIL3.K=(FANG3/BAATLAS)\*(DIST3.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 4 \*\*\* ØKSFJORD, 1 FABRIKK

A DIST4.K=DIST.K(4)  
A EFF4.K=EFFEKT.K(4)  
A OPT4.K=BAATOPT.K(4)  
A LEV4.K=MIN(OPT3,HBAT3.K)  
A HBAT4.K=MAX(0,HBAT3.K-LEV4)  
A FANG4.K=MIN(LEV4\*EFF4\*BAATLAS,RFAN3.K)\*FISKE.K  
A RFAN4.K=MAX(0,RFAN3.K-FANG4.K)  
A SEIL4.K=(FANG4/BAATLAS)\*(DIST4.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 5 \*\*\* TROMSØ, 2 FABRIKKER

A DIST5.K=DIST.K(5)  
A EFF5.K=EFFEKT.K(5)  
A OPT5.K=BAATOPT.K(5)  
A LEV5.K=MIN(OPT4,HBAT4.K)  
A HBAT5.K=MAX(0,HBAT4.K-LEV5)  
A FANG5.K=MIN(LEV5\*EFF5\*BAATLAS,RFAN4.K)\*FISKE.K  
A RFAN5.K=MAX(0,RFAN4.K-FANG5.K)  
A SEIL5.K=(FANG5/BAATLAS)\*(DIST5.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 6 \*\*\* SØRTROMS, 2 FABRIKKER

A DIST6.K=DIST.K(6)  
A EFF6.K=EFFEKT.K(6)  
A OPT6.K=BAATOPT.K(6)  
A LEV6.K=MIN(OPT5,HBAT5.K)  
A HBAT6.K=MAX(0,HBAT5.K-LEV6)  
A FANG6.K=MIN(LEV6\*EFF6\*BAATLAS,RFAN5.K)\*FISKE.K  
A RFAN6.K=MAX(0,RFAN5.K-FANG6.K)  
A SEIL6.K=(FANG6/BAATLAS)\*(DIST6.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 7 \*\*\* VESTERÅLEN, 3 FABRIKKER

A DIST7.K=DIST.K(7)  
A EFF7.K=EFFEKT.K(7)  
A OPT7.K=BAATOPT.K(7)  
A LEV7.K=MIN(OPT6,HBAT6.K)  
A HBAT7.K=MAX(0,HBAT6.K-LEV7)  
A FANG7.K=MIN(LEV7\*EFF7\*BAATLAS,RFAN6.K)\*FISKE.K  
A RFAN7.K=MAX(0,RFAN6.K-FANG7.K)  
A SEIL7.K=(FANG7/BAATLAS)\*(DIST7.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 8 \*\*\* HELGELAND, 3 FABRIKKER

A DIST8.K=DIST.K(8)  
A EFF8.K=EFFEKT.K(8)  
A OPT8.K=BAATOPT.K(8)  
A LEV8.K=MIN(OPT7,HBAT7.K)  
A HBAT8.K=MAX(0,HBAT7.K-LEV8)  
A FANG8.K=MIN(LEV8\*EFF8\*BAATLAS,RFAN7.K)\*FISKE.K  
A RFAN8.K=MAX(0,RFAN7.K-FANG8.K)  
A SEIL8.K=(FANG8/BAATLAS)\*(DIST8.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 9 \*\*\* TRØNDELAG, 4 FABRIKKER

A DIST9.K=DIST.K(9)  
A EFF9.K=EFFEKT.K(9)  
A OPT9.K=BAATOPT.K(9)  
A LEV9.K=MIN(OPT8,HBAT8.K)  
A HBAT9.K=MAX(0,HBAT8.K-LEV9)  
A FANG9.K=MIN(LEV9\*EFF9\*BAATLAS,RFAN8.K)\*FISKE.K  
A RFAN9.K=MAX(0,RFAN8.K-FANG9.K)  
A SEIL9.K=(FANG9/BAATLAS)\*(DIST9.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 10 \*\*\* MØRE, SOGN, 5 FABRIKKER

A DIST10.K=DIST.K(10)  
A EFF10.K=EFFEKT.K(10)  
A OPT10.K=BAATOPT.K(10)  
A LEV10.K=MIN(OPT9,HBAT9.K)  
A HBAT10.K=MAX(0,HBAT9.K-LEV10)  
A FANG10.K=MIN(LEV10\*EFF10\*BAATLAS,RFAN9.K)\*FISKE.K  
A RFAN10.K=MAX(0,RFAN9.K-FANG10.K)  
A SEIL10.K=(FANG10/BAATLAS)\*(DIST10.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* REGION 11 \*\*\* HORDALAND, 4 FABRIKKER

A DIST11.K=DIST.K(11)  
A EFF11.K=EFFEKT.K(11)  
A OPT11.K=BAATOPT.K(11)  
A LEV11.K=MIN(OPT10,HBAT10.K)  
A HBAT11.K=MAX(0,HBAT10.K-LEV11)  
A FANG11.K=MIN(LEV11\*EFF11\*BAATLAS,RFAN10.K)\*FISKE.K  
A RFAN11.K=MAX(0,RFAN10.K-FANG11.K)  
A SEIL11.K=(FANG11/BAATLAS)\*(DIST11.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K



\*\*\* REGION 12 \*\*\* SØRLANDET, 3 FABRIKKER

A DIST12.K=DIST.K(12)  
A EFF12.K=EFFEKT.K(12)  
A OPT12.K=BAATOPT.K(12)  
A LEV12.K=MIN(OPT11,HBAT11.K)  
A HBAT12.K=MAX(0,HBAT11.K-LEV12)  
A FANG12.K=MIN(LEV12\*EFF12\*BAATLAS,RFAN11.K)\*FISKE.K  
A RFAN12.K=MAX(0,RFAN11.K-FANG12.K)  
A SEIL12.K=(FANG12/BAATLAS)\*(DIST12.K+FELTDIS.K)\*FISKE.K

\*\*\* SUMERING AV REGIONFANGSTER OG UTSEILT TUR RETUR DISTANSER \*\*\*

A SEILT.K=SEIL1.K+SEIL2.K+SEIL3.K+SEIL4.K+SEIL5.K+SEIL6.K  
X +SEIL7.K+SEIL8.K+SEIL9.K+SEIL10.K+SEIL11.K+SEIL12.K  
A NORFANG.K=FANG1.K+FANG2.K+FANG3.K+FANG4.K+FANG5.K+FANG6.K  
X +FANG7.K+FANG8.K+FANG9.K+FANG10.K+FANG11.K+FANG12.K I TONN  
A FANGST.K=NORFANG.K/NORDEL TONN  
S SOVFANG.K=FANGST.K-NORFANG.K  
C NORDEL=.6

\*\*\*\*\* ÅRLIG FANGSTMENGDE \*\*\*\*\*

L NARFANG.K=NARFANG.J+DT\*(TILFANG.JK-AVFANG.JK)  
N NARFANG=0  
R TILFANG.KL=NORFANG.K\*ENDT.K  
R AVFANG.KL=PULSE(NARFANG.K,DES.K,1)\*ENDT.K  
A TOTARFANG.K=NARFANG.K/NORDEL

\*\*\*\*\* FANGSTFELT \*\*\*\*\* DISTANSE TUR RETUR I N.MIL

A FELTDIS.K=TABHL(FELTTAB,PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER.K)  
T FELTTAB=520,350,250,140,80,60,45,45,180,300,400,430,460,460,490,  
X 530,560,570,590,630,660,630,620,600,580,560

\*\*\*\*\* PRIS \*\*\*\*\*

C SFETTB=18  
C VFETTB=12  
C VTOERSTB=14.5  
C STOERSTB=13.5  
C BPRISV=46.2  
C BPRISS=55.09  
C FREGV=2.33  
C FREGS=2.37  
C TREGV=2.71  
C TREGS=2.79  
C VKONPRIS=200.19  
C SKONPRIS=125.32  
A BFETT.K=CLIP(VFETTB,SFETTB,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A BTOERST.K=CLIP(VTOERSTB,STOERSTB,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A BASIS.K=CLIP(BPRISV,BPRISS,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A PFETT.K=CLIP(FREGV,FREGS,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A PTOERST.K=CLIP(TREGV,TREGS,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A GPRIS.K=BASIS.K+(FETT.K-BFETT.K)\*PFETT.K  
X +(TOERST.K-BTOERST.K)\*PTOERST.K I KR PER HL  
A KPRIS.K=CLIP(VKONPRIS,SKONPRIS,9\*TOUKER.K,PERIODE.K)  
A FETT.K=TABHL(FETTAB,PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER)  
T FETTAB=16.3,15.4,13.5,11.2,9.1,7.2,5.2,3.6,2.5,2.5,3.2,4.4,  
X 6.3,8.8,12.0,15.1,17.8,19.4,20.6,21.2,20.8,20.2,19.4,18.6,  
X 17.7,16.9  
A TOERST.K=TABHL(TOERTAB,PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER.K)  
T TOERTAB=13.7,13.9,14.3,14.7,15.2,15.4,15.0,14.3,13.9,14.1,14.5,  
X 15.0,15.2,15.25,15.1,14.8,14.3,13.6,13.3,13.4,13.4,13.5,13.5,  
X 13.6,13.6,13.7

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

A KONSUM.K=MIN(NORFANG.K,KONKAP.K)  
A GUANO.K=MAX(0,NORFANG-KONSUM)  
A KONKAP.K=TABHL(TABKON,PERIODE.K,0,25\*TOUKER.K,TOUKER)  
T TABKON=0,0,0,0,0,50000,50000,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,2000,2000,  
X 2000,2000,2000,0,0,0,0  
A INNTEKT.K=(KONSUM.K\*KPRIS.K+GUANO.K\*GPRIS.K)\*10  
A GJPRIS.K=(INNTEKT.K\*10/POS(NORFANG.K))\*FISKE.K

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

A TIDSKOST.K=DAGKOST\*LPERIO.K\*ANTBAAT\*FISKE.K  
A MANNSKAP.K=MANNDAG\*LPERIO.K\*ANTMANN\*ANTBAAT\*FISKE.K  
A KAPKOST.K=ANTBAAT\*FASTKOST\*LPERIO.K\*FISKE.K  
A DRIVKOST.K=(OLJEFORB\*SEILT.K+(FAFORB+LEVFORB)\*NORFANG.K/BAATLAS)  
X \*OLJEPRIS  
A SUMKOST.K=(KAPKOST.K+MANNSKAP.K+TIDSKOST.K+DRIVKOST.K) KR

\*\*\*\*\* NÅVERDI \*\*\*\*\*

A PROFITT.K=INNTEKT.K-SUMKOST.K KR/UK  
C DISKFAKT=.07  
A NDISK.K=EXP(-TID.K\*DISKFAKT)  
A TID.K=TIME.K-TIMEI  
L NAAVERD.K=NAAVERD.J+DT\*TILVERD.JK  
R TILVERD.KL=PROFITT.K\*NDISK.K\*ENDT.K  
N NAAVERD=0

\*\*\*\*\* TID ETC. \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* ÅRET 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 TIMEI=1983  
A DT.K=TOUKER.K  
A LPERIO.K=365/ANTMND.K  
A ENDT.K=1/DT.K  
A TOUKER.K=1/ANTMND.K  
A DES.K=TIMEI+(25\*TOUKER.K)  
A MAR.K=TIMEI+(6\*TOUKER.K)  
A PLTPER.K=PLPER\*TOUKER.K  
A PRTPER.K=PRPER.K\*TOUKER.K  
C PLPER=26  
C PRPER=1  
A ANTMND.K=26  
C LENGTH=2033