Nogle grundtræk i fiskeriøkonomi

Peder Andersen
Økonomisk Institut, Aarhus Universitet

SUMMARY: *This article surveys the main aspects of the economic theory of fish resources exploitation. A fish stock is a renewable resource, and therefore the connection between economics and biology is expounded. An open-access fishery and an optimal fishery are compared. An open-access fishery can never secure an optimal exploitation of the fish stocks as long as everyone can exploit the common property without payment. Normally, the fishing effort will be larger but the catches can be smaller in an open-access fishery. Results from analyses of adjustment difficulties and of the influence of the rate of interest indicate that extinction of a fish stock may occur in an open-access fishery as well as in an optimal fishery.*

1. Indledning

I 1911 offentliggjorde Jens Warming i Nationaløkonomisk Tidsskrift en lille artikel om udnyttelsen af fiskegrunde. Denne og en efterfølgende artikel i 1931 er de første kendte artikler om fiskeriøkonomi. Warming påpeger, at fiskegrunde udnyttes uhensigtsmæssigt, hvis enhver uden betaling har adgang til disse. Internationalt er artiklerne imidlertid først blevet omtalt i 60erne, vel sagtens fordi de er skrevet på dansk. Klassikerne inden for området er i stedet blevet Gordon (1954) og Scott (1955).

Fiskerierhvervets ændrede vilkår, de stigende økonomiske interesser i og de forbedrede tekniske muligheder for at udnytte fiskeressourcerne har forøget behovet for og givet en fornyet interesse for fiskeriøkonomi. Bedre forståelse af fiskeriøkonomi er en forudsætning for udformning af en økonomisk hensigtsmæssig fiskeripolitik.

Formålet med denne artikel er at give en oversigt over nogle væsentlige dele af den økonomiske teori om udnyttelsen af fiskeressourcer, hvorimod artiklen ikke omhandler de forskellige reguleringsmetoder og deres fordele og ulemper.[1]

1. En omtale heraf findes i bl.a. Christy (1973), Sinclair (1978), Andersen (1979), Clark (1979b), Crutchfield (1979) og Scott (1979).

Nogle grundtræk i fiskeriøkonomi

Peder Andersen
Økonomisk Institut, Aarhus Universitet

SUMMARY: *This article surveys the main aspects of the economic theory of fish resources exploitation. A fish stock is a renewable resource, and therefore the connection between economics and biology is expounded. An open-access fishery and an optimal fishery are compared. An open-access fishery can never secure an optimal exploitation of the fish stocks as long as everyone can exploit the common property without payment. Normally, the fishing effort will be larger but the catches can be smaller in an open-access fishery. Results from analyses of adjustment difficulties and of the influence of the rate of interest indicate that extinction of a fish stock may occur in an open-access fishery as well as in an optimal fishery.*

1. Indledning

I 1911 offentliggjorde Jens Warming i Nationaløkonomisk Tidsskrift en lille artikel om udnyttelsen af fiskegrunde. Denne og en efterfølgende artikel i 1931 er de første kendte artikler om fiskeriøkonomi. Warming påpeger, at fiskegrunde udnyttes uhensigtsmæssigt, hvis enhver uden betaling har adgang til disse. Internationalt er artiklerne imidlertid først blevet omtalt i 60erne, vel sagtens fordi de er skrevet på dansk. Klassikerne inden for området er i stedet blevet Gordon (1954) og Scott (1955).

Fiskerierhvervets ændrede vilkår, de stigende økonomiske interesser i og de forbedrede tekniske muligheder for at udnytte fiskeressourcerne har forøget behovet for og givet en fornyet interesse for fiskeriøkonomi. Bedre forståelse af fiskeriøkonomi er en forudsætning for udformning af en økonomisk hensigtsmæssig fiskeripolitik.

Formålet med denne artikel er at give en oversigt over nogle væsentlige dele af den økonomiske teori om udnyttelsen af fiskeressourcer, hvorimod artiklen ikke omhandler de forskellige reguleringsmetoder og deres fordele og ulemper.[1]

1. En omtale heraf findes i bl.a. Christy (1973), Sinclair (1978), Andersen (1979), Clark (1979b), Crutchfield (1979) og Scott (1979).

2. Et økologisk system

En fiskebestand er en selvreproducerende ressource og dermed en naturressource, der udover at kunne udnyttes til menneskeføde, proteinproduktion etc., indgår som en produktionsfaktor for nytilgang af fisk og for vækst i bestandens samlede vægt. Fiskebestande indgår som bestanddele af et maritimt økosystem, dvs. et afgrænset kredsløb, hvori der foregår en stofomsætning mellem planter, dyr og evt. mennesker. Mængden af fisk i et økosystem afhænger af mængden af næringsstoffer, og artssammensætningen og mængden af de forskellige arter afhænger af arternes livsbetingelser.

I et afgrænset havområde opstår en biologisk balance, *biologisk ligevægt*, hvis der i en længere periode er uændrede ydre påvirkninger. Biologisk ligevægt indebærer stabilitet med hensyn til hvilke arter, der findes, mængden af de forskellige arter og arternes aldersfordeling. En vedvarende ændring i livsbetingelserne medfører en ny biologisk ligevægt.

I det følgende analyseres et meget simpelt økosystem, hvori kun én fiskebestand har direkte økonomisk interesse. Bestandens størrelse på et givet tidspunkt t kan udtrykkes ved bestandens *biomasse* $x(t)$, defineret som den samlede vægt af alle fisk i bestanden.

Bestandens biomasse ændres ved bruttoafgang og bruttotilgang. Bruttoafgangen, kaldet *den naturlige dødelighed*, skyldes fiskedød på grund af alder, fødemangel, sygdom og andre fisk. Bruttotilgangen finder sted ved vægtforøgelse for de fisk, der er i bestanden og/eller rekruttering til bestanden.

I en situation uden fiskeri kan den relative vækstrate i en bestands biomasse opgøres på følgende måde

$$\frac{1}{x(t)} \cdot \frac{dx(t)}{dt} = R(x(t)) + g(x(t)) - M(x(t)) \tag{1}$$

hvor $x(t)$ er biomassen på tidspunkt t, R er den relative rekrutteringsrate, g er den relative vækstrate, M er den relative naturlige dødelighed, og R, g og M er funktioner af biomassen $x(t)$.[2]

En biologisk ligevægt er karakteriseret ved en konstant biomasse, dvs. $\frac{dx}{dt} = 0$. Uden fiskeri opstår den biologiske ligevægt, når

$$R(x(t)) \cdot x(t) + g(x(t)) \cdot x(t) = M(x(t)) \cdot x(t) \tag{2}$$

2. At ændringen i bestandens biomasse her og i det følgende angives ved en vækstrate skyldes, at modellen er kontinuert. Den absolutte ændring i bestandens biomasse bliver for en lille periode Δt approksimativt $\Delta x = (R + g - M) \cdot x(t) \cdot \Delta t$.

hvilket indebærer, at tilvæksten i bestanden forårsaget af rekruttering og vækst er lig reduktionen i biomassen forårsaget af naturlig dødelighed. Uden fiskeri er bestanden i biologisk ligevægt, *den naturlige ligevægtsbestand*, den maksimale stabile bestand, der kan opnås under de givne biologiske vilkår.

Fiskeri ændrer økosystemets balance. Den befiskede arts biomasse formindskes. *Fiskeridødeligheden*, dvs. fiskeriforårsaget dødelighed er naturligvis en funktion af *fiskeriindsatsen*. Omfanget af fiskeriindsats bestemmes af sammensætningen og indsatsen af en række produktionsfaktorer, som f.eks. antallet af fiskefartøjer, de enkelte fiskefartøjers størrelse, maskinkraft, udrustning af redskaber og teknisk udstyr, besætning og dennes dygtighed samt antallet af fisketimer. I det følgende antages, at fiskeriindsats kan opgøres ved en endimensional variabel E, der angiver antallet af standardenheder fiskeriindsats (f.eks. standardfisketimer), som samtidig er proportional med fiskeridødeligheden.[3] Fiskeridødeligheden $h(E(t))$ er defineret som den relative ændring i bestanden, fiskeriindsatsen forårsager. Fiskeridødeligheden $h(E(t))$ antages her uafhængig af bestandens størrelse.

Ved en given bestand $x^*(t)$ bliver fangsten på tidspunkt $t, y(t)$, hvor

$$y(t) = h(E(t)) \cdot x^*(t) \tag{3}$$

(3) kan således opfattes som en kortløbsproduktionsfunktion. Er $y(t)$ lig biomassens tilvækst excl. fiskeri, vil en ny biologisk ligevægt opnås, når

$$y(t) = h(E(t)) \cdot x^*(t) = [R(x^*(t)) + g(x^*(t)) - M(x^*(t))] \cdot x^*(t) \tag{4}$$

Der kan eksistere en biologisk ligevægt ved enhver bestandsstørrelse ved passende valg af omfanget af fiskeriindsats, forudsat at $R + g > M$.

3. Vækstfunktion og vedvarende udbytte

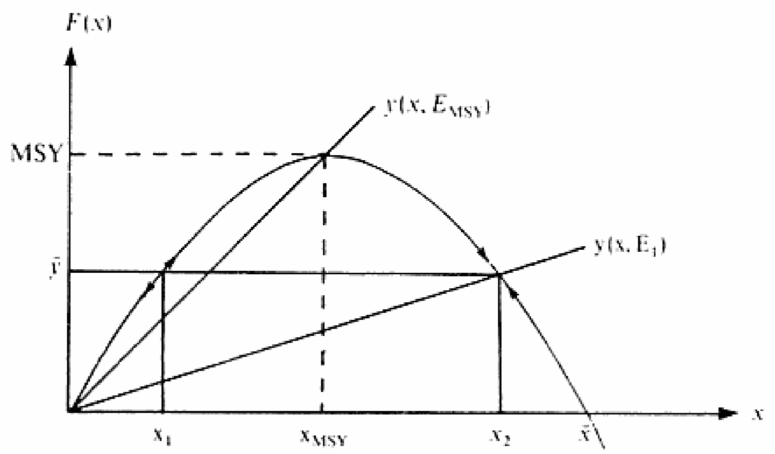
3.1. *Vækstfunktion*

En fiskebestand, der ikke er i biologisk ligevægt, antages at ændre sig kontinuerligt mod ligevægt. Ændringen er en funktion af bestandens størrelse og biologiske egenskaber samt det omgivende miljø, som antages konstant.

Fra (1) kan den absolutte ændring i bestanden opstilles som en differentialligning på generel form

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \cdot x(t) = F(x(t)) \tag{5}$$

3. For en uddybende gennemgang af fiskeriindsatsbegrebet, se f.eks. Rothschild (1972) eller Andersen (1979, pp. 44-50).



Figur 1. Vækstfunktion og kortløbsproduktionsfunktioner ved given fiskeriindsats. $E_{MSY} > E_1$.

hvor $f(x(t))$ er bestandens *naturlige relative vækstrate*,[4] og $F(x(t))$ er bestandens *naturlige vækstrate*.[5] Figur 1 viser vækstfunktionen, som er fundet anvendelig for mange fiskebestande, jvf. f.eks. Schaefer (1954).

Ved en lille bestand er tilvæksten $F(x)$ lille, hvorimod den relative vækstrate $F(x)/x$ og ændringen i vækstraten $F'(x)$ er stor. Den relative vækstrate antages at aftage monotont. For alle $0 < x < \bar{x}$ er $F(x) > 0$. Bestandens maksimale vedvarende ydeevne (maximum sustainable yield) MSY opnås ved x_{MSY}, hvor $0 < x_{MSY} < \bar{x}$. For $x > x_{MSY}$ falder tilvæksten med stigende x, for ved $\bar{x}$ at være 0 og negativ for $x > \bar{x}$. $\bar{x}$ er bestandens naturlige ligevægtsbestand. Hvis en midlertidig ændring i relevante påvirkningsfaktorer finder sted, bliver $x \neq \bar{x}$, men bestanden vil igen med tiden indstille sig på $\bar{x}$, når den ikke udsættes for fiskeri. Bliver $x < \bar{x}$, vil bestanden forøges og for $x > \bar{x}$ formindskes. Ændrer relevante påvirkningsfaktorer sig vedvarende, ændres vækstfunktionen og den naturlige ligevægtsbestand.

En realistisk beskrivelse af nogle fiskebestande forudsætter anvendelse af vækstfunktioner med Allee-effekt,[6] jvf. figur 3a. For disse fiskebestande er den relative vækstrate først stigende og derefter faldende eller evt. først negativ. En bestand uddør, selv om den ikke befiskes, når bestanden bliver mindre end et kritisk niveau x_0, under hvilket bestandens naturlige vækstrate er negativ.

4. Se fodnote 2 om anvendelse af termen vækstrate.
5. I det følgende udelades tidsangivelsen, hvor dette ikke kan give anledning til misforståelse.
6. Opkaldt efter biologen W. C. Allee.

3.2 *Vedvarende udbytte – Langløbsproduktionsfunktion*

Antages nu et fiskeri med en konstant fangstmængde $\bar{y}$, ændres bestandens vækstfunktion til

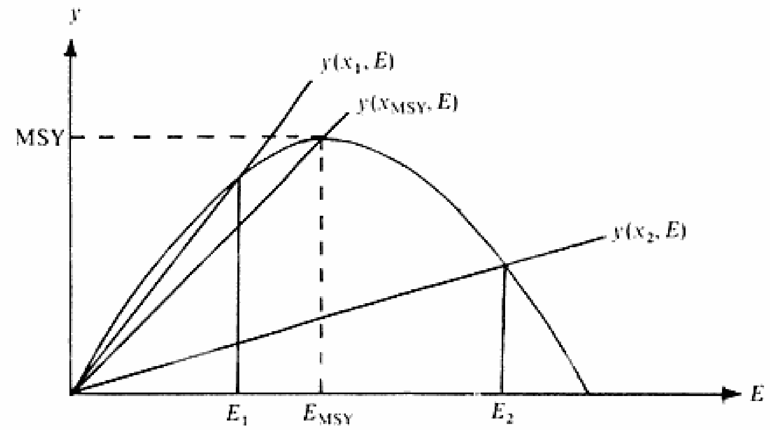
$$\frac{dx}{dt} = F(x) - \bar{y} \tag{6}$$

For $\bar{y} < \text{MSY}$ opstår der en ny ligevægt for $\bar{y} = F(x)$, hvor $x < \bar{x}$. Se figur 1. For $x < x_{\text{MSY}}$ vil ligevægten være ustabil, idet en afvigelse fra $x_1 < x_{\text{MSY}}$ vil indebære, at bestandens vækstrate $F(x)$ enten bliver mindre end $\bar{y}$, og bestanden uddør, eller at $F(x)$ bliver større end $\bar{y}$, og bestanden forøges til $x_2 > x_{\text{MSY}}$. For $\bar{y} = \text{MSY}$ opnås den på langt sigt maksimale fangstmængde.

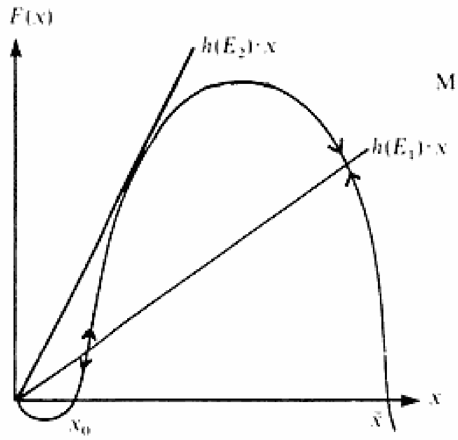
Langløbsproduktionsfunktionen, der angiver sammenhængen mellem fiskeriindsats og vedvarende udbytte, kan konstrueres ud fra kortløbsproduktionsfunktioner. For en given fiskeriindsats E_1, der forårsager en fiskeridødelighed $h(E_1)$, bliver fangsten en funktion af bestandens størrelse, dvs.

$$y = y(x, E_1) = h(E_1) \cdot x \tag{7}$$

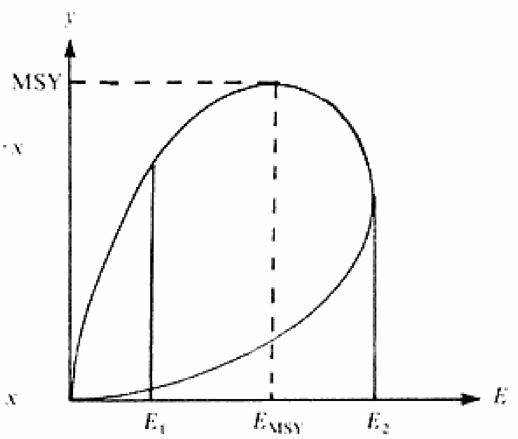
Det forudsættes indtil videre, at fangsten er lineær i bestandens størrelse. Hvis $y > F(x)$ ved en given bestandsstørrelse, er $dx/dt < 0$ og omvendt for $y < F(x)$. Der er interdependens mellem fiskeriindsats, fangst i forskellige perioder og bestandsstørrelse. Fastholdes fiskerindsatsen over en længere periode, falder fangstmængden i takt med bestandsnedgangen, indtil der opstår en biologisk ligevægt ved $y = F(x)$, se figur 1. Herved fremkommer et punkt på langløbsproduktionsfunktionen, der er vist i figur 2.



Figur 2. Langløbsproduktionsfunktion (vedvarende udbytte-kurve) og kortløbsproduktionsfunktioner for $x_1 > x_{\text{MSY}} > x_2$



Figur 3a. Vækstfunktion med kritisk Allee-effekt.



Figur 3b. Vedvarende udbyttekurve for bestand med kritisk Allee-effekt.

For $x > x_{MSY}$ vil den vedvarende fangstmængde stige ved stigende fiskeriindsats. Dette betyder, at for $E < E_{MSY}$ vil fangstmængden stige med stigende faktorindsats. E_{MSY} angiver den fiskeriindsats, der reducerer bestanden til x_{MSY} og sikrer MSY. For $E > E_{MSY}$ bliver $x < x_{MSY}$, og bestandens reproduktionsevne $F(x)$ formindskes ved et fald i x, hvilket medfører, at den vedvarende fangstmængde falder ved en forøgelse af fiskeriindsatsen.

På langt sigt vil marginal- og gennemsnitsudbyttet være faldende med stigende fiskeriindsats, og det marginale udbytte bliver negativt for $E > E_{MSY}$.

Er vækstfunktionen med Allee-effekt, bliver produktionsfunktionen backward-bending, hvilket bl.a. betyder, at der kan være to ligevægtsbestande ved samme fiskeriindsats, hvoraf den ene vil være ustabil, og en lille vedvarende ændring i fiskeriindsatsen kan medføre et kraftigt fald i fangstmængden med opfiskning af bestanden til følge, se figur 3a og 3b.

3.3 *Schaefer-modellen*

En ofte anvendt model indenfor både fiskeribiologi og -økonomi er Schaefer-modellen (Schaefer, 1954, 1957 og Schaefer og Beverton, 1962). I Schaefer-modellen tages der ikke hensyn til aldersstruktur, og Allee-effekt forudsættes ikke at eksistere. Som vækstfunktion anvendes normalt en logistisk funktion, fordi denne har de vigtigste af de ovenfor nævnte egenskaber.

Bestandens relative vækstrate $F(x)/x$ afhænger af bestandens biomasse efter følgende formel:

$$\frac{F(x)}{x} = r \cdot \left(1 - \frac{x}{\bar{x}}\right) \tag{8}$$

hvor r er en bestandsspecifik konstant, der angiver bestandens relative vækstrate $F(x)/x$ for $x \to 0$, og $\bar{x}$ er den naturlige ligevægtsbestand.

Vækstfunktionen bliver

$$\frac{dx}{dt} = r \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{\bar{x}}\right) = F(x) \tag{9}$$

Af (9) fremgår, at $F(x) = 0$ for $x = \bar{x}$, og at $F(x)$ er symmetrisk omkring $x = \frac{1}{2} \cdot \bar{x}$ med en maksimal vækstrate på $\frac{1}{4} \cdot r \cdot \bar{x}$.

Ved brug af (9) kan formlen for produktionsfunktionen for Schaefer-modellen udledes, når det samtidigt antages, at fangsten y kan skrives som

$$y = q \cdot E(t) \cdot x(t) \tag{10}$$

hvor $E(t)$ er fiskeriindsatsen på tidspunkt t, og q er en teknisk koefficient, kaldet *fangstlethedskoefficienten*, der angiver, hvor let det er at fange en given andel af en bestand. $q \cdot E(t)$ er fiskeridødeligheden.

Der anvendes en kontinuert model. Derfor angiver (10) *den øjeblikkelige fangst (instantaneous catch)*, og fiskeridødeligheden bliver fiskebestandens deprecieringsrate. Det forudsættes, at q er uafhængig af bestandens og fiskeriindsatsens størrelse.[7]

Befiskes bestanden, bliver vækstfunktionen

$$\frac{dx}{dt} = F(x) - q \cdot E \cdot x = r \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{\bar{x}}\right) - q \cdot E \cdot x \tag{11}$$

For et givet E og biologisk ligevægt $\frac{dx}{dt} = 0$ fås en entydig ligevægtsbestand x_e

$$x_e = \bar{x} \cdot \left(1 - \frac{q \cdot E}{r}\right) \quad \text{for } r > q \cdot E \tag{12}$$

Sammenhængen mellem fiskeriindsats og vedvarende fangstmængde bliver, jfr. (10) og (12)

$$y = q \cdot E \cdot x = \bar{x} \cdot q \cdot E \cdot \left(1 - \frac{q \cdot E}{r}\right) \tag{13}$$

Langløbsproduktionsfunktionen (13) er symmetrisk omkring E_{MSY}. For $r < E \cdot q$ vil bestanden blive opfisket.

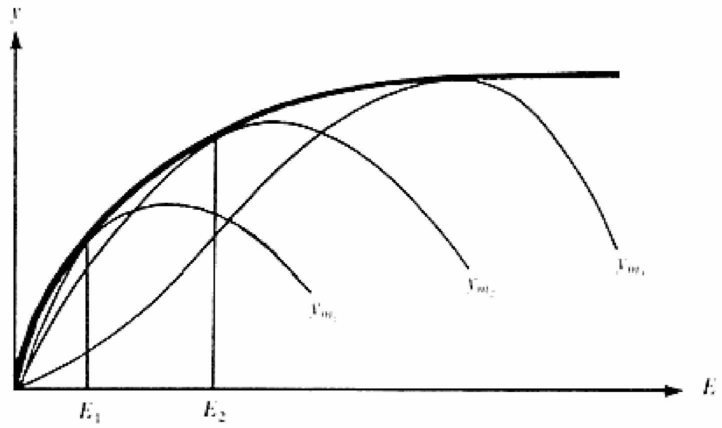
7. Forudsætningen forenkler analysen, og er ikke afgørende for konklusionerne. Betydningen af, at q afhænger af fiskeriindsatsen og/eller bestanden, er omtalt i Hannesson (1979).

3.4. *Beverton og Holt-modellen*

I Schaefer-modellen tages ikke hensyn til aldersstrukturen i en fiskebestand. I flere sammenhænge kan denne forenkling være utilfredsstillende. Beverton og Holt har udviklet en biologisk model, hvor aldersstrukturen inddrages (se f.eks. Beverton og Holt, 1957; Clark, 1976; Andersen, 1979).

I Beverton og Holt-modellen er væksten afhængig af både biomassen og af aldersstrukturen. Vækstfunktionen kan ændres ved fastholdt biomasse, hvis aldersstrukturen ændres. En bestands alderssammensætning ændres ved fiskeri og er afhængig af *selektionen* i fiskeriet. Selektionen angiver, hvilke aldersgrupper der udsættes for fiskeridødelighed, normalt udtrykt ved hvor unge fisk, der indgår i den befiskede del af bestanden. Selektionen har betydning for formen af den vedvarende udbyttekurve. Selektionen kan være bestemt af, hvilke fangstredskaber der anvendes, herunder netmaskestørrelse. For hver selektionsgrænse eksisterer der en langløbsproduktionsfunktion. Indhyldningskurven til de forskellige produktionsfunktioner kaldes den *eumetriske kurve*. Se figur 4.

For at befinde sig på den eumetriske kurve må fiskeriindsats og selektion koordineres. Jo mere selektivt fiskeriet er, jo færre fisk udsættes for fiskeridødelighed, og jo flere fisk får herved mulighed for at vokse, men samtidig forøges tabet på grund af den naturlige dødelighed, og tilvæksten aftager desuden normalt med fiskens alder. For at befinde sig på den eumetriske kurve, må fiskeriindsatsen derfor forøges, når selektionen forøges.



Figur 4. Produktionsfunktioner ved alternativ selektion, m og indhyldningskurven, den eumetriske kurve.

4. Ureguleret fiskeri og optimalt fiskeri

Ved *et ureguleret fiskeri* (*open access fishery*) forstås, at der er fri adgang til at fiske, og at der ikke skal betales for denne adgang. Havets ressourcer er under disse omstændigheder *»a common property resource«*. Ved *et optimalt fiskeri* forstås, at der ved udnyttelsen af havets fiskeressourcer realiseres et maksimalt økonomisk overskud. Det forudsættes, at der kan ses bort fra second-best problemer.

Den økonomiske litteratur om udnyttelsen af fiskeressourcer lige fra Warming (1911, 1931), Gordon (1954) og Scott (1955) til og med den nyeste litteratur, for eksempel Hannesson (1978), Sinclair (1978), Butlin (1979) og Clark (1979a), beskæftiger sig med konsekvenserne af den frie adgang til at udnytte havets ressourcer uden nogen form for betaling. Samstemmende fås resultatet, at fiskeriindsatsen bliver for stor i det uregulerede fiskeri i forhold til fiskeriindsatsen i et optimalt fiskeri, og at der ikke på langt sigt vil eksistere nogen grundrente. Grundrenten for en fiskegrund defineres på samme måde som jordrenten fra et jordstykke.

Begrebet optimalt fiskeri har været genstand for megen debat. Biologernes opfattelse har været og er stadig ofte uden økonomisk indhold, jvf. Larkin (1977). Blandt biologiske målsætninger nævnes normalt, at det skal forhindres, at bestandene bliver så små, at der opstår risiko for opfiskning. Ligeledes fremhæves, at det bør tilstræbes, at de enkelte årgange opnår den maksimale vækst. Hyppigst fremstår som målsætning, at der bør sikres den størst mulige vedvarende fangstmængde (maximum sustainable yield, MSY), der sikrer den størst mulige produktion af fiskekød. Der tages ikke hensyn til prisen på de enkelte arter eller til omkostningerne ved at fiske. Ligeledes kan der mod MSY-kriteriet indvendes, at det bliver indholdsløst, når der er flere arter, der indgår i fælles fødekæde, medmindre det er den samlede produktion af fiskekød for alle arter under ét, der tilstræbes maksimeret.

Hovedprincippet i litteraturen om fiskeriøkonomi har været og er stadig, at målsætningen er maksimering af nettoudbyttet. Ved opgørelsen af nettoudbyttet indgår konsument- og producentoverskud samt grundrenten. Opgørelsen af disse bygger normalt på, at *»willingness to pay«* kan anvendes til at måle nytten af fisk, og at privatøkonomiske omkostninger er lig de samfundsmæssige. Disse forudsætninger fastholdes i det følgende.

4.1. *Statiske modeller*

I den statiske analyse anvendes Schaefer-modellen, idet denne model kan repræsentere alle de vækstfunktioner, hvor der ikke tages hensyn til aldersstruktur og Allee-effekt. Det antages, at der i et givet økologisk system kun eksisterer én fiskeart, der er af økonomisk interesse og én fiskegrund, hvor bestanden er uniform fordelt.

dvs. bestandstætheden er ens overalt på fiskegrunden. Prisen på fiskekød antages upåvirket af fangstmængden fra denne fiskegrund. Fiskeflåden forudsættes at bestå af identiske produktionsenheder (fiskefartøjer), der opererer økonomisk uafhængigt af hinanden med en målsætning om profitmaksimering. Under fuldkommen konkurrence opfatter produktionsenhederne fiskebestandens størrelse og prisen på fisk som exogent givne.

I *økonomisk ligevægt* vil fiskeriindsatsen være konstant, dvs. $\frac{dE}{dt} = 0$. I et ureguleret fiskeri i økonomisk ligevægt vil grundrenten være nul, idet en positiv profit (grundrente) vil resultere i en udvidelse af fiskeriindsatsen og en negativ profit (grundrente) i en indskrænkning af fiskeriindsatsen. Samtidig økonomisk og biologisk ligevægt kaldes *bioøkonomisk ligevægt*. Bioøkonomisk ligevægt i et ureguleret fiskeri er karakteriseret ved, jvf. (13)

$$c = p \cdot \bar{x} \cdot q \cdot \left(1 - \frac{q \cdot E}{r}\right) \tag{14}$$

hvor c er omkostning pr. standardenhed fiskeriindsats, og p er prisen på fiskekød.

I ligevægt er marginalomkostningerne lig gennemsnitsomsætningen, $p \cdot q \cdot x_u$, hvor x_u er ligevægtsbestanden i det uregulerede fiskeri. Når marginalomkostningerne er konstante, bliver totalomsætningen lig totalomkostningerne, og der vil således på langt sigt hverken være grundrente eller producentoverskud.

Ligevægtsfiskeriindsatsen i det uregulerede fiskeri bliver

$$E_u = \frac{r}{q} \cdot \left(1 - \frac{c}{p \cdot q \cdot \bar{x}}\right) \tag{15}$$

Idet biologisk ligevægt forudsætter

$$\frac{dx}{dt} = r \cdot x \cdot \left(1 - \frac{x}{\bar{x}}\right) - q \cdot E \cdot x = 0 \tag{16}$$

fås af (15) og (16) følgende udtryk for ligevægtsbestanden i det uregulerede fiskeri

$$x_u = \frac{c}{p \cdot q} = \bar{x} \cdot \left(1 - \frac{q \cdot E_u}{r}\right) \tag{17}$$

Fangstmængden y vil være bestemt af bestandens størrelse, fiskeriindsatsen og fangstlethedskoefficienten q. Fra (15) og (17) findes fangstmængden y

$$y = q \cdot E_u \cdot x_u = q \cdot \left(\frac{\bar{x} - x_u}{\bar{x}}\right) \cdot \frac{r}{q} \cdot x_u = r \cdot x_u \cdot \left(1 - \frac{x_u}{\bar{x}}\right) \tag{18}$$

Hvis $p < \frac{c}{q \cdot \bar{x}}$ bliver $E = 0$, dvs. fiskebestanden befiskes ikke. $\frac{c}{q \cdot \bar{x}}$ er de minimale omkostninger pr. enhed fiskekød.

Virkningerne af en prisstigning, omkostningsstigning og tekniske fremskridt kan analyseres i den opstillede model.

Ved differentiation af (15) med hensyn til prisen p fås

$$\frac{dE}{dp} = \frac{r \cdot c}{q^2 \cdot p^2 \cdot \bar{x}} > 0 \tag{19}$$

En prisstigning vil altid medføre en udvidelse af fiskeriindsatsen og dermed også en nedgang i bestanden.

Ved differentiation af (17) og (18) fås

$$\frac{dy}{dp} = r \cdot \frac{-c}{q \cdot p^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot x}{\bar{x}}\right) \tag{20}$$

(20) viser, at $dy/dp > 0$ for $x > \frac{1}{2}\bar{x} = x_{MSY}$ og $dy/dp < 0$ for $x < \frac{1}{2}\bar{x} = x_{MSY}$. Af (20) fremgår det, at hvis bestanden i bioøkonomisk ligevægt er biologisk overfisket, dvs. $x < x_{MSY}$, vil en marginal prisforhøjelse på langt sigt resultere i en nedgang i fangstmængden. Hvis bestanden ikke er biologisk overfisket, bliver fangstmængden vedvarende større ved en prisstigning. M.h.t. virkninger er et omkostningsfald på standardenheder fiskeriindsats, forårsaget af faktorprisfald eller tekniske fremskridt, analog med en prisstigning. Når en fiskebestand er biologisk overfisket, vil en øget efterspørgsel efter fisk i et ureguleret fiskeri på lidt længere sigt resultere i et fald i udbudet, idet de nytilkomne fiskefartøjers fangst ikke kan opveje fangstnedgangen for de fiskefartøjer, der allerede er i fiskeriet. Fangsten pr. fiskefartøj vil imidlertid altid blive mindre, når den samlede fiskeriindsats forøges, fordi bestanden herved reduceres. Der eksisterer således en *bestandsexternalitet*.

I den klassiske fiskeriøkonomi tages hensyn til priser og omkostninger ved fiskeriet, men ikke til tidsdimension, diskontering og den dynamiske tilpasningsproces. Det antages implicit, at den samfundsmæssige kalkulationsrente er nul, og at prisen på fisk og omkostningsfunktionen for fiskeriindsats er konstante over tiden. I bioøkonomisk ligevægt bliver grundrenten i hver periode i den statiske Schaefer-model

$$R = p \cdot y(E) - c \cdot E = p \cdot \bar{x} \cdot q \cdot E \cdot \left(1 - q \cdot \frac{E}{r}\right) - c \cdot E \tag{21}$$

Optimalitetsbetingelsen for maksimering af grundrenten bliver

$$\frac{dR}{dE} = p \cdot \frac{dy}{dE} - c = p\left(\bar{x} \cdot q - \frac{2 \cdot x \cdot q^2}{r} \cdot E\right) - c = 0 \tag{22}$$

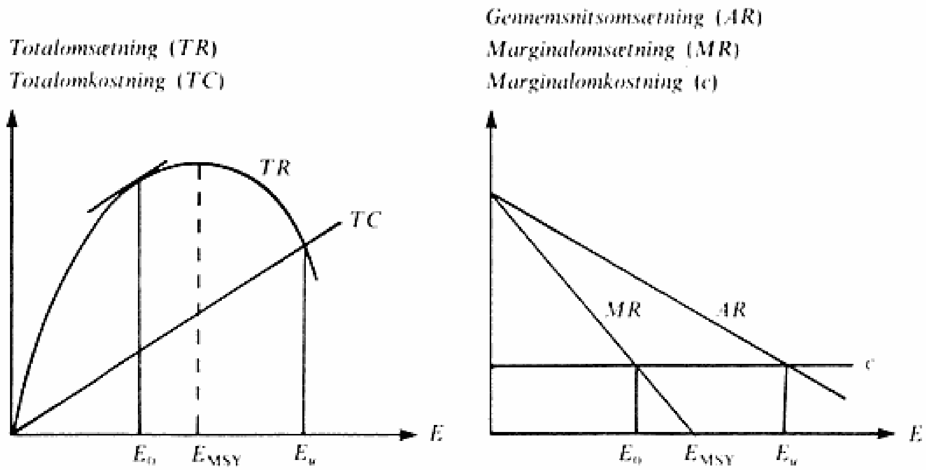
Dette indebærer

$$p \cdot \frac{dy}{dE} = p \cdot \bar{x} \cdot q \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{q}{r} \cdot E\right) = c \tag{23}$$

Betingelsen (23) er velkendt: værdien af marginalproduktet skal i hver periode være identisk med marginalomkostningerne. I en statisk model vil periodens marginalprodukt ved optimal udnyttelse aldrig blive negativt, modsat i en model, hvor renten inddrages, jvf. afsnit 4.5.

I et omkostningsfrit fiskeri, $c = 0$, bliver den optimale fiskeriindsats og fangstmængde som under biologernes MSY-kriterium. Når marginalomkostningerne er positive, vil fangstmængden ved det maksimale vedvarende økonomiske udbytte altid være mindre end MSY og bestanden altid større end x_{MSY}.

I sammenligning med et ureguleret fiskeri, vil fiskeriindsatsen altid være mindre og bestanden altid større, jvf. figur 5. Derimod kan der ikke generelt siges noget entydigt om, under hvilke af de to systemer fangstmængden er størst. Hvis fiskeriindsatsen i et ureguleret fiskeri i ligevægt er mindre end E_{MSY}, vil fangstmængden være størst i det uregulerede fiskeri. Men jo højere fiskeprisen er i forhold til omkostningerne, jo mere sandsynligt er det, at fangstmængden i det uregulerede fiskeri bliver mindre end i det optimale fiskeri. Hvis det i udgangspunktet gælder, at der i et ureguleret fiskeri og et optimalt fiskeri ved samme forhold mellem pris og marginalomkostning fanges samme mængde, vil en prisstigning og/eller et omkostningsfald medføre, at



Figur 5. Ligevægt i et ureguleret og et optimalt fiskeri.

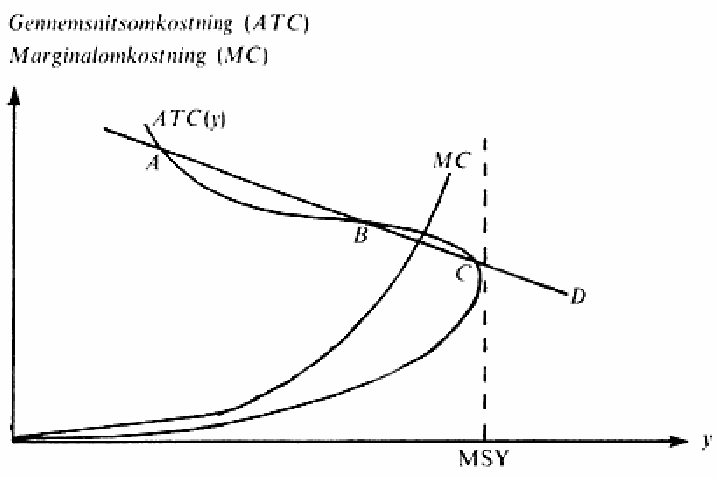
fangstmængden i det optimale fiskeri bliver større end i det uregulerede fiskeri, idet fangstmængden stiger i det optimale fiskeri og falder i det uregulerede fiskeri. Fangstmængderne kan i de to systemer kun være identiske, hvis fiskebestanden er biologisk overfisket i det uregulerede fiskeri.

Det følger direkte af den gennemgåede model og blev vist af Warming (1911), at hvis der eksisterer flere fiskegrunde med hver sin bestand med forskellige vækstfunktioner, men med identiske omkostninger ved at fiske på de forskellige grunde, vil gennemsnitsproduktet blive ens på de forskellige grunde i et ureguleret fiskeri. Hvis omkostningerne er forskellige, vil gennemsnitsproduktet blive mindst, hvor marginalomkostningerne til fiskeriindsats er mindst. I et optimalt fiskeri skal marginalproduktet være lig marginalomkostningerne på hver fiskegrund. Det uregulerede fiskeri indebærer således både en på hver fiskegrund for stor og en mellem fiskegrundene inoptimal fordeling af fiskeriindsats.

4.2. *Pris som funktion af fangstmængde*

I 4.1. er det forudsat, at prisen er exogent givet for et afgrænset fiskeri. Hvis imidlertid analysen omfatter et økologisk system med stort fiskeri, vil prisen på fiskekød afhænge af fangstmængden.

Idet marginalproduktet ved stigende fiskeriindsats er faldende for ved den maksimale fangstmængde MSY at blive nul og herefter negativ, bliver totalomkostningsfunktionen for fangstmængden konveks og backward-bending. Den sidste del af omkostningsfunktionen medtages normalt ikke i økonomiske analyser, idet produktionen her sker uden for efficiensområdet. Imidlertid kan et ureguleret



Figur 6. Backward-bending-udbudskurven.

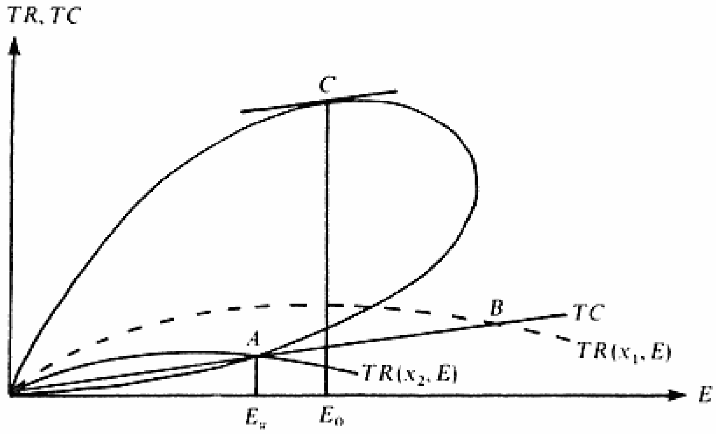
fiskeri foregå uden for efficiensområdet, fordi anvendelse af fiskeressourcen er omkostningsfri for de enkelte produktionsenheder. I figur 6 er de totale gennemsnitsomkostninger og marginalomkostninger tegnet. Gennemsnitsomkostningskurven vil ligesom totalomkostningskurven være backward-bending og ligge under marginalomkostningskurven, så længe fangstmængden er mindre end MSY.

Ved en tilstrækkelig stor efterspørgsel efter fisk vil ligevægten i et ureguleret fiskeri opstå på den øvre del af udbudskurven. Udbudskurven er totalgennemsnitsomkostningskurven. Med faldende efterspørgselskurve vil der være et konsumentoverskud, der imidlertid bliver mindre end under optimalt fiskeri, når skæringen med udbudskurven ATC sker til venstre for MC-kurven, som er udbudskurven under optimalt fiskeri. En øget efterspørgsel efter fisk vil desuden formindske udbudet i det uregulerede fiskeri, og der vil være mulighed for flere ligevægtspunkter. I figur 6 er vist 3 ligevægtspunkter. Punktet *B* vil være ustabilt. Hvilket af de to øvrige ligevægtspunkter, systemet vil indstille sig på, afhænger af de dynamiske egenskaber. Jo hurtigere tilgangen til fiskeriet finder sted, og jo langsommere afgangen foregår, jo mere sandsynligt er det, at ligevægten opstår ved en høj pris og lav fangstmængde (punktet *A*). Når ligevægten i et ureguleret fiskeri opstår på den øverste del af udbudskurven, kunne den samme fangstmængde opnås ved mindre omkostninger og derved sikre grundrente.

Optimalt fiskeri opnås, hvor efterspørgselsfunktionen skærer marginalomkostningsfunktionen. Hvis produktionsenhederne ikke er homogene, skal der skelnes mellem de samfundsmæssige og de private omkostninger. Der vil være inframarginale rents, som ud fra en samfundsmæssig optimering bør fratrækkes for at få de samfundsmæssige omkostninger (Copes, 1972). Den samfundsmæssige marginalomkostningskurve og den samfundsmæssige gennemsnitsomkostningskurve vil ligge under de tilsvarende private omkostningskurver. Overlades udnyttelsen af fiskeressourcer til en organisation, der profitmaksimerer, tages der ikke hensyn til inframarginale rents, ligesom der ved en faldende efterspørgselskurve kan drives monopolpolitik.

4.3. *Forward-bending kurven*

I de foregående analyser har det været forudsat, at bestandens egenskaber opfyldte forudsætningerne for at anvende en Schaefer-model. For bestande med Allee-effekt er bestandens vækstrate ved en lille bestand negativ og/eller den relative vækstrate er stigende og derefter faldende med stigende bestand. Fangstkurven for bestande med Allee-effekt er forward-bending, jvf. afsnit 3.2., figur 3a og 3b. I figur 7 er forward-bending omsætningskurven vist, ligesom to kortløbsomsætningskurver og omkostningskurven er indtegnet.



Figur 7. Forward-bending-kurven og illustration af lavfangstfælden.

Forudsættes kortløbsomsætningskurverne konkave, kan punktet A være en stabil ligevægt i et ureguleret fiskeri. Hvis udgangssituationen er kortløbsligevægten B, vil fangstmængden overstige bestandstilvæksten. Bestandsnedgangen vil indebære et fald i kortløbsomsætningskurven. Forudsat at ændringen i fiskeriindsatsen foregår tilstrækkeligt hurtigt i forhold til ændringen i bestandens størrelse, vil systemet indstille sig i ligevægten A. Hvis ændringen i fiskeriindsatsen foregår relativt langsomt, og bestandens vækstrate er lille, kan bestanden i stedet uddø.

Under optimal udnyttelse vil ligevægtspunktet aldrig være et punkt på den nederste del af omsætningskurven. Optimalpunktet vil som sædvanlig være karakteriseret ved, at marginalomsætningen er lig marginalomkostningerne, jvf. punkt C i figur 7. I et fiskeri, hvor bestandens vækstfunktion har Allee-effekt, kan der, som det ses i figur 7, opstå en situation, hvor fiskeriindsatsen i et ureguleret fiskeri er mindre end i et optimalt fiskeri. Fiskeriet befinder sig i en lavfangstfælde (jvf. Hannesson, 1974 p. 26). Dette kan kun forekomme, hvis vækstfunktionen har Allee-effekt.

4.4. *Dynamisk tilpasning*

Dynamiske tilpasningsproblemer i fiskeriet, herunder om og under hvilke betingelser en bestand vil blive opfisket i et ureguleret fiskeri, inddrages undertiden i analyserne. Hvis den samfundsmæssige kalkulationsrente er nul, vil en optimal udnyttelse aldrig resultere i opfiskning af bestanden, og bestandens biomasse vil være større end x_{MSY}, jvf. 4.1.

Tilpasningsprocessen kan formelt beskrives ved brug af et differentialligningssystem (se f.eks. Quirk & Smith, 1970). Hvorvidt der vil opstå ligevægt, og med hvilken hastighed en ligevægt i givet fald vil nås, kan kun besvares ved brug af specificerede funktioner (se kap. 6 i Clark, 1976). Kun nogle af de generelle aspekter berøres i det følgende.

Ændringen i en bestand afhænger af bestandens størrelse og egenskaber samt af omfanget af fiskeriindsatsen. Dette kan i generel form angives ved følgende differentialligning

$$\frac{dx}{dt} = f(x, E) \tag{24}$$

For $f(x, E) = 0$ eksisterer der biologisk ligevægt. Udviklingen i bestanden ved alternative niveauer af fiskeriindsats og bestandsstørrelse er angivet med lodrette pile i figur 8.

Ændringen i fiskeriindsatsen vil i et ureguleret fiskeri afhænge af, om der er positiv eller negativ grundrente. I et optimalt fiskeri vil ændringen afhænge af, om grundrenten kan forøges eller formindskes ved ændring i fiskeriindsatsen.[8] Under begge systemer afhænger grundrenten på et givet tidspunkt af bestandens størrelse, fiskeriindsatsens omfang og økonomiske parametre som prisen på fiskekød og omkostningerne til fiskeriindsats. Ændringen i fiskeriindsatsen kan ved givne økonomiske parametre angives ved følgende generelle differentialligning

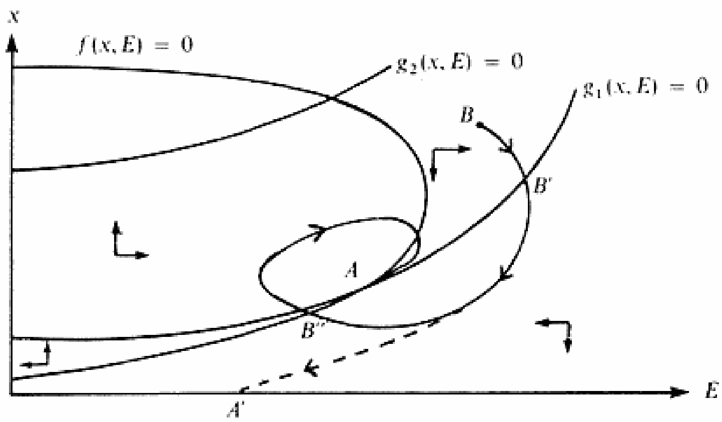
$$\frac{dE}{dt} = g(x, E) \tag{25}$$

For $g(x, E) = 0$ eksisterer der økonomisk ligevægt. Udviklingen i fiskeriindsatsen er angivet med vandrette pile i figur 8.

De kombinationer af bestandsstørrelse og fiskeriindsats, der giver biologisk ligevægt, er angivet ved $f(x, E)$-kurven; i figur 8 vist for en bestand med Allee-effekt. $g_1(x, E)$-kurven angiver de kombinationer af bestandsstørrelse og fiskeriindsats, der i et ureguleret fiskeri under givne pris- og omkostningsforhold giver økonomisk ligevægt. Ved højere omkostninger og/eller lavere priser vil $g(x, E)$-kurven være forskudt lodret opad til f.eks. $g_2(x, E)$.

Hvis startpunktet er B, kan den dynamiske tilpasning f.eks. foregå via den optrukne tilpasningssti fra B til A. Denne tilpasningssti indebærer først en udvidelse af fiskeriindsatsen, hvilket giver en bestandsnedgang. Der vil opstå midlertidig økonomisk ligevægt i punktet B'. Fangstmængden vil her være større end bestandens

8. I en mere realistisk model må ændringen i fiskeriindsatsen formodes at afhænge af den forventede tilbagediskonterede profit.



Figur 8. Dynamisk tilpasning.

produktion, hvilket vil give en yderligere bestandsnedgang, grundrenten vil blive negativ, og fiskeriindsatsen reduceres. Der vil være biologisk ligevægt i B'', men negativ grundrente. I punktet A vil der være både biologisk og økonomisk ligevægt. Ad hvilken sti og med hvilken hastighed ligevægten nås, afhænger af ændringshastighederne for den biologiske og den økonomiske relation.

Det kan ikke afgøres generelt, om systemet vil indstille sig i ligevægtspunktet. Hvis bestanden vokser langsomt, og afgangen fra fiskeriet også foregår langsomt, dvs. små værdier på både $f(x,E)$ og $g(x,E)$, er det muligt, at tilpasningen følger en sti, der indebærer, at bestanden opfiskes, for eksempel den viste stiplede tilpasningssti.

Sandsynligheden for opfiskning (udryddelse af bestanden) formindskes, hvis bestanden er uden Allee-effekt, og prisen er lav og/eller omkostningerne er høje. Hvis bestanden er uden Allee-effekt, er $f(x, E)$ konkav, og et fald i prisen og en stigning i omkostningerne forskyder $g(x,E)$-kurven lodret opad.

I Quirk & Smith (1970) og Anderson (1977 p. 146) vises, at der er mulighed for flere ligevægtspunkter. Det gælder her, at startbestandens og startfiskeriindsatsens størrelse samt forholdet mellem ændringshastighederne er afgørende for, om der opstår en ligevægt og i givet fald, hvilken af de mulige der realiseres.

4.5. *Rentens betydning*[9]

I de foregående analyser har en samfundsmæssig kalkulationsrente på nul været forudsat. Gælder dette ikke, ændres den bioøkonomiske ligevægt i et optimalt fiskeri, hvorimod den bioøkonomiske ligevægt i et ureguleret fiskeri ikke ændres, forudsat uændret omkostningsfunktion for fiskeriindsats.

9. En uddybning af dette afsnit findes i Andersen (1979, pp. 116-140).

I et ureguleret fiskeri er bestandens skyggepris nul for de enkelte fiskere, fordi fiskebestanden er *a common property resource*. Den privatøkonomiske skyggepris er således upåvirket af den samfundsmæssige kalkulationsrente, hvorimod den samfundsmæssige skyggepris er faldende med stigende rente.[10]

Et optimalt fiskeri i ligevægt er karakteriseret ved, at det øjeblikkelige tab ved en marginal reduktion af fiskeriindsatsen er lig nutidsværdien af de herved opståede marginale vedvarende gevinster i fremtiden. Dette indebærer, at forholdet mellem den marginale vedvarende gevinst og det øjeblikkelige tab ved en marginal ændring i fiskeriindsatsen i ligevægt skal være lig den samfundsmæssige rentestyrke.

Er rentestyrken nul, fås, at marginalomsætningen, afledt af langløbsomsætningskurven, skal være lig marginalomkostningerne. Herved maksimeres den vedvarende grundrente, og der eksisterer ingen marginalgevinst, som også vist i den statiske model.

Er fiskeriet omkostningsfrit, er optimalitetsbetingelsen, at bestandens marginale produktivitet skal være lig rentestyrken, jvf. det fra kapitalteorien velkendte, at ligevægtskapitalstocken opnås, når renten er lig kapitalens marginale produktivitet. Fiskebestandens marginale produktivitet er hældningen på vækstfunktionen, $dF(x)/dx$, jvf. figur 1. Hvis rentestyrken er nul, er det som tidligere vist optimalt i et omkostningsfrit fiskeri at fiske efter MSY-kriteriet, hvorimod en positiv rentestyrke medfører, at den optimale bestand er mindre end x_{MSY}. Vi ser her, at biologisk overfiskning undertiden kan være optimalt.

Jo højere omkostnings/pris-forholdet er, jo større skal rentestyrken være, for at biologisk overfiskning er optimalt. Hvis rentestyrken går mod uendelig, bliver bestandens skyggepris nul, idet værdien af de fremtidige fangster regnet i nutidsværdi er nul. I givet fald vil det være økonomisk rationelt at befiske bestanden, indtil den øjeblikkelige marginale gevinst er nul. Dette indebærer, at fiskeriindsatsen på langt sigt netop skal være så stor, at den øjeblikkelige marginalomsætning fundet fra kortløbsproduktionsfunktionerne er lig marginalomkostningerne. Er rentestyrken uendelig og kortløbsproduktionsfunktionerne lineære med hensyn til fiskeriindsatsen, bliver der i bioøkonomisk ligevægt ingen grundrente, og fiskeriindsatsen bliver af samme omfang som i et ureguleret fiskeri, hvor grundrenten uafhængig af rentestyrken er nul. Er kortløbsproduktionsfunktionerne konkave, bliver grundrenten i et optimalt fiskeri positiv og fiskeriindsatsen mindre end i et ureguleret fiskeri.

Hvis prisen på fisk ikke er konstant, men f.eks. stiger kontinuert med en given procent, svarer dette til en reduktion af realrenten med prisstigningstakten.

10. I det følgende ræsonneres i den tidligere kontinuerte model, hvorfor begrebet rentestyrke anvendes og i betydningen den samfundsmæssige rentestyrke.

Sammenlignet med en situation, hvor prisen på fisk er konstant, givet at alle de øvrige parametre er uændrede, bliver konsekvensen i et optimalt fiskeri, at fiskeriindsatsen reduceres, bestanden forøges, og fangstmængden stiger (falder), hvis bestanden i udgangssituationen er biologisk overfisket (ikke er biologisk overfisket).

I et ureguleret fiskeri vil fiskeriindsatsen blive udvidet i takt med prisstigningen med stigende fangstmængde til følge, hvis bestanden ikke er biologisk overfisket og faldende fangstmængde, hvis bestanden er biologisk overfisket. Virkningerne er således helt modsatte i et optimalt og et ureguleret fiskeri.

Ligeledes spiller renten en afgørende rolle for, om det er optimalt at opfiske en bestand. I et ureguleret fiskeri vil opfiskning finde sted, hvis værdien af en enhed fisk er mindst lige så stor som omkostningerne ved at fange den enhed af en bestand, der reducerer bestanden under det kritiske niveau.[11]

Som tidligere vist er bestandens marginale produktivitet vigtig for bestemmelse af den optimale bestandsstørrelse. Det vil derfor ikke være optimalt at opfiske en bestand, hvis bestandens marginale produktivitet $F'(x)$ er større end rentestyrken. Heraf følger, at forudsætningen for, at opfiskning er optimalt, er, at bestandens marginale produktivitet er lav, og at de marginale fangstomkostninger ved at reducere bestanden under det kritiske niveau ikke er højere end værdien af den marginale fangst.

5. Afsluttende bemærkninger

De vigtigste grundtræk i fiskeriøkonomien er blevet præsenteret med vægt på sammenligningen af et ureguleret og et optimalt fiskeri. Hovedkonklusionen er, at et ureguleret fiskeri vil være et inoptimalt fiskeri.

Disse simple modeller er imidlertid langt fra tilstrækkelige som grundlag for regulering af fiskeriet. Dertil behøves indsigt i de dynamiske forhold i fiskeriet og analyser af flerartsmodeller samt viden om de enkelte fiskerienheders adfærd og de forskellige reguleringsmetoders egenskaber.

Litteratur

Andersen, P. 1979. *Fiskeriøkonomi*. Esbjerg.

Anderson, L. G. 1977. *The Economics of Fisheries Management*. Baltimore.

Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (London) Fisheries Investigations Series 2 (19).

11. For bestande uden Allee-effekt er der ved reduktion til det kritiske niveau tale om at fange den sidste enhed.

Sammenlignet med en situation, hvor prisen på fisk er konstant, givet at alle de øvrige parametre er uændrede, bliver konsekvensen i et optimalt fiskeri, at fiskeriindsatsen reduceres, bestanden forøges, og fangstmængden stiger (falder), hvis bestanden i udgangssituationen er biologisk overfisket (ikke er biologisk overfisket).

I et ureguleret fiskeri vil fiskeriindsatsen blive udvidet i takt med prisstigningen med stigende fangstmængde til følge, hvis bestanden ikke er biologisk overfisket og faldende fangstmængde, hvis bestanden er biologisk overfisket. Virkningerne er således helt modsatte i et optimalt og et ureguleret fiskeri.

Ligeledes spiller renten en afgørende rolle for, om det er optimalt at opfiske en bestand. I et ureguleret fiskeri vil opfiskning finde sted, hvis værdien af en enhed fisk er mindst lige så stor som omkostningerne ved at fange den enhed af en bestand, der reducerer bestanden under det kritiske niveau.[11]

Som tidligere vist er bestandens marginale produktivitet vigtig for bestemmelse af den optimale bestandsstørrelse. Det vil derfor ikke være optimalt at opfiske en bestand, hvis bestandens marginale produktivitet $F'(x)$ er større end rentestyrken. Heraf følger, at forudsætningen for, at opfiskning er optimalt, er, at bestandens marginale produktivitet er lav, og at de marginale fangstomkostninger ved at reducere bestanden under det kritiske niveau ikke er højere end værdien af den marginale fangst.

5. Afsluttende bemærkninger

De vigtigste grundtræk i fiskeriøkonomien er blevet præsenteret med vægt på sammenligningen af et ureguleret og et optimalt fiskeri. Hovedkonklusionen er, at et ureguleret fiskeri vil være et inoptimalt fiskeri.

Disse simple modeller er imidlertid langt fra tilstrækkelige som grundlag for regulering af fiskeriet. Dertil behøves indsigt i de dynamiske forhold i fiskeriet og analyser af flerartsmodeller samt viden om de enkelte fiskerienheders adfærd og de forskellige reguleringsmetoders egenskaber.

Litteratur

Andersen, P. 1979. *Fiskeriøkonomi*. Esbjerg.
Anderson, L. G. 1977. *The Economics of Fisheries Management*. Baltimore.
Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (London) Fisheries Investigations Series 2 (19).

11. For bestande uden Allee-effekt er der ved reduktion til det kritiske niveau tale om at fange den sidste enhed.

Butlin, J. A., 1979. The Welfare Costs of Structural Adjustment in the U.K. Fishing Industry. *Occasional Papers Series Number* 1, Fishery Economics Research Unit. White Fish Authority. Edinburgh.

Christy, F. T., Jr. 1973. *Alternative Arrangements for Marine Fisheries: An Overview.* Resources for the Future. Washington D. C.

Clark, C. W., 1976. *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources.* New York.

Clark, C. W., 1979a. Mathematical Models in the Economics of Renewable Resources. *Siam Review* 21: 81-99.

Clark, C. W., 1979b. Towards a Predictive Model for the Economic Regulation of Commercial Fisheries. *Resource Paper no.* 40. University of British Columbia.

Copes, P., 1972. Factor Rents, Sole Ownership, and the Optimum Level of Fisheries Exploitation. *The Manchester School of Social and Economic Studies* 40: 145-163.

Crutschfield, J. A., 1979. Economic and Social Implications of the Main Policy Alternatives for Controlling Fishing Effort. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 742-752.

Gordon, H. S., 1954. Economic Theory of a Common-Property Resource: the Fishery. *Journal of Political Economy* 62: 124-142.

Hannesson, R., 1974. *Economics of Fisheries: Some Problems of Efficiency.* Lund.

Hannesson, R., 1978. *Economics of Fisheries.* Oslo.

Hannesson, R., 1979. En bioøkonomisk produktfunksjon for Lofotfisket. *Økonomiske Skrifter nr.* 25. Bergen.

Larkin, P. A., 1977. An Epitaph for the Concept of Maximum Sustainable Yield. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 1-11.

Quirk, J. P. & V. L. Smith, 1980. Dynamic Economic Models of Fishing. Pp. 3-32 in A. D. Scott, 1970, ed. *Economics of Fisheries Management. A Symposium.* MacMillan Lectures in Fisheries. Vancouver.

Rothschild, B. J., 1972. An Exposition of the Definition of Fishing Effort. Pp. 257-271 in OECD, 1972. *Economic Aspects of Fish Production. Symposium.* Paris.

Schaefer, M. B., 1954. Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the Management of the Commercial Marine Fisheries. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 1: 27-56.

Schaefer, M. B., 1957. Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of Marine Fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 14: 669-681.

Schaefer, M. B. & J. H. Beverton, 1962. Fishery Dynamcis – Their Analysis and Interpretation. Pp. 464-483 in M. N. Hill (ed.), 1962, *The Sea.* London.

Scott, A., 1955. The Fishery: The Objective of Sole Ownership. *Journal of Political Economy* 63: 116-124.

Scott, A., 1979. Development of Economic Theory on Fisheries Regulation. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 725-741.

Sinclair, W. F., 1978. Management Alternatives and Strategic Planning for Canada's Fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 35: 1017-1030.

Warming, J., 1911. Om grundrente af fiskegrunde. *Nationaløkonomisk Tidsskrift* 49: 499-505.

Warming, J., 1931. Aalegaardsretten. *Nationaløkonomisk Tidsskrift* 69: 151-162.