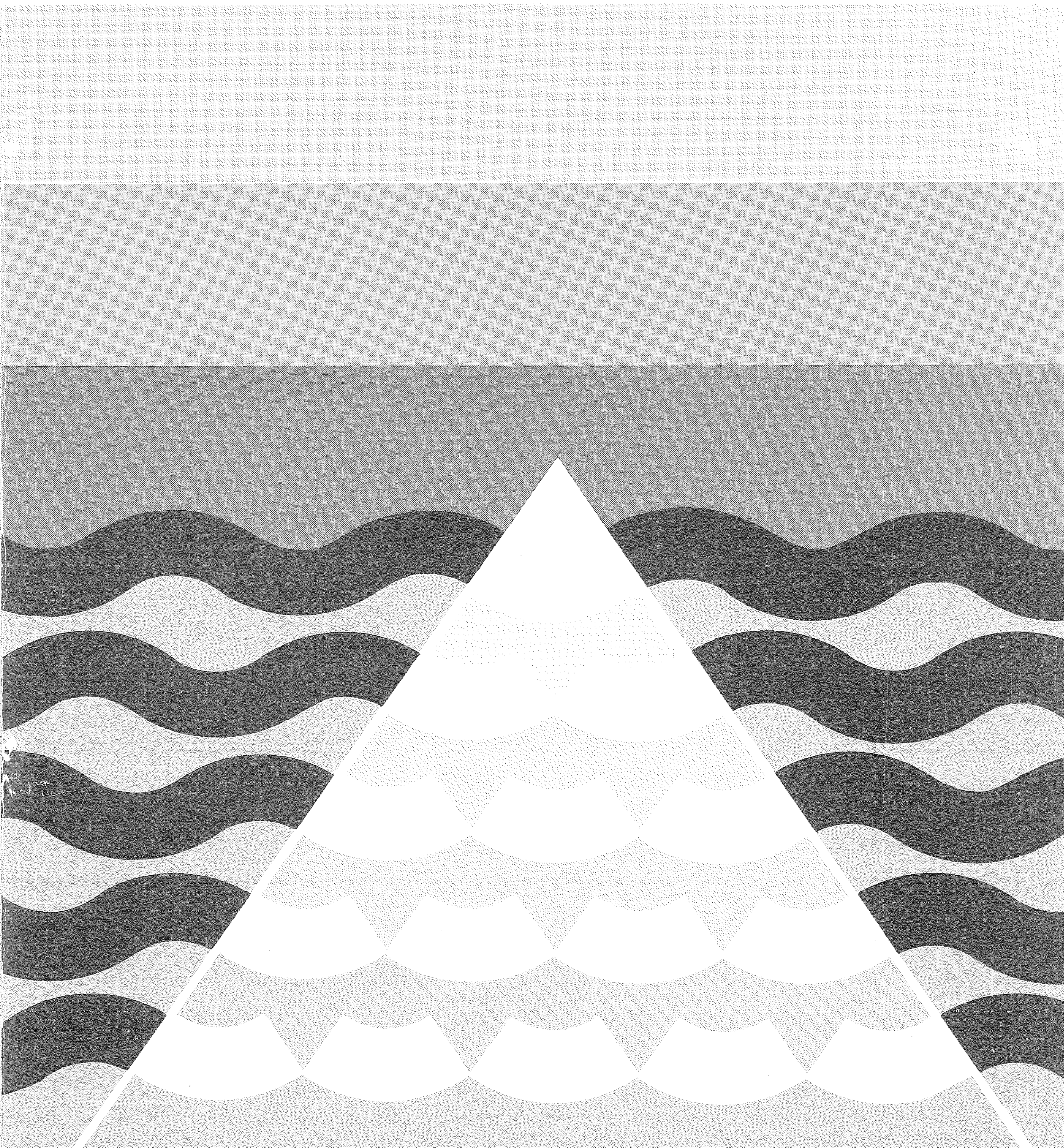
Serie B
1977 Nr. 7

FISKEN og HAVET

RAPPORTER OG MELDINGER
FRA FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT - BERGEN



Serie B
1977 Nr. 7

Begrenset distribusjon
varierende etter innhold
(Restricted distribution)

INDUSTRITRÅLFISKET I NORDSJØEN

En studie i hvordan utbyttet kan økes ved hjelp av reguleringer uten at kvotene på torsk, hyse og hvitting overskrides

Av

CARL JAKOB RØRVIK
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
Boks 1870-72, 5011 Bergen-Nordnes

Redaktør
Erling Bratberg

November 1977

INNLEDNING

I 1975 ble industritrålfisket i Nordsjøen stanset i november fordi totalkvoten for hvitting på 14 300 tonn var oppfisket. Totalt fanget industritrålerne 297 000 tonn "øyepål" som ved siden av øyepål bestod av en rekke andre arter. På grunnlag av fangststatistikken for 1975 ble det beregnet at av de kvoteregulerte artene ble det oppfisket 1 106 tonn torsk, 6 942 tonn hyse og 15 399 tonn hvitting.

Industritrålfisket foregår uregulert m.h.p. hvor i Nordsjøen og til hvilke tider på året fisket kan drives. Dersom fisket hadde vært regulert, ville det vært mulig å oppnå et større totalkvantum industritrålfisk i 1975 uten at noen av kvotene hadde vært overskredet. Det kunne ha vært gjort ved å stenge eller begrense fisket til visse tider av året i områder med stor innblanding av de kvoteregulerte artene.

Dette notatet presenterer resultatet av en undersøkelse over hvilke totalkvanta som kunne vært tatt i 1975 dersom visse reguleringer hadde vært gjennomført. De typer reguleringer som det her er vurdert konsekvensen av, er ikke nødvendigvis de beste. Reguleringene bør ikke bare bestemmes ut fra mulighetene til å ta størst mulig kvantum uten å overstige kvotene, men de må også ta hensyn til fiskeflåtens struktur o.l., mulighetene for å kunne gjennomføre reguleringene og den biologiske tilstand i enkelte fiskebestander som det ikke er kvote på. Dette er faktorer som det bare i liten grad eller ikke i det hele tatt, er tatt hensyn til i dette notatet.

Hensikten med notatet er å presentere lineær programmering, en matematisk metode som kan brukes til å vurdere virkningen av reguleringstiltak.

Et eksempel:

En ønsker å gjøre en størrelse så stor som mulig (maksimalisere), f.eks. den økonomiske verdi av fangsten eller totalvekten av fangsten når visse betingelser må oppfylles, f.eks. kvotene som må respekteres. Et eksempel kan klargjøre den type problem en ønsker å løse.

En har to områder I og II. I område I er innblandingen i fangstene av torsk 5% og hvitting 2%. I område II er innblandingen i fangstene henholdsvis 2% og 10% av torsk og hvitting. Videre er det en kvote på 5 000 tonn for torsk og 10 000 tonn for hvitting.

Problemet er da: Hvilke kvanta kan fanges i område I og område II uten at kvotene for torsk og hvitting overskrides?

Problemet har mange løsninger, f.eks. ingen fangst i område I og 100 000 tonn i område II. Det gir en totalfangst på 100 000 tonn, og av dette er 2 000 tonn torsk (mindre enn kvoten) og 10 000 tonn hvitting (=kvoten). Imidlertid er en interessert i den løsningen som gir det størst mulige totalkvantum uten at kvotene overskrides.

Dersom en benevner fangsten fra område I med C_I, fra område II med C_{II} og totalfangsten med C_T, så kan problemet formuleres matematisk på følgende måte:

(i) Maksimaliser $C_T = C_I + C_{II}$

når følgende betingelser må oppfylles:

(ii) Oppfisket kvantum torsk $= 0,05 \cdot C_I + 0,02 \cdot C_{II} \leqslant 5\ 000$ tonn (torskekvoten må ikke overskrides)

(iii) Oppfisket kvantum hvitting $= 0,02 \cdot C_I + 0,10 \cdot C_{II} \leqslant 10\ 000$ tonn (hvittingkvoten må ikke overskrides)

$$\left.\begin{array}{ll} \text{(iv)} & C_I \geqslant 0 \\ \text{(v)} & C_{II} \geqslant 0 \end{array}\right\} \text{Selvfølgelige betingelser da fangstene ikke kan være negative.}$$

Dette forholdsvis enkle problemet, uttrykt ved betingelsene (i) - (v), kan en løse grafisk.

I Fig. 1 er ligningen $0,05 \cdot C_I + 0,02 \cdot C_{II} = 5\ 000$ tonn tegnet opp med linjen A. Betingelse (ii) krever at løsningen må ligge på eller under denne linjen. Tilsvarende krever betingelse (iii) at løsningen ligger på eller under linje B. Betingelse (iv) krever at løsningen ligger på abscissen (x-aksen) eller over denne, og betingelse (v) krever at løsningen ligger på eller til høyre for ordinaten (y-aksen). Det skraverte området på figuren oppfyller alle betingelsene (ii) - (v), og hvert punkt i dette området angir en mulig løsningskombinasjon av C_I og C_{II}.

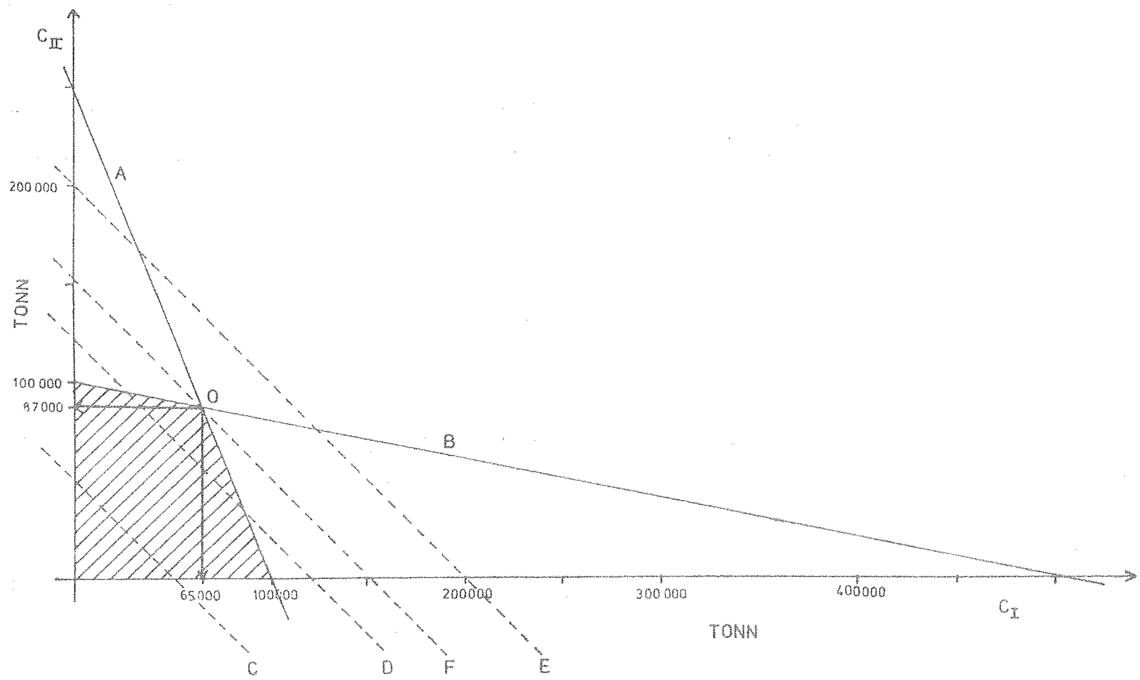


Fig. 1. Grafisk løsning av et problem i lineær programmering.

Problemet er videre: Hvilket punkt, dvs. kombinasjon av C_I og C_{II} i dette skraverte området gir det maksimale utbyttet C_T?
Linjen C i Fig. 1 representerer ligningen 50 000 tonn = $C_I + C_{II}$. Denne linjen går gjennom det skraverte området og angir derfor en rekke mulige løsninger, f.eks. C_I = 40 000 tonn og C_{II} = 10 000 tonn. Linjen D (120 000 = $C_I + C_{II}$) angir også mulige løsninger som gir et større totalutbytte enn linjen C. Linjen E (200 000 = $C_I + C_{II}$) representerer imidlertid ikke noen mulig løsning. Det maksimalt oppnåelige fangstkvantum ligger derfor mellom 120 000 og 200 000 tonn.

Linjen F, som akkurat tangerer det skraverte løsningsområdet, er den linjen som angir det høyeste utbyttet. Den eneste mulige kombinasjonen av C_I og C_{II} er angitt ved tangeringspunktet O på figuren. Av figuren kan en avlese C_I = 65 000 tonn (nøyaktig 65 217) og C_{II} = 87 000 tonn (nøyaktig 86 957). Det maksimale fangstkvantum som kan taes, er da 152 000 tonn (65 000 + 87 000). Ved denne kombinasjon blir fangstkvantumet av både torsk og hvitting nøyaktig lik de respektive kvotene.

Dette enkle problemet lar seg altså lett løse grafisk. Øker en imidlertid antall områder og antall kvoteregulerte arter, og deler en fangstene inn i forskjellige tidsperioder for å ta hensyn til sesongmessige variasjoner i innblanding av de kvoteregulerte artene, blir problemet umulig å løse grafisk. Slike mer kompliserte problemer lar seg imidlertid løse ved hjelp av lineær programmering.

METODE

Lineær programmering er en velkjent metode i økonomiske studier og brukes ofte innen industrien for å finne en optimal fordeling av ressurser. HANSEN (1971) anvendte metoden for å studere den optimale fordeling av føringen av vinterloddefangstene til fiskemelfabrikkene langs kysten. Han tok hensyn til fabrikkenes lagrings- og produksjonskapasitet, transportskipenes størrelse og fiskeflåtens effektivitet.

Metoden er også anvendt innen fiskeriforskningen på lignende problem som det som behandles her. ANTHONY and BRENNAN (1974), BROWN, BRENNAN, HEYERDAHL and HENNEMUTH (1973) og BROWN, BRENNAN and PALMER (1975) brukte metoden til å forutsi fangstene i visse områder i det nordvestlige Atlanterhav på basis av kvoter og tidligere fangster av de viktigste fiskebestandene.

GUNDERMANN, LASSEN and NIELSEN (1974) brukte metoden for å beregne maksimal fangst i Nordsjøen av torsk, hyse, hvitting, rødspette og tunge for i alt 31 fiskerier fordelt på 11 nasjoner. Ved siden av kvoter på de enkelte artene satte de opp betingelser for hvordan forandringer i totalfangstene skulle virke inn på de enkelte fiskeriers og nasjoners relative tillatte fangstkvantum.

En skal ikke her gå inn på en detaljert matematisk beskrivelse av lineær programmering og løsningsmetoder, men viser til bøker i emnet, f. eks.

WALSH (1971). I denne undersøkelsen er det benyttet et regnemaskinsprogram fra KUESTERand MIZE (1973) som bygger på simplex algoritmen.

Imidlertid skal det nevnes hva som ligger i ordet lineær for å klargjøre hva slags problemer som kan løses med lineær programmering.

Den første begrensningen ligger i at de betingelsene som settes må gi en lineær sammenheng mellom de uavhengige variable. Grafisk vil det medføre at de linjer som avgrenser løsningsområdet (det skraverte området i Fig. 1) er rette linjer. Hadde f.eks. betingelse (ii) i eksemplet ovenfor vært erstattet med $0,05 \cdot C_I + 10^{-7} \cdot C_I \cdot C_{II} + 0,02 \cdot C_{II} \leq 5\,000$, ville en fått en ikke-lineær sammenheng mellom C_I og C_{II}, og andre matematiske teknikker enn lineær programmering måtte da taes i bruk for å finne en eksakt løsning på problemet.

Den andre begrensningen ligger i at den funksjonen som skal maksimaliseres må være en lineær funksjon av de uavhengige variable. (I Fig. 1 er linjene C, D, E og F, som representerer $C_T = C_I + C_{II}$ for forskjellige C_T verdier, rette linjer).

Et lineært programmeringsproblem behøver ikke å ha noen løsning. Grafisk vil det si at betingelsene er slik at løsningsområdet ikke eksisterer. Hadde en i eksemplet ovenfor lagt til den betingelse at løsningsområdet skulle ligge over linje E på Fig. 1 ($200\,000 \geq C_I + C_{II}$), så ville det ikke ha eksistert noe punkt (C_I, C_{II}) i Fig. 1 som tilfredsstilte alle betingelsene. Metoden som blir brukt, vil avsløre slike betingelser som utelukker hverandre.

INDUSTRITRÅLFISKET I NORDSJØEN

A. Størrelse som skal maksimaliseres

En definerer:

$A_{i,j,k}$ = andelen av art k, i fangsten i kvartal j, i område i.

$XC_{i,j}$ = fangsten i område i, kvartal j.

En har følgende tre kvoteregulerte arter:

Torsk : k = 1
Hyse : k = 2
Hvitting : k = 3

Årets 4 kvartaler gir j = 1, 2, 3, 4.

Industritrålfisket i Nordsjøen er delt inn i følgende 3 områder i denne undersøkelsen:

Revet - Egersundbanken: i = 1
Bressay - Fladen: i = 2
Tampen - Vikingbanken i = 3

Det kunne ha vært tatt hensyn til flere arter, f.eks. sei, men i 1975 var av de oppfiskete artene bare torsk, hyse og hvitting kvoteregulert.

Tabell 1 viser andelen i % av torsk, hyse og hvitting kvartalsvis for områdene 1, 2 og 3.

Tabell 1. Vektprosenten av torsk, hyse og hvitting i industritrålfangstene i 1975 fra forskjellige områder i Nordsjøen gjennom året.

Område	Kvartal j	Torsk k = 1	Hyse k = 2	Hvitting k = 3	Total fangst "Øyepål"
Revet -	1	2,3	3,6	12,6	17 201
Egersund-	2	0,4	2,0	1,4	45 155
banken	3	0,0	0,1	0,2	25 802
i = 1	4	0,04	0,7	1,2	28 795
Sum					116 953
Bressay -	1	0,3	9,0	11,7	11 849
Fladen	2	0,3	2,7	20,6	23 746
	3	0,0	1,3	2,4	65 017
i = 2	4	0,1	3,9	10,8	36 574
Sum					137 186
Tampen -	1	1,3	4,3	1,6	5 354
Viking-	2	0,9	2,6	2,7	22 906
banken	3	0,3	2,2	3,9	5 335
i = 3	4	0,9	2,6	0,8	9 307
Sum					42 902

Den størrelsen som en vil maksimalisere (objektfunksjonen), er totalfangsten.

$$XC_{TOT} = XC_{1,1} + XC_{1,2} + \ldots\ldots\ldots + XC_{3,3} + XC_{3,4}$$

eller

$$XC_{TOT} = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} XC_{i,j} \qquad (1)$$

B. <u>Betingelser</u>

1. Kvotene må ikke overskrides

En definerer:

Q_k = Kvote på <u>art k</u> ; $k = 1, 2, 3$

Fangsten av <u>art k</u> i <u>kvartal j</u> i <u>område i</u> er $A_{i,j,k} \cdot XC_{i,j}$

Totalfangst for art k for hele året og alle områdene må ikke være større enn kvoten for den samme arten. Løsningen må da oppfylle følgende 3 betingelser, en for hver art:

$$\sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} A_{i,j,k} \cdot XC_{i,j} \leqslant Q_k \; ; \quad k = 1, 2, 3 \qquad (2)$$

Betingelsene er lineære fordi $A_{i,j,k}$ er konstanter (Tabell 1). $XC_{i,j}$ er de uavhengige variable som skal beregnes.

De norske kvotene for torsk, hyse og hvitting i 1975 var henholdsvis 3 000, 10 000 og 14 300 tonn. Konsumfisket i 1975 var henholdsvis 1 375, 322 og 62 tonn. Det gir følgende kvoter for industritrålfisket for torsk, hyse og hvitting:

$3\,000 - 1\,375 = 1\,625 = Q_1$

$10\,000 - 322 = 9\,678 = Q_2$

$14\,300 - 62 = 14\,238 = Q_3$

2. Fangstene må fordeles mellom feltene gjennom sesongen

Hvis de 3 betingelsene (2) var de eneste betingelsene, ser en ut fra Tabell 1 at den fiskestrategien som teoretisk ville gi størst totalfangst, ville være å innføre fangststopp for hele Nordsjøen i alle 4 kvartalene unntatt for Revet - Egersundbanken i 3. kvartal hvor andelene av torsk, hyse og hvitting alle er nede på et minimum. Kvoten på hyse setter følgende begrensning for totalkvantumet 9 678 x 100/0,1 = 9 678 000 tonn. For hvittingen: 14 238 x 100/0,2 = 7 119 000 tonn. Hvittingen er her den begrensende faktor. Imidlertid er en totalfangst på 7,1 millioner tonn på Revet - Egersundbanken i 3. kvartal fullstendig urealistisk, biologisk så vel som innsatsmessig.

Fangstene må fordeles mellom områdene for ellers ville avstanden fra mottakersted til fiskefelt bli for stor for endel av flåten. For å få en realistisk fordeling av fangstene mellom de forskjellige områdene stiller en følgende krav til løsningen:

2. a. Årsfangsten fra et område i må ikke være mindre enn a_i% eller større enn b_i% enn det den virkelig var i 1975.

Totalfangsten på 297 000 tonn fordelte seg på områdene (avrundet til nærmeste 1 000 tonn) slik:

Revet-Egersundbanken	117 000	tonn	$= C_1$.
Bressay-Fladen	137 000	"	$= C_2$.
Tampen-Vikingbanken	43 000	"	$= C_3$.

Matematisk blir 2.a. uttrykt i følgende 6 betingelser:

$$\frac{a_i}{100} \cdot C_{i.} \leq \sum_{j=1}^{4} XC_{i,j} \qquad i = 1,2,3 \qquad (3)$$

$$\frac{b_i}{100} \cdot C_{i.} \geq \sum_{j=1}^{4} XC_{i,j} \qquad i = 1,2,3 \qquad (4)$$

der $\sum_{j=1}^{4} XC_{i,j}$ er årsfangsten fra område i.

I det følgende har en satt

a_i = 50 % for alle områdene

b_i = 150 % for alle områdene.

Betingelsene uttrykt ved (4) medfører at totalkvantumet, XC_{TOT}, ikke kan overstige den virkelige fangsten i 1975 med mer enn 50 %, d.v.s. $XC_{TOT} \leq 445\,500$ tonn. Dette kan en se på som en begrensning flåtens fangstkapasitet setter uansett størrelsen på kvotene.

Kravet 2.a. sier ikke noe om når i sesongen fangstene blir tatt innenfor et og samme område. For å fordele fangstene utover sesongen innfører en følgende krav til løsningen:

2.b. Maksimalt f% av årsfangsten fra et område kan tas innen et kvartal.

Dette kravet resulterer i følgende 12 betingelser, en for hvert kvartal og område:

$$XC_{i,j'} \leq \frac{f}{100} \cdot \sum_{j=1}^{4} XC_{i,j} \quad ; \quad j' = 1,2,3,4 \; ; \quad i = 1,2,3 \qquad (5)$$

RESULTATER

De betingelsene som er stilt, ville kunne oppfylles ved å sette kvartalsvise kvoter for hvert enkelt område. Lineær programmering vil gi den fordelingen av kvotene som gir størst mulig totalfangst under de gitte betingelser (optimal fordeling).

Regnemaskinsprogrammet ble kjørt med betingelsene (2), (3) og (4) og for 2 verdier av f i betingelse (5).

Eksempel 1. f = 50 %.

Denne verdien av f i betingelse (5) har som konsekvens at et område ikke kan være stengt for fangst i mer enn tilsammen 2 kvartaler. Tabell 2 gir den optimale kvotefordeling.

Tabell 2. Optimal kvotefordeling av industritrålfisket på områder gjennom sesongen for Eksempel 1. Tallene i parentes angir forandring i forhold til den virkelige fordelingen i 1975.

Kvartal	Område			
	Revet - Egersund-banken (1)	Bressay - Fladen (2)	Tampen - Vikingbanken (3)	Sum
1	0 (-100%)	0 (-100%)	32 250 (+502%)	32 250 (-6%)
2	0 (-100%)	0 (-100%)	0 (-100%)	0 (-100%)
3	87 750 (+240%)	92 693 (+43%)	0 (-100%)	180 443 (+88%)
4	87 750 (+205%)	92 693 (+153%)	32 250 (+247%)	212 693 (+185%)
Sum	175 500 (+50%)	185 386 (+35%)	64 500 (+50%)	425 386 (+43%)

Tabell 2 viser at med betingelsene (2), (3), (4) og f=50% i betingelse (5) kunne totalkvantumet økes med 43%. Dette ville blant annet kreve at alt fisket på Revet - Egersundbanken og Bressay - Fladen ble stanset i 1. halvår fordi innslaget av hyse og hvitting var stort på denne tiden (Tabell 1). Tampen - Vikingbanken måtte stenges i 2. og 3. kvartal da innblandingen av hvitting i fangstene fra dette området var størst i dette tidsrommet.

Fangstene av de kvoteregulerte artene torsk, hyse og hvitting ville da blitt henholdsvis: 837, 7 748 og 14 238 tonn (=kvoten). Kvoten av hvitting ville altså blitt den begrensende faktor for totalkvantumet.

Eksempel 2. f = 33,3%.

Denne verdien av f medfører at et område kan stenges i maksimalt ett kvartal. Tabell 3 gir den optimale kvotefordelingen.

Tabell 3. Optimal kvotefordeling av industritrålfisket på områder gjennom sesongen for Eksempel 2. Tallene i parentes angir forandring i forhold til den virkelige fordelingen i 1975.

Kvartal	Område			
	Revet - Egersund-banken (1)	Bressay - Fladen (2)	Tampen - Vikingbanken (3)	Sum
1	0 (-100%)	44675 (+277%)	5006 (-6%)	49681 (+44%)
2	58500 (+30%)	0 (-100%)	21500 (-6%)	80000 (-13%)
3	58500 (+127%)	44675 (-31%)	16494 (+209%)	119669 (+24%)
4	58500 (+103%)	44675 (+22%)	21500 (+57%)	124675 (+67%)
Sum	175500 (+50%)	134025 (-2%)	64500 (+50%)	374025 (+26%)

Forandringen av f fra 50% til 33,33% medførte at det maksimalt oppnåelige totalkvantum ville synke med ca. 51 000 tonn til 374 000 tonn. Fangsten av de kvoteregulerte artene torsk, hyse og hvitting ville da blitt henholdsvis 938, 9 678 (=kvoten) og 14 238 tonn (=kvoten). Hvittingkvoten og hysekvoten ble de begrensende faktorene i dette eksemplet.

Av Tabell 2 og 3 ser en at maksimal fangst ville bli tatt i område (1) og (3), d.v.s. 150% av den virkelige fangsten (se betingelse (4)). Bare i område (2) ville det være muligheter til å øke fangstene uten å bryte betingelse (4).

Overføring av kvoter

Etter vedtak i Kommisjonen for fisket i det nordøstlige Atlanterhav (NEAFC) hadde Norge lov til å overføre inntil 3 000 tonn mellom kvotene på torsk, hyse og hvitting i 1975.

Eksempel 3.

Eksempel 1 med f = 50% ble gjentatt med den forandringen at torskekvoten ble redusert med 600 tonn, hysekvoten med 1 000 tonn og 1 600 tonn ble overført til hvittingkvoten. Kvotene blir da:

Torsk : 1025 tonn
Hyse : 8 678 tonn
Hvitting : 15 838 tonn

Resultatet er gitt i Tabell 4.

Tabell 4. Optimal kvotefordeling av industritrålfisket på områder gjennom sesongen for Eksempel 3. Tallene i parentes angir forandring i forhold til den virkelige fordelingen i 1975.

Kvartal	Område			
	Revet - Egersund-banken (1)	Bressay - Fladen (2)	Tampen - Vikingbanken (3)	Sum
1	0 (-100%)	0 (-100%)	7 477 (+40%)	7 477 (-78%)
2	0 (-100%)	0 (-100%)	24 773 (+8%)	24 773 (-73%)
3	87 750 (+240%)	102 750 (+58%)	0 (-100%)	190 500 (+98%)
4	87 750 (+205%)	102 750 (+181%)	32 250 (+247%)	222 750 (+198%)
Sum	175 500 (+50%)	205 500 (+50%)	64 500 (+50%)	445 500 (+50%)

Mengden av oppfisket torsk, hyse og hvitting med fangstfordelingen i Tabell 4 er henholdsvis 748, 7 850 og 15 839 tonn (=hvittingkvoten).

Totalfangsten økte fra ca. 425 000 tonn i Eksempel 1 til 445 500 tonn ved denne overføringen av kvoter. En ytterligere økning av totalfangsten ved hjelp av en annen overføring mellom kvotene er ikke mulig, fordi betingelse (4) setter en øvre grense på 445 500 tonn for b = 150%.

Eksempel 4.

Regnemaskinsprogrammet ble kjørt med de samme betingelsene som i Eksempel 2, men med en reduksjon på 600 tonn av torskekvoten som ble fordelt med 250 tonn på hyse og 350 tonn på hvitting. Kvotene blir da 1 025 tonn torsk, 9 928 tonn hyse og 14 588 tonn hvitting.

Resultatet er gitt i Tabell 5.

Tabell 5. Optimal kvotefordeling av industritrålfisket på områder gjennom sesongen for Eksempel 4. Tallene i parentes angir forandring i forhold til den virkelige fordelingen i 1975.

Kvartal	Område			
	Revet - Egersund-banken (1)	Bressay - Fladen (2)	Tampen - Vikingbanken (3)	Sum
1	0 (-100%)	46 217 (+290%)	6 483 (+21%)	52 700 (+53%)
2	58 500 (+30%)	0 (-100%)	21 500 (-6%)	80 000 (-13%)
3	58 500 (+127%)	46 217 (-29%)	15 017 (+181%)	119 734 (+25%)
4	58 500 (+103%)	46 217 (-21%)	21 500 (+131%)	126 217 (+69%)
Sum	175 500 (+50%)	138 651 (+1%)	64 500 (+50%)	378 651 (+27%)

Beregnet oppfisket mengde av de kvoteregulerte artene blir da 944 tonn torsk, 9 929 tonn hyse (=kvoten) og 14 588 tonn hvitting (=kvoten).

DISKUSJON

Dersom industritrålfisket i Nordsjøen i 1975 hadde vært regulert i samsvar med betingelsene (2) - (5), ville minimum 374 000 tonn, maksimum 445 000 tonn kunne blitt oppfisket uten at kvotene hadde blitt overskredet. I virkeligheten ble fisket stanset i november etter at 297 000 tonn var oppfisket og hvittingkvoten var overskredet med vel 1 000 tonn.

Eksempel 2 ga de betingelser som tillot minst økning i totalkvantumet utover 1975 kvantumet (+26%, Tabell 3). Eksempel 4 (Tabell 5) viste at en kvoteoverføring medførte en relativt liten økning på nesten 5 000 tonn av det maksimalt oppnåelige totalkvantum når betingelsene ellers var som i Eksempel 2.

Betingelsene (5) vil medføre at fangstene blir fordelt gjennom sesongen. Sammenligning av Tabell 2 med Tabell 3, og Tabell 4 med Tabell 5 viser at f = 33,3% i betingelse (5) vil gi en mer likelig og antagelig mer realistisk fordeling av fangstene gjennom sesongen enn f = 50%. Imidlertid medfører de mer begrensete mulighetene for å stenge et område for fangst som f = 33,3% gir sammenlignet med f = 50%, at det maksimalt oppnåelige totalkvantum blir redusert.

En kan sette som betingelse at minst en viss minimumsfangst, $C_{min, j'}$, skal taes innen kvartalet j'. Matematisk formulert blir denne betingelsen:

$$\sum_{i=1}^{3} XC_{i, j'} \geq C_{min, j'} \qquad (6)$$

Hvis en istedet krever at minst d% av totalfangsten skal taes innen kvartalet j', formuleres betingelsen:

$$\sum_{i=1}^{3} XC_{i, j'} \geq \frac{d}{100} \cdot \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} XC_{i, j} = \frac{d}{100} \cdot XC_{TOT} \qquad (7)$$

En kunne ha brukt kortere tidsintervaller enn kvartaler og en finere inndeling av Nordsjøen i områder. Imidlertid vil mengden av prøver fra fangstene sette en grense for hvor fine inndelinger en kan bruke. En har forutsatt at innslaget av de forskjellige artene er konstant gjennom kvartalet og er likt i alle delene i hvert av de tre områdene. Dette er en grov tilnærmelse idet artssammensetningen forandres gjennom sesongen (Tabell 1) og varierer med dypet. Imidlertid er ikke dette et matematisk problem fordi det vil kunne løses ved å operere med mindre områder og kortere tidsintervaller, innenfor hvilke artssammensetningen er konstant. Problemet blir å ha en god nok dekning med prøver fra alle områdene gjennom sesongen.

Objektfunksjonen (ligning (1)) er totalfangsten i antall tonn. Istedet kunne en tenke seg at en ønsket å oppnå størst mulig førstehåndsverdi av totalfangsten. Objektfunksjonen ville da bli:

$$\sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} V_{i, j} \cdot XC_{i, j} \qquad (8)$$

der $V_{i, j}$ er verdien pr. tonn av fangsten fra område i, kvartal j. Uttrykkene (1) og (8) for hva som skal maksimaliseres, vil høyst sannsynlig føre til forskjellige optimale fordelinger av kvotene så sant ikke $V_{i, j}$ er den samme for alle områdene gjennom hele året.

At et regulert fiske kan gi vesentlige økninger i totalfangsten når endel arter er kvoteregulert, er helt klart. Til å påvise dette trengs ikke en lineær programmeringsanalyse. Målet med undersøkelsen og notatet har vært å peke på en type av reguleringer som kan vurderes på en kvantitativ måte ved hjelp av matematikk og datamaskin.

Et hovedproblem ved en praktisk anvendelse av lineær programmeringsteknikk i fiskerireguleringer av denne type, er å kunne forutsi før årets begynnelse hvordan innblandingen av de kvoteregulerte artene vil bli på de forskjellige feltene gjennom hele året. Dette problemet ligger utenfor dette notatets ramme, men forutsatt at det er løst på en tilfredsstillende måte, kan metoden få stor praktisk betydning.

KONKLUSJON

Gitt:

1) Ett sett med reguleringer.

2) En forutsigelse av hvordan artssammensetningen i fangstene vil bli på de forskjellige fiskefeltene gjennom neste sesong.

3) Kvoter for de enkelte artene, gjerne også med regler for overføring av kvanta fra en kvote til en annen.

Hvis settet med reguleringer kan uttrykkes i matematisk lineære betingelser, kan lineær programmering brukes til å finne den fordelingen av fangstene for hvert felt gjennom sesongen og eventuelt den overføringen av kvanta mellom kvoter som gir maksimalt oppnåelig utbytte i tonn eller kroner.

REFERANSER

ANTHONY, V.C. and BRENNAN, J.A. 1974. An example of the by-catch problem on directed fisheries for 1975. Int. Commn NW. Atlant. Fish., Res. Doc. 74/47 : 1-5. [Mimeo.]

BROWN, B.E., BRENNAN, J.A., HEYERDAHL, E.G. and HENNEMUTH, R.C. 1973. Effect of by-catch on the management of mixed species fisheries in Subarea 5 and Statistical Area 6. Redbook int. Commn NW. Atlant. Fish., 1973(3) : 217-231.

BROWN, B.E., BRENNAN, J.A. and PALMER, J.E. 1975. Linear Programming simulations of the effects of by-catch on national catches in ICNAF Subarea 5 and Statistical Area 6. Int. Commn NW. Atlant. Fish., Res. Doc. 75/68 : 1-21. [Mimeo.]

GUNDERMANN, J., LASSEN, H. and NIELSEN, E. 1974. Splitting catch quotas of several species on a number of fisheries using linear programming. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1974 (F 46): 1-13. [Mimeo.]

HANSEN, T. 1971. An analysis of the factors determining the economic yield of the winter capelin fishery by means of a mathematical model. Organization for Economic Co-operation and Development. International Symposium on Fisheries Economics, FI/T(71)1/47: 1-14.

KUESTER, J.L. and MIZE, J.H. 1973. Optimization techniques with Fortran. McGraw-Hill Book Company, London. 500 p.

WALSH, G.R. 1971. An Introduction to Linear Programming. Holt, Rinehart and Winston Ltd., London. 214 p.

FISKEN OG HAVET, SERIE B

Oversikt over tidligere artikler finnes i tidligere nr.

1977 Nr. 1 Gunnar Nævdal, Marianne Holm og Sten Knutsson:
Erfaring med bruk av ytre merker på oppdrettsfisk.

1977 Nr. 2 Didrik S. Danielssen og Svein Arnholt Iversen:
Temperaturens innvirkning på utviklingen av naturlig og kunstig befruktede makrellegg (Scomber scombrus L.).

1977 Nr. 3 Svein Arnholt Iversen og Didrik S. Danielssen:
Forhøyete temperaturers innvirkning på egg og larver av torsk (Gadhus morhua L.) og rødspette (Pleuronectes platessa L.) samt larver av vårgytende sild (Clupea harengus L.).

1977 Nr. 4 Svein Sundby og Roald Sætre:
Spredning og transport av oljeforurensning på havet - En litteraturoversikt.

1977 Nr. 5 Anon.: The Bravo blow out. A report on marine research activities April 23 to May 5 1977 including some preliminar results.

1977 Nr. 6 Anon.: Fiskeressursene og deres miljø i farvannene utenfor Møre - Helgeland.