

# OVERLEVINGSINDEKSER FOR NORSK-ARKTISK TORSK

Av

Carl Jakob Rørvik

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Bergen.

## 1. Overlevingsindeksen definert av GARROD (1973)

SKRESLET (1976) anvender en overlevingsindeks (survival index) for norsk-arktisk torsk beregnet av GARROD og DICKSON og publisert i CUSHING (1972).

Logaritmen til denne overlevingsindeksen, her kalt  $SI_G$ , er definert ved:

$$\ln(SI_G)_j = \ln(N_{3\text{ spx}}/N_3) + \sum \bar{F}_{\text{spx},j} \quad (1)$$

Formelen (1) er utledet av GARROD (1973).

$N_{3\text{ spx}}$  er den gjennomsnittlige styrken på tre av de årsklassene som utgjør minst 90% av gytebestanden (i antall) i år  $j$ . GARROD (1973) regnet gytebestanden av norsk-arktisk torsk som 7-12 år gammel fisk.  $N_3$  er styrken på tre-årsstadiet av den årsklassen som har  $N_{3\text{ spx}}$  som foreldrebestand.

Forholdet  $N_{3\text{ spx}}/N_3$  er derfor et uttrykk for i hvilken grad bestanden er i stand til å fornye seg selv.  $\sum \bar{F}_{\text{spx}}$  er den gjennomsnittlige fiskedødlighet fra og med tre-årsstadiet på de årsklassene som utgjør gytebestanden.  $\sum \bar{F}_{\text{spx}}$  korrigerer derfor for den varierende fiskedødlighet som gytebestandens årsklasser har vært utsatt for.

Fra GARROD (1979, pers.comm.) har vi mottatt reviderte overlevingsindekser for årsklassene 1946-1968 ( $\ln(SI_G)_j$  i Tabell 1 og Fig. 1).

Tabell 1. Norsk-arktisk torske.  $N_j$  = antall fisk ved begynnelsen av 3. leveår (i millioner)  
 $B_{ukor}$  = Gytebestanden regnet som biomassen av 8 år og eldre fisk.  $B_{kor}$  = Gytebestanden  
korrigert for endringer i alder ved kjønnsmodning og veksthastighet.  $SI_G$  = overlevningsin-  
deksen basert på Garrod (1973).  $SI_1$  og  $SI_2$  = to alternative overlevningsindekser (se tekst).  
 $SI_{0-gr.}$  = overlevningsindeks basert på 0-gr. indeksen.  $SI_p$  = overlevningsindeks fra  
Ponomarenko (1973).

Års- klasse j	$N_{3,j}$ ( $10^6$ )	$B_{ukor,j}$ ( $10^3$ tonn)	$B_{kor,j}$ ( $10^3$ tonn)	$W_{kor,j}$	$\ln(SI_G)_j$	$\ln(SI_1)_j$	$\ln(SI_2)_j$	$\ln(SI_{0-gr})_j$	$\ln(SI_p)_j$
1946	498	4 078	1 442	0.67	0.084	-2.10	-1.06		
47	705	3 322	1 501	0.57	0.434	-1.55	-0.76		
48	1 097	2 323	1 045	0.61	1.302	-0.75	0.05		-0.12
49	1 192	1 855	731	0.66	1.493	-0.44	0.49		1.59
1950	1 593	1 463	418	0.78	1.933	0.09	1.34		1.72
51	645	1 390	407	0.88	1.532	-0.77	0.46		-0.78
52	273	1 161	354	0.75	0.724	-1.45	-0.26		0.80
53	441	909	328	0.84	1.394	-0.72	0.30		0.99
54	805	833	451	0.78	1.960	-0.03	0.58		-1.66
55	498	875	424	0.82	1.465	-0.56	0.16		0.27
56	685	1 000	394	0.85	1.749	-0.38	0.55		-0.14
57	791	935	420	0.84	1.843	-0.17	0.63		-0.67
58	919	1 024	452	0.88	2.033	-0.11	0.71		0.44
59	710	864	519	0.86	1.941	-0.20	0.34		0.49
1960	473	602	429	0.88	1.543	-0.24	0.10		0.25
61	340	515	304	0.91	1.097	-0.42	0.11		-0.21
62	779	475	184	0.77	2.232	0.49	1.44		-0.71
63	1 582	378	183	0.78	3.132	1.43	2.16		-1.24
64	1 293	244	125	0.82	3.272	1.67	2.34		0.22
65	165	213	95	0.90	1.073	-0.26	0.55	-2.76	
66	110	340	111	0.94	0.896	-1.13	-0.01	-5.40	
67	195	459	172	0.88	0.778	-0.86	0.13	-1.62	
68	407	437	221	0.96	1.024	-0.07	0.61	-2.18	
69	1 018	472	211	0.87		0.77	1.57	-0.82	
1970	1 782	469	456	0.97		1.33	1.36	0.28	
71	527	680	762	1.12		-0.25	-0.37	-1.58	
72	708	678	732	1.08		0.04	-0.03	-1.65	
73	959	384	438	1.14		0.92	0.78	0.45	
74	419	221	228	1.03		0.64	0.61	-1.50	
75		198	178	0.90				0.66	
76		217	221	1.02				-1.64	
77		305	305	1.00				-0.57	
78		353	353	1.00				-1.20	
$\bar{x}$					1.52	-0.18	0.51	-1.40	0.07
$S_x$					0.76	0.88	0.77	1.52	0.92

$N_3$ ,  $N_3$  spx og  $\Sigma \bar{F}_{spx}$  er beregnet ut fra en årsklasseanalyse, også kalt virtuell populasjonsanalyse (forkortet VPA). Årsklasseanalysen er basert på alderssammensetning i fangstene i perioden 1946-1977. Ungfiskundersøkelser og fiskeinnsatsdata fra det kommersielle fisket brukes til å kalibrere fiskedødlighetene for det siste året (Se ANON. 1978). Den siste tilgjengelige VPA gir det beregnede antall fisk på tre-årsstadiet av årsklassene 1946-1974 (Tabell 1).

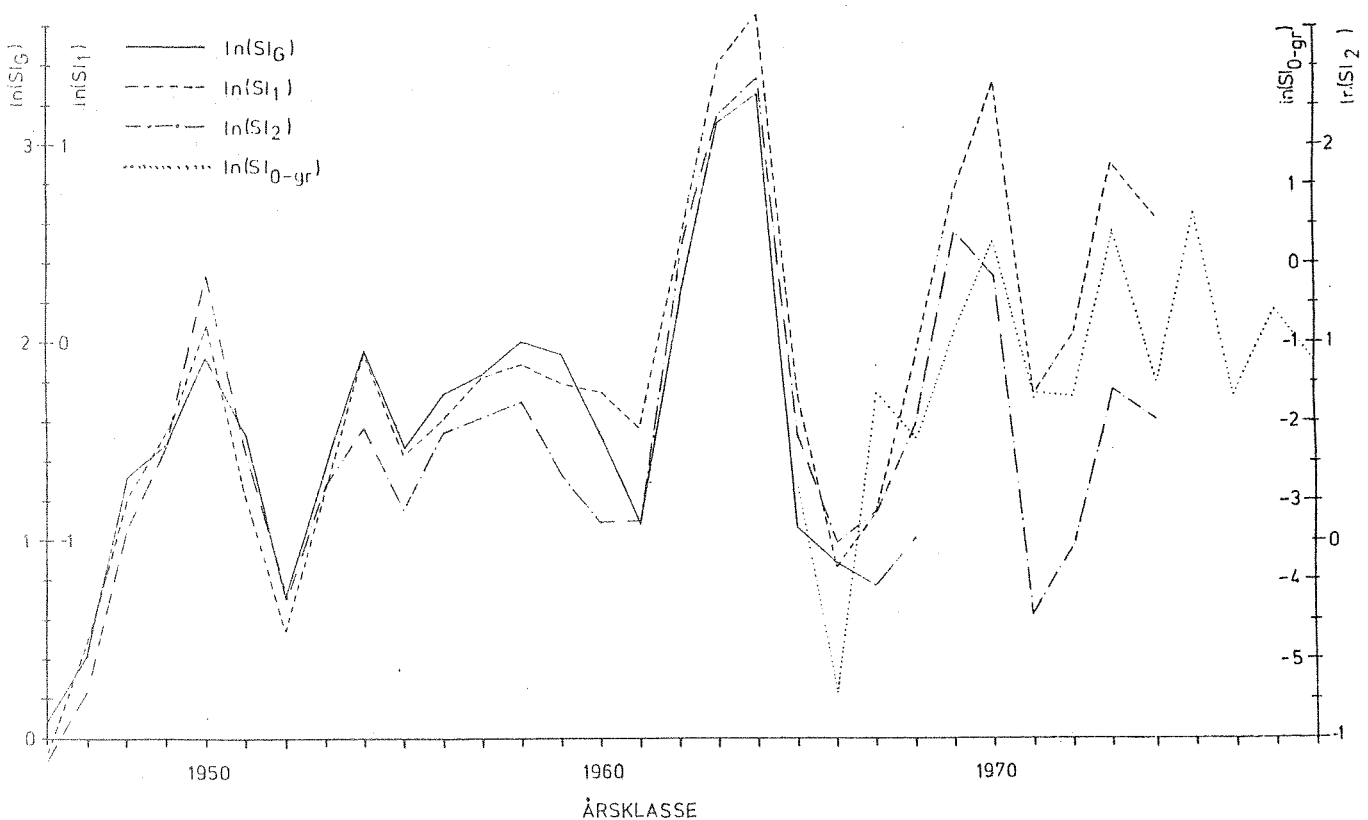


Fig. 1. Overlevingsindekser for årsklassene 1946-1978.  $\ln(SI_G)$  = overlevingsindeks basert på Garrod (1973)  $\ln(SI_1)$  og  $(SI_2)$  = alternative overlevingsindekser (se tekst)  $\ln(SI_{0-gr.})$  = overlevingsindeks basert på 0-gr. indeksen.

## 2. Alternative overlevingsindekser basert på gytebestandens biomasse

Dersom  $N_0$  er antall egg som gytes, og  $N_3$  er antall tre-åringer i begynnelsen av året tre år senere, så er:

$$N_3 = N_0 s = N_0 e^{-(Z_0 + Z_1 + Z_2)} \quad \text{der} \quad (2)$$

s er prosent overleving fra egg- til tre-årsstadiet.  $Z_i$  er den totale øyeblikkelige dødlighetshastigheten på årsbasis i år i. Av disse  $Z_i$  er dødligheten i det første året på egg- og larvestadiet,  $Z_0$ , desidert størst, og  $Z_0$  er langt større enn variasjonene i overlevingsindeksene. Vi har at

$$-\sum_{i=1}^3 Z_i = \ln_e s = \ln_e (N_3/N_0) \quad (3)$$

I de overlevingsindeksene som vi har brukt, er ikke  $N_0$  beregnet i absolutt antall. Antall egg som en gytemoden fisk gyter, er proporsjonalt med dens vekt når vi antar konstant relativ fekunditet (antall egg per kg fisk).  $N_0$  blir da proporsjonal med gytebestandens biomasse, B, slik at

$$N_0 = \alpha B \quad (4)$$

Vi gjør en feil ved å regne  $\alpha$  for konstant, men bestandens biomasse gir et bedre relativt uttrykk for antall egg som gytes enn det antallet av gytemoden fisk kan gi. Vi har at

$$s'_j = N_{3,j} / B_j \quad (5)$$

er en overlevingsindeks som er proporsjonal med  $s_j$ .  $N_{3,j}$  er antall tre-åringer (i millioner) tre år etter at  $B_j$  (i tusen tonn) har gytt.

Vi har at for en årsklasse j er:

$$-\sum_{i=1}^3 Z_{i,j} = \ln s_j = \ln \left( \frac{N_{3,j}}{B_j} \right) - \ln \alpha \quad (6)$$

(5) og (6) gir

$$\ln s'_j = -\sum_{i=1}^3 Z_{i,j} + \ln \alpha$$

Logaritmen til overlevingsindeksen  $s'_j$  er da lineært avhengig av

totaldødligheten fra egg til tre-årsstadiet ( $\sum_{i=1}^3 Z_{i,j}$ ) når

$\alpha$  er konstant. Desto større  $\ln s'_j$ , desto mindre totaldødlighet.

Gytebestanden,  $B_j$ , er regnet ut på to måter.

- 1) For alle årene er gytebestanden regnet som biomassen av 8 år og eldre fisk med de gjennomsnittsvektene for hver aldersgruppe som er brukt av ANON (1978, Table 13). Gytebestanden beregnet under dette alternativ, er oppgitt i Tabell 1 som  $B_{ukor,j}$ .
- 2) Vi vet at alder ved kjønnsmodning har avtatt siden 1945 (se HYLEN and RØRVIK 1975) samtidig som veksthastigheten har økt.

Følgende alder ved kjønnsmodning er brukt:

10 år for årene 1946 - 1953,

9 år for årene 1954 - 1969,

8 år for årene 1970 - 1974.

I en foreløpig beregning av gytebestandens biomasse er det brukt de samme gjennomsnittsvektene som ovenfor. Endringer i veksthastigheten for hvert år ble beregnet ved å finne forholdet ( $W_{kor}$ ) mellom det totale fangstkvantum og summen av fangst i antall x gjennomsnittsvekt for hver aldersgruppe.

$W_{kor,j}$  (Tabell 1) har vist en klar økende tendens siden 1946. Den foreløpige beregningen av gytebestanden ble multiplisert med  $W_{kor,j}$  for å gi den endelige beregningen av gytebestanden under dette alternativet,  $B_{kor,j}$  (Tabell 1).

Overlevingsindeksene basert på alternativ 1) og 2) for beregning av gytebestanden kaller vi henholdsvis  $SI_1$  og  $SI_2$ . Den naturlige logaritmen til  $SI_1$  og  $SI_2$  er gitt i Tabell 1 og Fig. 1.

3. Overlevingsindeks basert på 0-gruppeindeksen

Siden 1965 har Norge hvert år i månedene august-september gjen-

nomført yngelundersøkelser i Barentshavet i samarbeid med USSR, og helt til 1977 også med Storbritannia som samarbeidspartner. Undersøkelsene foregår på et tidspunkt da torskeyngelen er drevet opp i Barentshavet, men før den bunnslår seg. 0-gruppe indeksene som er beskrevet av HAUG og NAKKEN (1977), gir et kvantitativt uttrykk for årsklassestryken ca.  $\frac{1}{2}$  år etter at gyting har funnet sted.

En indeks for overlevingen det første halve året av en årsklasse er da:

$$SI_{0\text{-gr.}j} = 0\text{-gr.indeks.}j / B_j$$

$\ln(SI_{0\text{-gr.}j})$  er gitt i Tabell 1 og Fig. 1. for årsklassene 1965-1978. I denne indeksen inngår  $B_j$  beregnet ut fra alternativet 2 i pkt. 2. ovenfor.

#### 4. Sammenligning av overlevingsindeksene

Indeksene  $SI_G$ ,  $SI_1$  og  $SI_2$  har det til felles at de utelukkende er basert på årsklasseanalysen. Videre måler de den totale overlevingen av en årsklasse i tiden fra eggene blir gytt til årsklassene blir tre år gammel. Årsklasseanalysen gir ingen opplysninger om hvordan overlevingen er fordelt i tidsrommet fra gyting til tre-årsstadiet.

Logaritmene til overlevingsindeksene  $SI_G$ ,  $SI_1$  og  $SI_2$  viser meget signifikante korrelasjoner ( $P < 0.001$ ) (Fig. 1).  $\ln(SI_{0\text{-gr.}})$  er ikke signifikant korrelert med  $\ln(SI_2)$  ( $r = 0.53$ ).

Den siste årsklasseanalysen som er tilgjengelig, gir en beregning av det absolutte antallet av årsklassene 1943-1974 på tre-årsstadiet (ANON. 1978). Beregningene av en årsklasses styrke på treårsstadiet blir sikrere desto flere år denne årsklassen har vært utsatt for fangst. Derfor bør beregningene av de siste årsklassene, spesielt 1974 og til dels 1973 og 1972, tillegges mindre vekt i denne sammenhengen. Årsklasseanalysen korrigerer for det varierende fiskemønster og den varierende fangsttinnings i årene 1946-1977. Med fiskemønster menes hvordan dødeligheten som skyldes fangst, fordeler seg på de

forskjellige aldersgrupper. Fisken utsettes for svært liten fangst før den er tre år gammel.

En feilkilde som imidlertid vil føre til for lave beregninger av årsklassens styrke på tre-årsstadiet, men ikke for gytebestanden, er at utkast av småfallen fisk ikke er tatt hensyn til i analysen. Vi regner med at bare en mindre eller ubetydelig del av dette utkastet overlever. Dersom utkastet har vært forholdsvis konstant regnet i % av årsklassens styrke, så påvirker dette imidlertid ikke de relative variasjonene i  $SI_G$ ,  $SI_1$  og  $SI_2$  som er det vi sammenligner med. Vi regner ikke med at denne feilkilden er av noen vesentlig betydning for denne undersøkelsens formål. Det samme kan sies om betydning av hva den naturlige dødligheten er på den beskattede bestand så lenge den er forholdsvis konstant for de aldersgrupper som dominerer i fangstene.

Godheten av årsklasseanalysen vil avhenge av hvor gode dataene for alderssammensetningen av fangstene er. Generelt må en kunne regne med at prøvetakingen er blitt bedre med tiden slik at den beregnede fangstsammensetningen er blitt mer pålitelig.

Vi kunne ha brukt det beregnede antallet av ett-åringer dersom vi antar at det er en konstant naturlig dødlighet av ett og to år gammel fisk. De russiske ungfiskundersøkelsene tyder imidlertid på at en slik antagelse ville være tvilsom.

Hver vinter siden 1948 har USSR gjort undersøkelser med bunntål i Barentshavet. Gjennomsnittlig fangst (i antall) per tråltime gir indekser for årsklassenes styrke på ett-, to- og tre-årsstadiet. PONOMARENKO (1973) fant ut fra dette materialet en varierende overleving av ungtorsken de første leveårene ( $\ln(SI_p)$  i Tabell 1). PONOMARENKO (1973) kunne ikke angi de absolutte overlevinger p.g.a. begrensninger i metodikken. Overlevingen det første leveåret viste en positiv korrelasjon med en indeks for ernæringsforholdene ( $r=0.83$ ). Videre fant hun at vanntemperaturen i løpet av den første vinteren og i en viss grad den andre vinteren, hadde betydning for overlevingen. Vanntemperaturer over  $2^{\circ}\text{C}$  der fisken oppholdt seg, ga større overleving.

Standardavviket av  $\ln(SI_p)$  er av samme størrelsesorden som standardavviket for  $\ln(SI_G)$ ,  $\ln(SI_1)$  og  $\ln(SI_2)$  (Tabell 1). Korrelasjonen mellom  $\ln(SI_2)$  og  $\ln(SI_p)$  er imidlertid liten ( $r=0.20$ ). Den del av variasjonene som skyldes usikkerhetene i innsamlingen av data, er antagelig betydelig større i disse russiske undersøkelsene enn i overlevingsindeksene fra årsklasseanalysen. Dette er en årsak til den dårlige korrelasjonen mellom  $\ln(SI_p)$  og  $\ln(SI_2)$ .

$SI_p$  inkluderer ikke, i motsetning til de øvrige overlevingsindeksene overlevingen før 0-gruppe yngel bunnsår seg om høsten.  $SI_p$  er derfor ikke en relevant indeks for å teste hypotesen til SKRESLET (1976). Det kan imidlertid sies på basis av disse russiske undersøkelsene at det ikke er gitt at en forandring i overlevingsindeksene  $SI_0$ ,  $SI_1$  eller  $SI_2$  nødvendigvis skyldes forandringer i dødligheten på larvestadiet selv om den absolute dødligheten er størst i denne delen av livssyklusen.

SKRESLETs (1976) hypotese angår overlevingen de første ukene etter at eggene klekkes når nauplier av copepoder er den vesentlige føden. Bunnslått 0-gruppe spiser vesentlig crustacea av familien Euphausiacea, tildels Hyperiidea og Gammaridea (PONOMARENKO 1973). Siden overlevingen på ett-års- og to-årsstadiet synes å variere betydelig, vil det være  $SI_{0-gr}$  som er den beste egnede overlevingsindeksen for å teste SKRESLETs (1976) hypotese. Imidlertid er det antagelig betydelig større usikkerheter ved 0-gruppeindeksen som mål for årsklassens relative styrke enn ved  $N_3$  fra årsklasseanalysen. Til tross en varierende naturlig dødlighet på ett- og to-årsstadiet anser vi derfor  $SI_G$ ,  $SI_1$  og  $SI_2$  for å være bedre for vårt formål enn det  $SI_{0-gr}$  er.

$SI_G$  er til forskjell fra  $SI_1$  og  $SI_2$  ikke basert på gytebestandens biomasse, men dens antall. GARROD (1973) diskuterer bestandens evne til å fornye seg selv i form av dens antall, og han kan derfor se bort fra fekunditeten. I  $SI_1$  og  $SI_2$  bruker vi gytebestandens biomasse som mål for antall egg som gytes og det er et bedre mål enn gytebestandens antall, selv om  $\alpha$  i ligning (4) ikke er helt konstant. Videre inkluderer GARROD (1973) syv-åringene i gytebestanden. North-East Arctic Working Group i ICES (Det internasjonale råd for



havforskning) beregner gytebestanden som åtte år og eldre fisk siden bare en relativt liten del av syvåringene er kjønnsmodne. Vi regner med at  $SI_1$  og  $SI_2$  er bedre indekser for denne undersøkelsens formål enn  $SI_G$ .

Av  $SI_1$  og  $SI_2$  synes  $SI_2$  å være den beste overlevingsindeksen. Dette fordi i  $SI_2$  er det forsøkt korrigert for nedgangen i alder ved kjønnsmodning og endringer i veksthastigheten.

### Referanser

- ANON. 1978. Report of the North-East Arctic Fisheries Working Group. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1978 (G:64): 1-51.
- GARROD, D.J. 1973. The variation of replacement and survival in some fish stocks. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 164: 43-56.
- HAUG, A. and NAKKEN, O. 1977. Echo abundance indices of 0-group fish in the Barents Sea, 1965 - 1972. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 170: 259-264.
- HYLEN, A. og RØRVIK, C.J. 1975. Assessments of the Arcto-Norwegian cod stock. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1974 (F:34): 1-23.
- PONOMARENKO, I.Y. 1973. The effects of food and temperature conditions on the survival of young bottom-dwelling cod in the Barents Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 164: 199-207.
- SKRESLET, S. 1976. Influence of fresh waters outflow from Norway on recruitment to the stock of Arcto-Norwegian cod (Gadus morhua). P. 233-237 in SKRESLET, S., LEINEBØ, R., MATTHEWS, J.B.L. and SAKSHAUG, E. ed. Proc. Symp. on the influence of freshwater outflow on biological processes in fjords and coastal waters, 22-25 April 1974, Geilo, Norway. The Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.

