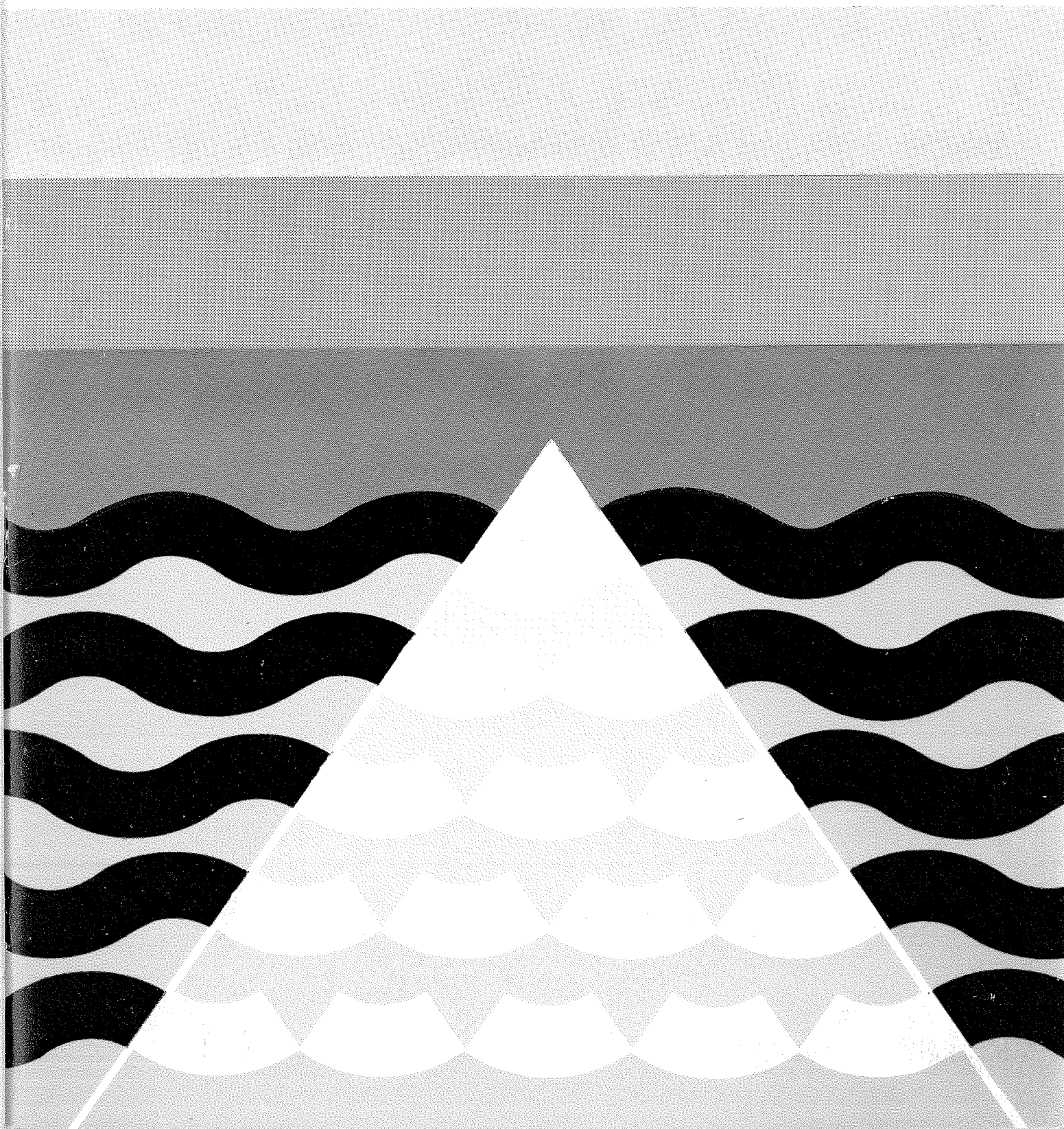


SERIE B
1976 Nr. 7

FISKEN og HAVET

RAPPORTER OG MELDINGER
FRA FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT - BERGEN



SERIE B
1976 Nr. 7

Begrenset distribusjon
varierende etter innhold
(Restricted distribution)

DØDELIGHET AV SEI (Gadus virens), HVITTING (Gadus merlangus)
OG BRISLING (Clupea sprattus) I OPPVARMET SJØVANN OG DØDE-
LIGHET AV TORSK (Gadus morhua L.) VED KORTTIDSEKSPONERING I
OPPVARMET SJØVANN

AV

Bjørn Bøhle
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
Statens Biologiske Stasjon Flødevigen

Redaktør
Erling Bratberg

Juni 1976

INNLEDNING

Sei, hvitting og brisling er som andre fisk poikiloterme (vekselvarme) dyr og kroppstemperaturen er således bestemt av det omgivende vann. Ved forandring i omgivelsestemperaturen vil hele kroppen etter en tid ha inntatt den nye temperatur. Denne tiden er avhengig av bl.a. dyrenes størrelse.

Temperaturen er en vesentlig faktor for respirasjon (SAUNDERS 1963, Fig. 1), svømmeaktivitet og fordøyelse. Mange enzymatisk betingende kjemiske prosesser vil være sterkt temperaturavhengige, f.eks. fiskenes oksygenforbruk.

Når fisk utsettes for vedvarende ekstreme temperaturer, vil dette kunne forårsake død hos individene idet de temperaturavhengige fysiologiske prosesser kommer i ubalanse. I ekstreme tilfelle og med vedvarende påvirkning, vil det kunne forårsake fiskens død (akutt) og påvirkningen sies å være letal. (Hvis påvirkningen ikke forårsaker dødelighet, men andre effekter, sies påvirkningen å være subletal).

På den annen side kan en tenke seg at fisk i sjøen svømmer inn i vannmasser med en temperatur som ved vedvarende opphold ville være dødelig, etter en stund vil svømme tilbake til kaldere vann. I hvilken grad torsk tåler slike eksponeringer er blitt undersøkt.

DEFINISJONER

Resistenstid er den tid som går fra dyret utsettes for en viss temperatur og til det dør (på figurene betegnet "tid til død"). Letaltemperatur (LT_{50}) er den temperatur hvor 50% av dyrene dør etter ubestemt ("indefinite") tid (FRY 1947) som følge av temperaturnivået alene. Det skilles mellom "øvre letaltemperatur" hvor fisken dør av for høy temperatur og "nedre letaltemperatur" hvor fisken dør av for lav temperatur. Mellom øvre og nedre letaltemperatur er resistensområdet, dvs. der hvor 0-50% av dyrene sannsynligvis til slutt vil dø av temperatureffekten. Innenfor resistensområdet er toleranseområdet hvor dyrene aldri vil dø av temperatureffekten alene. Forøvrig vises til BØHLE (1974).

Tabell 1. Fremdrift av eksperimenter med dødelighet av sei, hvitting og brisling.

Eksperiment journal nr.	Tilvennings-tidsrom	Eksperiment-tidsrom	Art	Opprinnelse material	Gj.sn. lengde (cm)	Gj.sn. vekt (g)	Tilvennings temperatur (°C)	Eksperiment-temperatur (°C)	k = kontroll
9 a	6.9-5.12.74	5.-16.12.74	Sei	Dybvåg	32.5	289	9,0	9,0(k); 20,0; 20,5; 21,0; 21,5; 22,0	
9 b	6.9.74-6.1.75	6.-17.1.75	Sei	Dybvåg	34	322	9,0	9,0(k); 18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5	
9 c	6.9.74-20.1.75	20.-30.1.75	Sei	Dybvåg	34	343	9,0	9,0(k); 18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5	
7 a	6.-24.9.74	24.9-7.10.74	Sei	Dybvåg	31	266	13,5	13,5(k); 18,0; 19,0; 19,5; 20,0; 21,0	
7 b	6.9.-8.10.74	8.-21.10.74	Sei	Dybvåg	31	278	13,5	13,5(k); 20,0; 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 20,5	
8 a	20.9.-22.10.74	22.10-5.11.74	Hvitting	Flødevigen	16	27	12,3	12,3(k); 19,0; 20,0; 20,5; 21,0; 22,0	
8 b	20.9-6.11.74	6.-30.11.74	Hvitting	Flødevigen	16	30	10,0	10,0(k); 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 22,5; 22,5; 22,5; 23,0	
10	30.10.74-3.2.75	3.-13.2.75	Hvitting	Dybvåg	26	170	9,0	9,0(k); 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 22,5	
11 a	18.11.74-14.2.75	14.-24.2.75	Brisling	Flødevigen	8,3	2,7	9,0	9,0(k); 18,0; 19,0; 20,0; 21,0; 22,0	
11 b	18.11.74-26.2.75	26.2-10.3.75	Brisling	Flødevigen	8,3	2,7	9,0	9,0(k); 20,0; 21,0; 22,0; 22,5; 23,0	
11 c	18.11.74-11.3.75	11.-24.3.75	Brisling	Flødevigen	8,5	2,6	9,0	9,0(k); 18,0; 20,0; 21,5; 22,0; 22,5	
11 d	18.11.74-2.4.75	2.-14.4.75	Brisling	Flødevigen	8,6	3,2	9,0	9,0(k); 22,0; 22,5; 23,0; 23,5; 24,0	
12 a	18.11.74-15.4.75	15.-28.4.75	Brisling	Flødevigen	8,8	3,0	16,0	16,0(k); 22,0; 22,5; 23,0; 23,5; 24,0	
12 b	18.11.74-29.4.75	29.4-12.5.75	Brisling	Flødevigen	9,1	3,2	16,0	16,0(k); 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 22,5	
12 c	18.11.74.-13.5.75	13.-26.5.75	Brisling	Flødevigen	9,0	3,3	16,0	16,0(k); 19,0; 19,5; 20,0; 20,5; 21,0	

MATERIALE OG METODER

Sei

Dette materialet var fisket i Dybvåg (Tvedestrand) med not. Fisken var i meget god kondisjon og ble transportert i 500 l tanker 5. september 1974. Høsten 1974 var eksperimentfisken 1½ år gammel (1973 årsklassen) og gjennomsnittslengden 31-34 cm, mens lengdevariasjonen strakk seg fra 27 til 42 cm. I tilvenningstiden varierte temperaturen fra 12,5 til 15,5°C.

Av 370 stk. sei som ble tatt inn, døde ingen frem til eksperimentene startet. Det ble gjennomført 5 eksperimenter med sei. Når fisk døde og ved avslutningen av hvert eksperiment, ble "kondisjonsfaktoren" målt som vekt av lever som prosent av fiskens totalvekt (metode brukt av Professor Gunnar Sundnes, Universitetet i Trondheim). Dette materiale blir kun referert til i teksten.

Hvitting

Tilgangen på tilstrekkelig og enhetlig materiale begrenset omfanget av eksperimentene. Fisk til forsøkene 8a og 8b ble tatt i Flødevigen med strandnot. I september 1974 ble 138 fisk hentet til akvariene. Gjennomsnittslengden var ca. 16 cm, variasjonsbredden 12-20 cm. Fisken var i god kondisjon og hadde en rolig adferd. I tilvenningstiden døde 11 av fiskene (8%).

Hvitting som ble brukt til forsøk 10 var blitt fisket ved Dybvåg som bifangst i et brislingkast. Den hadde gått i brislingsteng et par dager og ble den 30. oktober 1974 transportert til Flødevigen. Grunnet dårlig vær ble transporten urolig. Fordi det var endel dødelighet på disse fiskene, ble eksperimenteringen med denne gruppe utsatt - men også fordi en ville vente til fisken kunne bli tilvendt 9°C (laboratorietekniske problemer). Frem til eksperimentene begynte, døde 102 fisk. Den største dødelighet var i begynnelsen av tilvenningstiden, og bare 1/3 av fiskene overlevde frem til eksperimentene startet. De gjenværende 57 fisk var i gjennomsnitt ca. 26 cm.

Denne gruppen ble utsatt for jevnt fallende temperatur fra ca. 10 til ca. 7°C. De siste 11 døgn før eksperimentet startet ble fisken holdt i 9°C.

Hvittingen som ble brukt i eksperimentene var nær ett år gammel i den periode da de siste eksperimentene ble gjennomført.

Brisling

Materialet til denne gruppe ble fisket i Flødevigen den 18. november 1974 med yngelnot. For å unngå at fisken skulle miste skjell, ble den båret meget forsiktig i bølter til laboratoriet. Antallet ble anslått til ca. 1500. Frem til eksperimentene startet, var dødeligheten forholdsvis liten. Med ca. 70 døde brisling frem til den 14. februar, blir det en dødelighet på under 5%.

Den 23. januar 1975 ble 500 brisling overført til et annet kar. Frem til 13. mars døde 7 stk. dvs. 1,4%. Deretter ble temperaturen øket gradvis fra 9 til 16°C som ble holdt inntil 15. april da det første eksperimentet med fisk tilvent 16°C startet.

I de periodene eksperimentene foregikk, var dødeligheten av brislingen i tilvenningskarene henholdsvis 7,0, 7,6 og 12,7%.

Brislingen tok ikke før den første uken etter at de var tatt inn fra sjøen, men senere spiste de meget villig opphakkete blåskjell.

Torsk

Materialet ble fisket i åleruser nær Grimstad og oppbevart i samleposer i sjøen 1-2 uker før torsken ble transportert til Flødevigen med henholdsvis 510 og 250 stk. Av de førstnevnte døde ca. 50 ved transporten. Til eksperimentene ble alle fra den siste og 100 fra den første transporten overført til gradvis økende temperatur fra 7 til 9°C.

Frem til eksperimentene startet og mens eksperimenteringen foregikk, døde bare 3 fisk i tilvenningsakvariet.

Torsk, som ble tatt tilfeldig til forsøkene, var i gjennomsnitt fra 23 til 27 cm og tilhørte l-gruppen. Fisken var i meget god kondisjon og ble føret 2 ganger pr. uke, både i tilvenningsperioden og under eksperimentene.

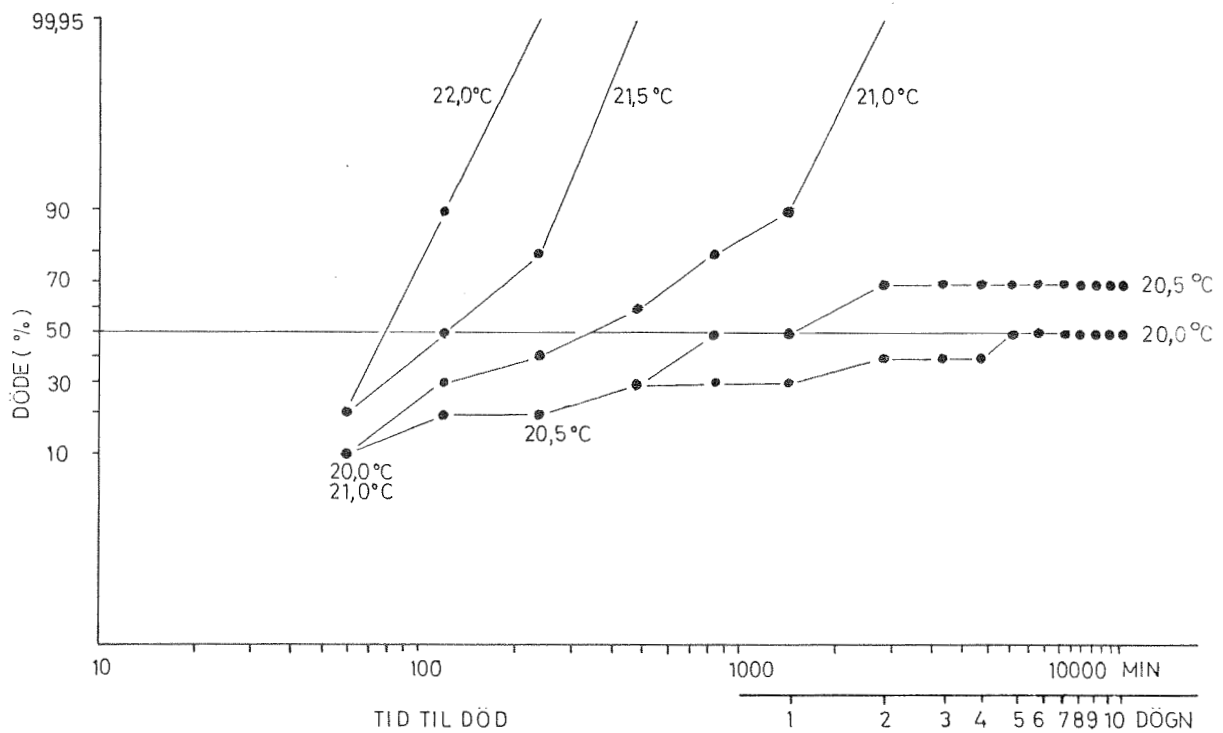


Fig. 1. Tid til død ved de ulike temperaturer hos sei tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 9a).

METODE

I laboratoriet gjennomgikk fisken først en tilvenningsperiode da skadede, svake og eventuelt døde individer ble fjernet. Perioden tjente også til å venne fisken til lysforhold, støy, den relative høye individtetthet, fôret og dessuten til å roe fisken etter fiske- og transportpåvirkningen.

Blant andre har FRY et al. (1946) vist at dødeligheten i oppvarmet sjøvann er avhengig av den temperatur fisken på forhånd er tilvent. En fant det derfor viktig å kontrollere fiskens termiske forhistorie. Fisken ble holdt ved kontrollert temperatur minst 2 uker før eksperimentet startet. Tabell 1 viser fremdriften av eksperimentene.

For beskrivelse av eksperimentakvariene og systemet for temperaturregulering henvises til BØHLE (1974). Temperaturen ble holdt innenfor + 0,3°C.

Det ble benyttet 6 eksperimentakvarier samtidig. Fisken ble valgt tilfeldig i tilvenningsakvariene og fordelt tilfeldig på de 6 akvariene. Det ble påsett at individene var i god kondisjon og uten sår i hud eller finner. I eksperimentakvariene var temperaturen innstilt på de ønskede temperaturer. Ett akvarium fungerte som kontroll med samme temperatur som i tilvenningsakvariet. Av sei, hvitting og torsk ble det til hvert akvarium overført 10 stk. og av brisling 20 stk.

Antall levende fisk ble tellet etter 15 og 30 minutter, etter 1,2,4,8,14 og 24 timer og deretter én gang pr. døgn. De døde fiskene ble lengdemålt og veiet. I løpet av eksperimenttiden ble dyrene fôret med blåskjell eller reker eller begge deler 2 ganger pr. uke. Eksperimentene ble avsluttet etter 10-14 døgn da en antok at den akutte dødelighet som skyldtes temperaturforandringen da var opphørt. Fisk ble først betegnet som død når det ikke var bevegelse ved fysisk irritasjon.

Korttidseksperimenter med torsk ble utført på den følgende måte: Ca. 18 timer før fisken ble eksponert til forhøyet temperatur, ble de overført fra tilvenningsakvariet til de 6 eksperimentakvariene hvor vannet hadde samme temperatur (9°C) som i tilvenningsakvariene.

I ett av akvariene ble temperaturen holdt uforandret og tjente som kontroll. Etter 18 timer ble temperaturen i løpet av 15 min. hevet til eksperimenttemperaturene (19-21,5°C). Disse temperaturene ble så holdt konstant fra 1/2 til 8 timer for deretter å bli senket til 9°C. Denne temperaturen ble så holdt konstant 6-12 døgn. De ulike kombinasjoner av den temperatur fisken ble eksponert overfor og eksponeringstiden ses av Tabell 5.

Eksperimentene med kortvarig høy temperatur (torsk) ble utført i tidsrommet 10. juni - 1. august 1975.

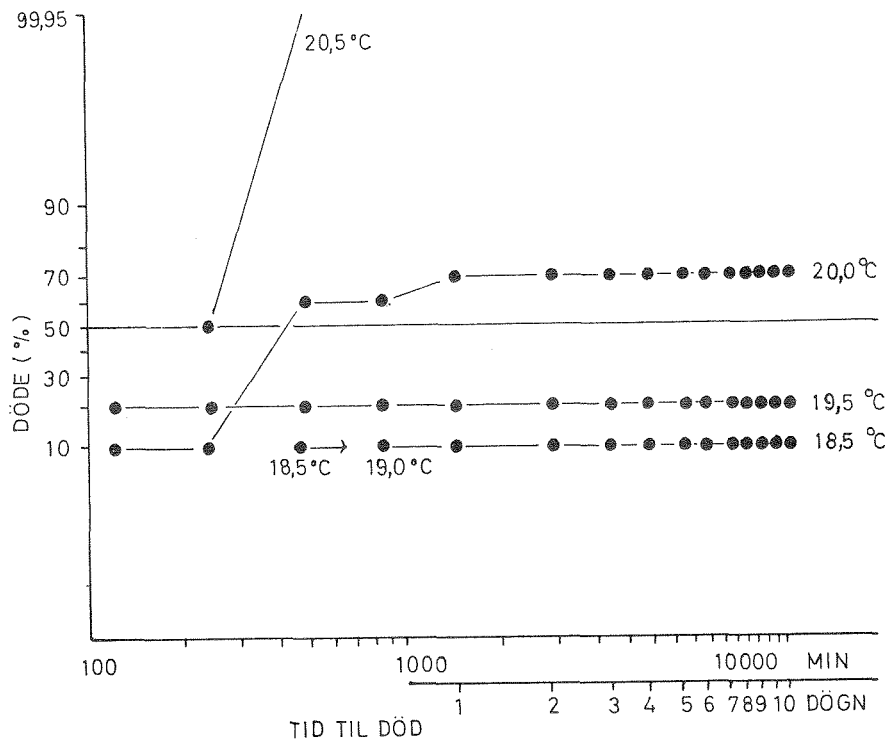


Fig. 2. Tid til død ved de ulike temperaturer hos sei tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 9b).

RESULTATER

1. Vedvarende eksponering overfor høy temperatur

a) Sei

Ved de tre eksperimenter da fisken var tilpasset 9°C, døde ingen fisk ved kontrolltemperaturen. Også dødeligheten hos de gjenværende fisk i tilvenningsakvariet var meget liten. Resultatene er vist i Fig. 1-5.

I det første eksperimentet (Fig. 1) var det en tydelig økende dødelighet med økende temperatur. Ved 22°C døde alle fiskene etter 4 timer og ved 21°C var alle fiskene døde etter 1 døgn eksponering. Halvparten av fiskene overlevet eksponering ved 20,0°C. Også dødeligheten ved 20,5°C syntes å ha stabilisert seg innen eksperimentperioden.

I det neste eksperimentet (Fig. 2) ble fiskene også eksponert for noe lavere temperaturer. Ved 20,5°C inntraff dødeligheten forholdsvis raskt, og alle 10 fisk var døde etter 8 timer hvilket var meget forskjellig fra det første forsøket. Ved 20°C var dødeligheten noe høyere enn i det første forsøket men kan sannsynligvis tilskrives variasjon i materialet. Ved temperaturer under 20°C var dødeligheten lavere og forekom meget tidlig i forsøket. Senere var det ikke dødelighet.

Ved det tredje forsøket (Fig. 3) med denne gruppe fisk var det ingen dødelighet i 18,5, 19,0 eller 19,5°C. Ved 20°C døde én fisk etter 4 døgn (fisken hadde sår i huden). Ved 20,5°C døde fiskene forholdsvis raskt men dødeligheten stoppet ved 60%.

I de to neste eksperimenter med sei var fisken på forhånd tilvent 13,5°C. I det første av disse (Fig. 4) var det ingen dødelighet i 18 og 19°C. I 19,5 og 20°C døde 1 fisk, mens i 21°C døde 90% av fiskene. I det neste forsøket (Fig. 5) ble det også valgt forholdsvis høye temperaturer. Ved 22°C døde alle fiskene i løpet av 8 timer, i 21,5°C inntrådte også dødeligheten forholdsvis raskt men én av fiskene overlevet i 11 døgn. I 20°C overlevde alle individene, men i 20,5 og 21,0°C var det henholdsvis 70 og 60% dødelighet. En av fiskene i 20,5°C døde det 13. døgn. Den andre gruppen sei i 20,5°C hadde imidlertid bare 10% dødelighet innen eksperimentperioden.

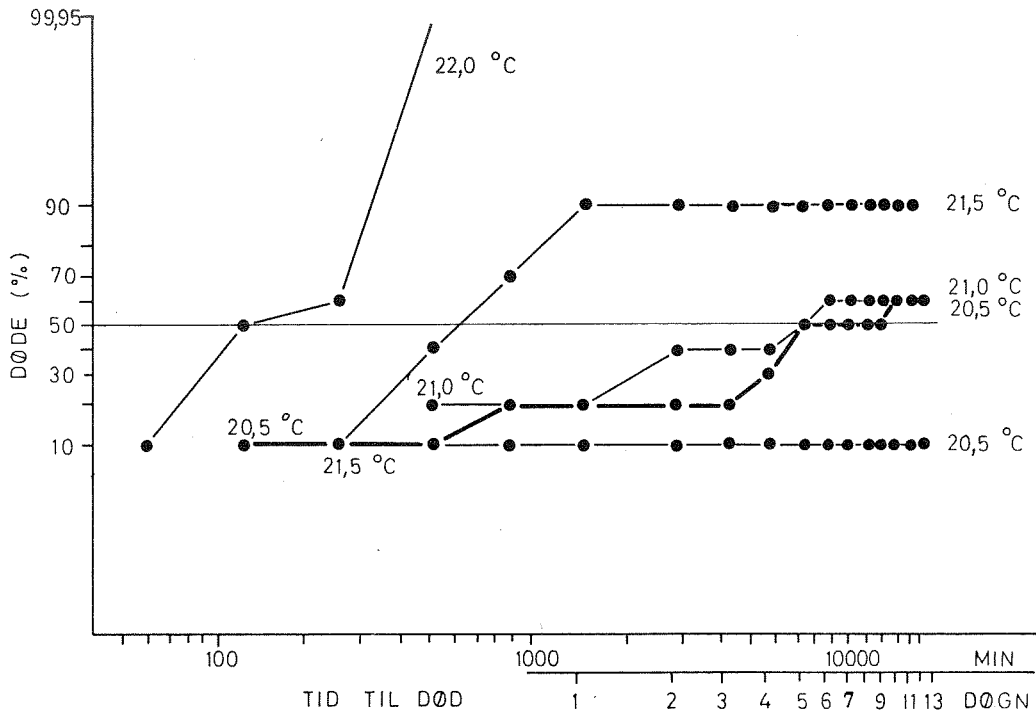


Fig. 5. Tid til død ved de ulike temperaturer hos sei tilvent 13,5°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 7b).

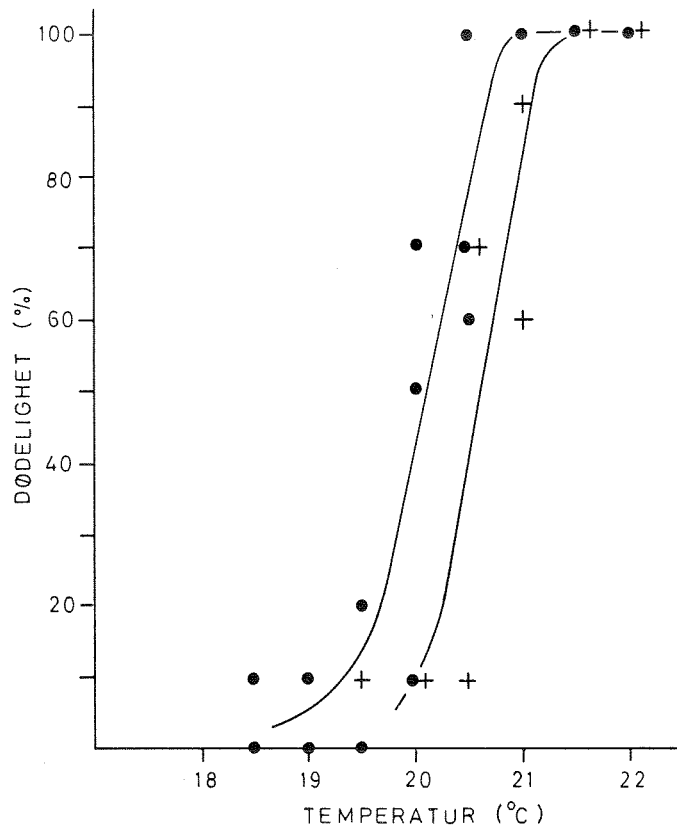


Fig. 6. Dødelighet ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks temperaturer for sei. • tilvent 9°C, + tilvent 13,5°C.

Fig. 6 viser at den "endelige dødelighet" (dvs. ved eksperimentets avslutning etter 10-14 døgn) tydelig øker med den temperatur som fiskene ble utsatt for. Figuren antyder også at sei som på forhånd var tilvent 13,5°C fikk mindre akutt dødelighet ved samme temperatur enn de sei som var tilvent 9°C. I løpet av eksperimentperioden ble 100% dødelighet registrert i 20,5°C og høyere. For sei tilvent 13,5°C, var denne grense ca. 1° høyere. I temperaturområdet 18,5-19,0°C var dødeligheten 0-10%.

Tabell 2. Tid til 50% dødelighet (min.) og dødelighet (%) ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøksstemperaturer for sei.

Forsøks- temperatur °C	Tilvent 9°C	Tilvent 13.5°C
	22.0	80/100
21.5	120/100	580/100
21.0	350/100	650/ 90
		7200/ 60
20.5	840/ 70	7200/ 70
	240/100	10
	1100/ 60	
20.0	7200/ 50	10
	440/ 70	0
	10	
19.5	20	10
	0	
19.0	10	0
	0	
18.5	10	
	0	
18.0		0

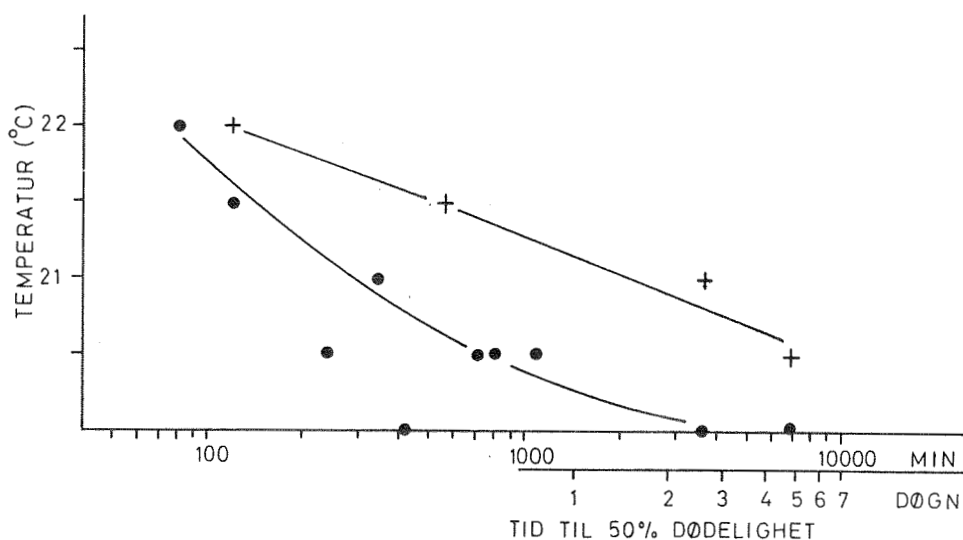


Fig. 7. Tid til 50% dødelighet hos sei ved ulike temperaturer tilvent. • 9°C, + tilvent 13,5°C.

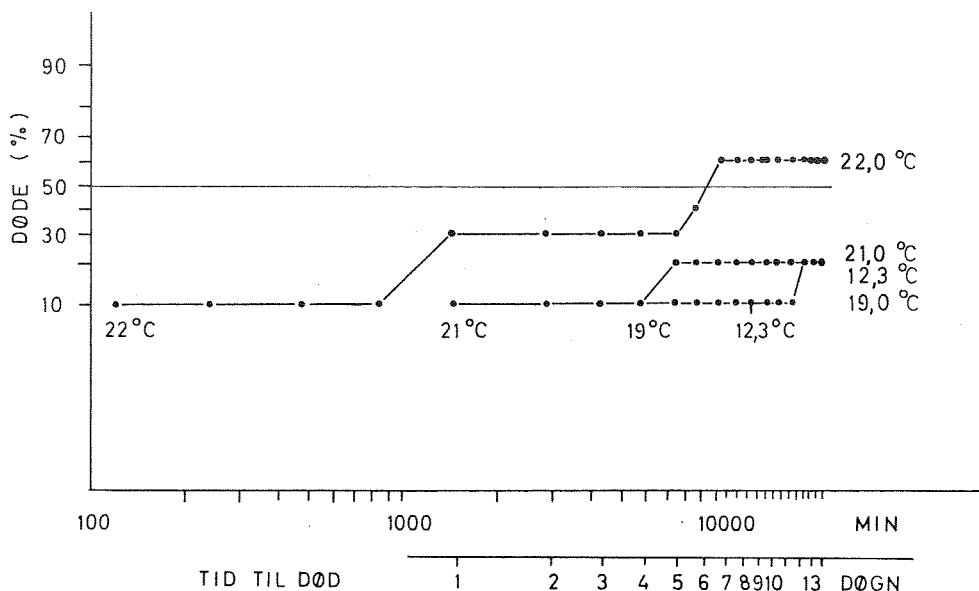


Fig. 8. Tid til død ved de ulike temperaturer hos hvitting tilvent 12,3°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 8a).

Tabell 2 viser bl.a. tid til 50% dødelighet for hver eksperimentgruppe. Disse verdier er tatt grafisk ut av Fig. 1-5. Dette er mulig fordi skalaen på ordinatene er sannsynlighetsinndelt (eg. i "probits"). Av Fig. 7 ser en at tid til 50% dødelighet (dvs. "gjennomsnittlig dødelighet") ved hver temperatur er omvendt proporsjonal med temperaturen. Figuren viser også at de fisk som var tilvent 13,5°C, overlevet meget lengre i høye temperaturer og var mer resistente mot dødelighet i temperaturområdet 20-22°C. Den tid som gikk til halvparten av fiskene døde, var flere ganger lengre enn for de fisk som på forhånd var tilvent lav (9°C) temperatur.

Resultatene synes å vise at grensen for 50% dødelighet ligger ved 20°C. Under denne temperatur døde færre enn 50% (0-20) av fiskene. Dette gir som konsekvens at LT_{50} for sei tilvent 9°C er 20°C i en 10 dagers periode. Fig. 7 viser også at sei tilvent 13,5°C er mer resistent mot høyere temperatur. Dødeligheten i de to paralelle eksperimenter ved 20,5°C var noe forskjellig, med henholdsvis 70 og 10% dødelighet ved avslutningen. Det er rimelig å vurdere resultatene dithen at LT_{50} for sei tilvent 13,5°C er noe høyere, et sted mellom 20,5 og 21,0°C.

b) Hvitting

Til eksperimentene med hvitting var til rådighet et forholdsvis lite og heterogent materiale. På grunn av årstiden, lot det seg heller ikke gjøre å venne fisken til samme temperatur som for de øvrige arter.

De to første eksperimentene med hvitting ble gjennomført i oktober-november. Fisken var ikke i helt god kondisjon hvilket sannsynligvis var årsaken til at det ble 20% dødelighet i kontrolltemperaturen (12,3°C) mot slutten av eksperimentet. Fisken til denne gruppen var "tilvent" 12,3°C. I 19°C døde én fisk, men hverken i 20 eller 20,5°C døde noen fisk (Fig. 8). I 21°C var dødeligheten 20%, og fiskene døde forholdsvis tidlig i forsøket. I 22°C ble det 60% dødelighet, men ingen fisk døde i de 7 siste døgn.

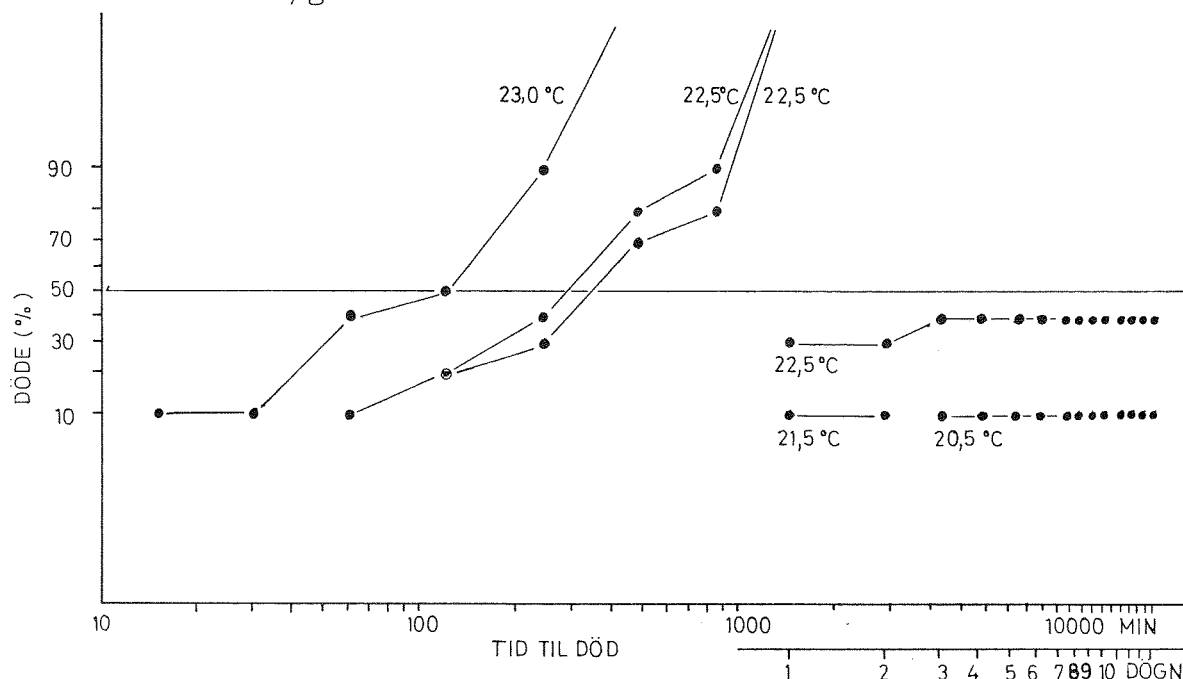


Fig. 9. Tid til død ved de ulike temperaturer hos hvitting tilvent 10°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 8b).

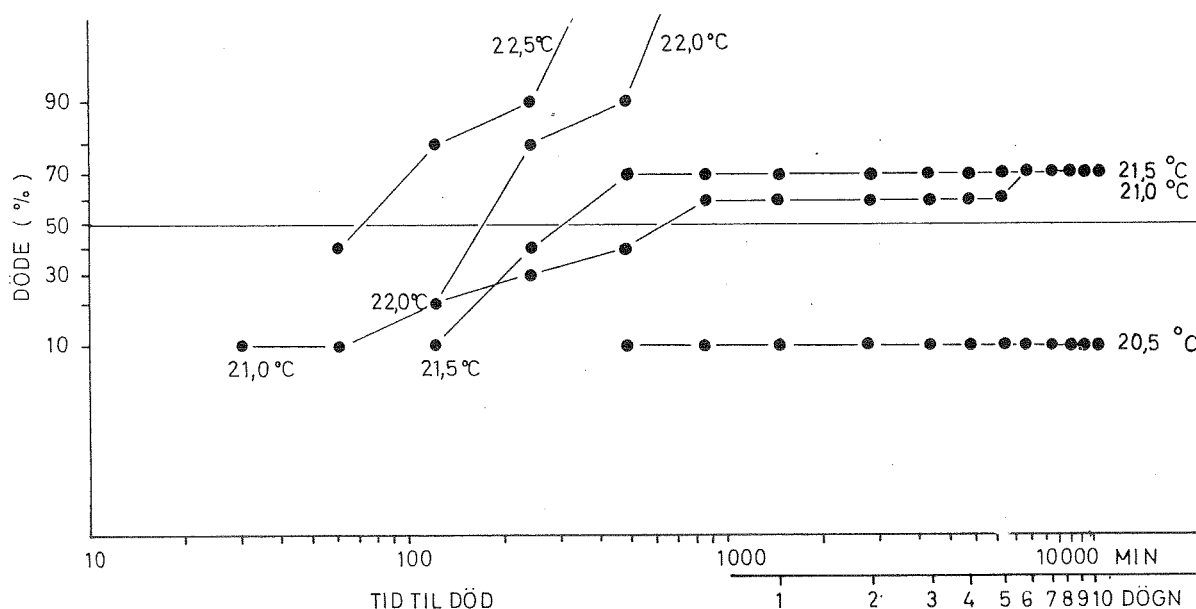


Fig. 10. Tid til død ved de ulike temperaturer hos hvitting tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 10).

I det neste eksperimentet (Fig. 9) ble fisken også eksponert overfor høyere temperaturer. Hverken i 21 eller 22°C døde noen fisk. I 20,5 og 21,5°C døde én fisk, hvorav den i 20,5°C var skadet på halen. I 22,5°C døde 4 av 10 fisk, alle innen de 3 første døgn. Etter dette ble ytterligere 2 grupper á 10 fisk eksponert i 22,5°C. Disse to grupper fikk en betydelig høyere dødelighet idet alle fiskene døde i løpet av ett døgn. Deretter ble 10 overført til 23°C. Alle disse fiskene døde i løpet av 8 timer. Det var altså en betydelig variasjon i dødeligheten ved 22-22,5°C.

Det siste eksperimentet med hvitting (Fig. 10) ble gjennomført senere enn de øvrige, og fisken var tilvent 9°C. Den var også noe større (26 cm) og sannsynligvis 2 år gammel på dette tidspunkt. Fordi det var for få fisk igjen, ble antallet i kontrollakvariet (9°C) redusert til 7.

I 20,5°C døde kun én fisk - etter 8 timer. Både i 21 og 21,5°C døde 70% av fiskene og i 22 og 22,5°C var dødeligheten total etter henholdsvis 14 og 8 timer. Fiskene i denne gruppen syntes således å være mindre resistent mot høy temperatur. I kontrollakvariet overlevet alle individene.

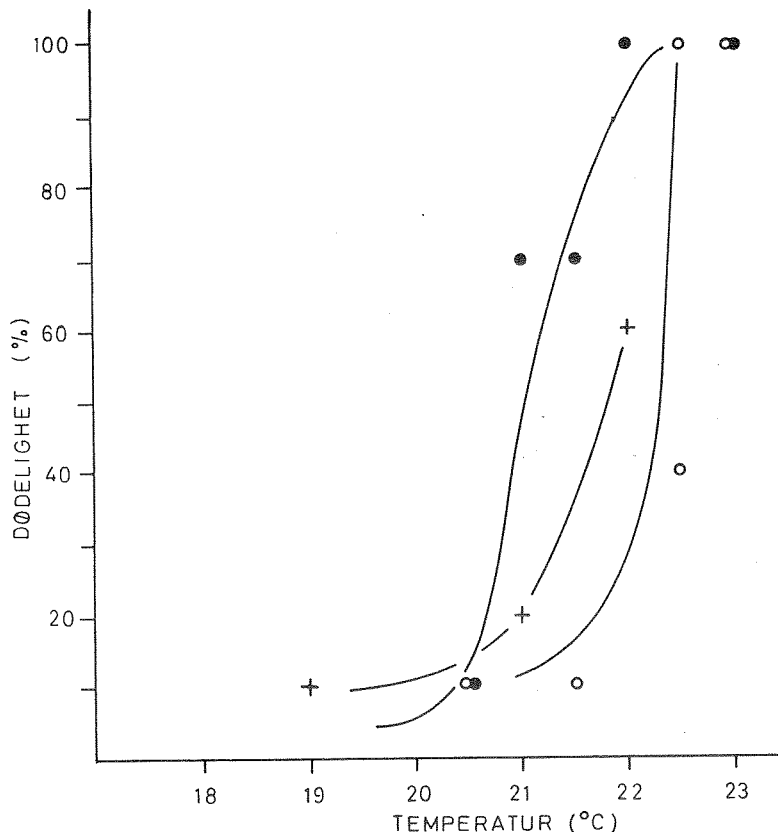


Fig. 11. Dødelighet ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks-temperaturer for hvitting, ● tilvent 9°C, ○ tilvent 10°C, + tilvent 12,3°C.

Tabell 3. Tid til 50% dødelighet (min.) og dødelighet (%) ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks-temperaturer for hvitting.

Forsøks-temperatur °C	Tilvent 9°C	Tilvent 10°C	Tilvent 12,3°C
23.0		120/100	
22.5	70/100	280/100	
		340/100	
		40	
22.0	170/100	0	9500/ 60
21.5	300/ 70	10	
21.0	640/ 70	0	20
20.5	10	10	0
20.0			0
19.0			10

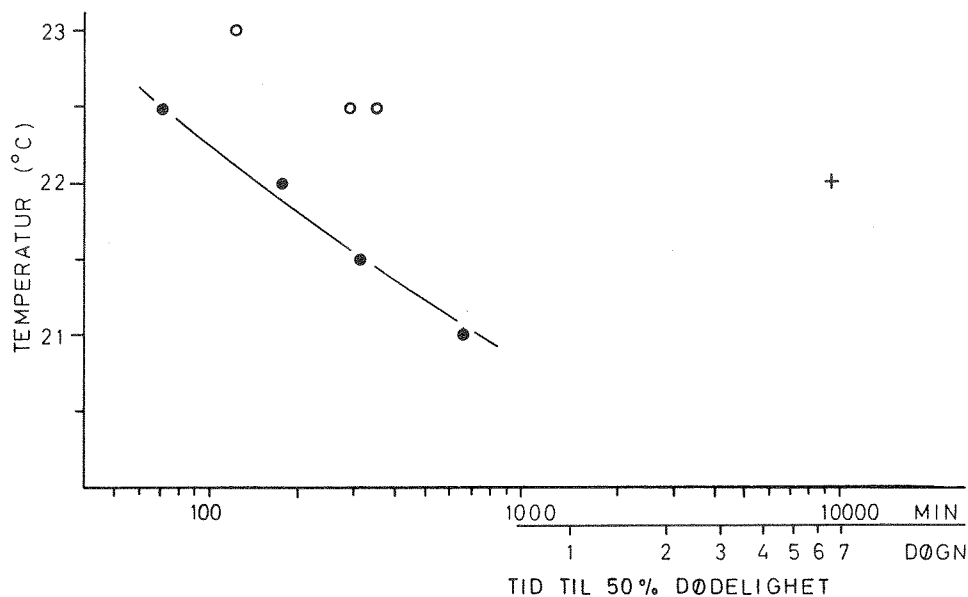


Fig. 12. Tid til 50% dødelighet hos hvitting ved ulike temperaturer. ● tilvent 9°C, ○ tilvent 10°C, + tilvent 12,3°C.

Av Fig. 11 og Tabell 3 ses at grensen for 100% dødelighet ved eksperimentets avslutning syntes å være temmelig skarp. For fisk tilvent 10°C var det 100% dødelighet ved eksponering til 22,5°C og høyere (i ett av eksperimentene bare 40% dødelighet).

I 22°C og lavere ble registrert maksimalt 10% dødelighet. For fisk tilvent 9°C var det 100% dødelighet ned til og med 22°C, mens det for hvitting tilvent 12,3°C ikke ble registrert mer enn 60% dødelighet i 22°C. Grunnet for lite materiale ble denne gruppe hvitting ikke undersøkt i høyere temperatur.

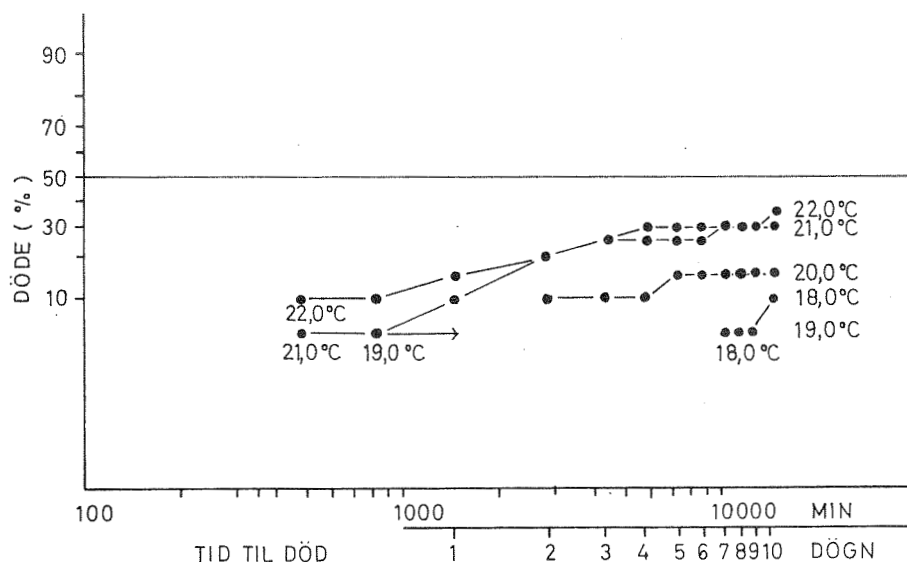


Fig. 13. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 11a).

Fig. 12 viser at den tid som gikk med til 50% av fiskene døde, var jevnt avtagende med økende temperatur og at 50% dødelighet eller høyere bare ble registrert ned til 21°C. Trass i få eksperimenter, syntes LT_{50} for hvitting i denne gruppe å være noe i underkant av 21,0°C. For hvitting tilvent 10°C var resistensen mot høy temperatur høyere og resultatene tyder på at LT_{50} for denne gruppe hvitting var mellom 22 og 22,5°C.

For fisk "tilvent" 12,3°C ble det oppnådd 60% dødelighet i 22°C (kun ett forsøk) hvilket var høyere enn man skulle vente. Dette antyder at LT_{50} for denne gruppe var i underkant av 22°C. Imidlertid er disse resultatene usikre da det også var dødelighet ved kontrolltemperaturen.

c)Brisling

Resultatene fra eksperimenter med brisling tilvent 9°C er gjengitt i Fig. 13-16. I disse 4 eksperimentene ble det ikke registrert døde fisk i kontrollakvariene (9°C). I det første eksperimentet (Fig. 13) ble det eksperimentert ved 18-22°C. Ikke noen av av temperaturene ble det 50% dødelighet. I 18-20°C ble dødeligheten 5-15% og i 21-22°C ble den 30-35% i løpet av eksperimentet.

I det neste eksperimentet (Fig. 14) ble også undersøkt dødeligheten ved høyere temperatur. I 20 og 21°C ble dødeligheten bare 15% mens den i 22°C ble 55%. En markert økning var det ved 22,5°C

der dødeligheten var 95% ved eksperimentets avslutning. Ved 23°C var det 50% dødelighet etter 400 minutter. Alle fisk var døde etter 8 døgns eksponering.

I det påfølgende eksperimentet (Fig. 15) ble noen av eksperiment-temperaturene gjentatt. I 18°C døde ingen fisk, i 20°C kun én i løpet av de siste døgnet. I 22°C var dødeligheten noe mindre enn ved det foregående forsøk, men ved 22,5°C var den noe høyere (65%) hvilket må tilskrives normal variasjon i forsøksmaterialet.

I det 4. forsøket med brisling tilvent 9°C (Fig. 16) ble fisken også eksponert overfor tildels meget høye temperaturer. I 22°C endte dødeligheten med 55%, mens ved de høyeste temperaturer øket dødeligheten med økende temperatur både med hensyn til hvor mange fisk som døde og hvor raskt de døde. I 22,5°C stabiliserte ikke dødeligheten seg innen eksperimentperioden. Hvis eksperimentet hadde blitt forlenget ville langt flere fisk dødd som følge av høy temperatur. I 23,5 og 24,0°C døde alle fisk i løpet av henholdsvis 2 og 1 døgn.

De tre siste eksperimenter ble utført med brisling som var tilvent 16°C. I det første av disse (Fig. 17) døde 2 av fiskene i kontrollkaret ved slutten av eksperimentet, dvs. 10%. Forøvrig ble det 75% dødelighet i 23°C og 60-65% dødelighet i 22-22,5°C. I 23,5 og 24,0°C var alle fisk døde etter henholdsvis 10 og 6 døgnet.

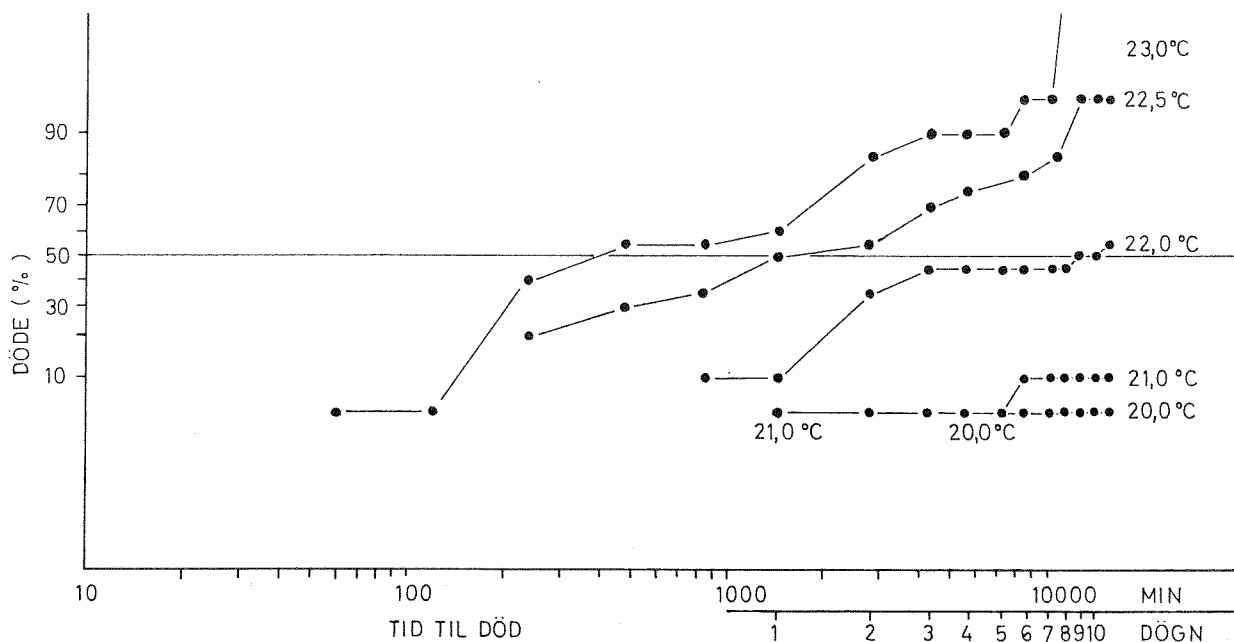


Fig. 14. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 11b).

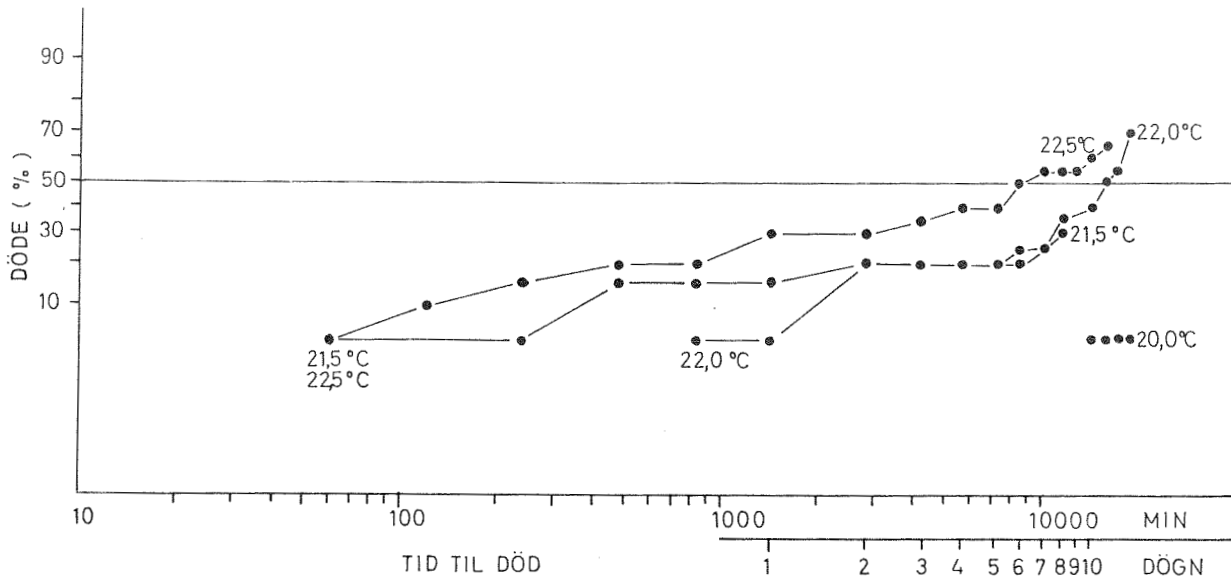


Fig. 15. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 11c).

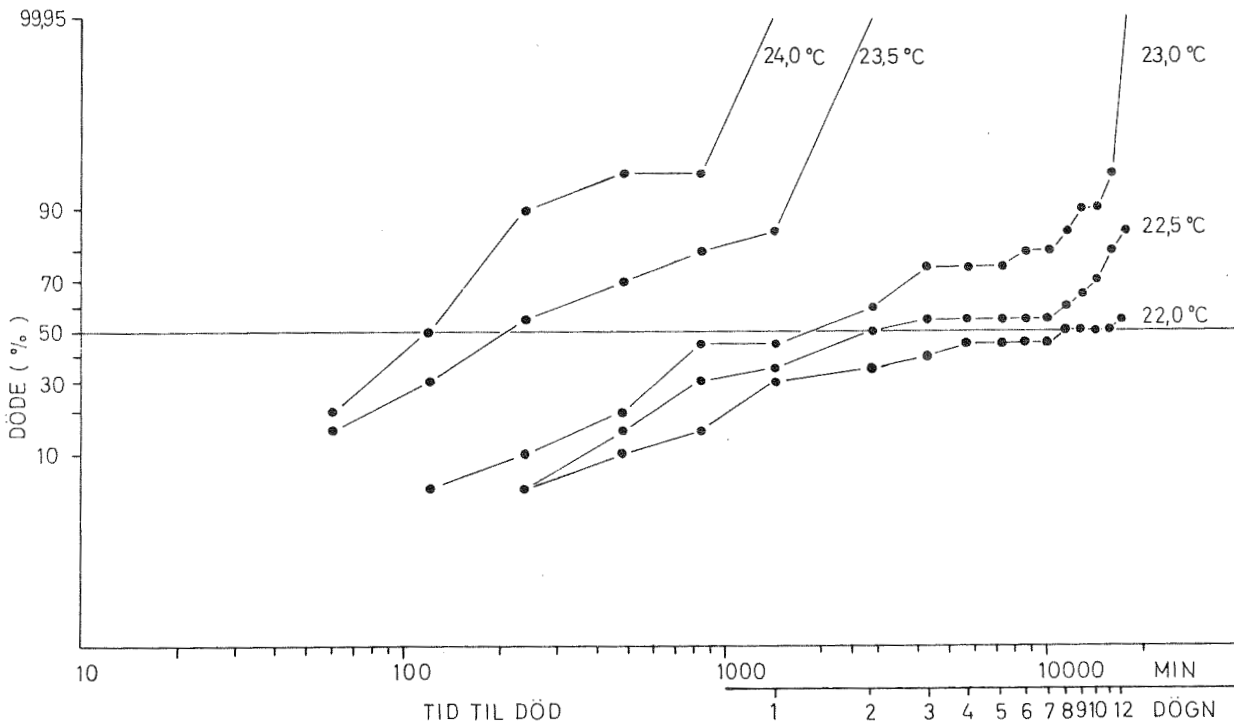


Fig. 16. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 9°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 11d).

I det neste eksperimentet (Fig. 18) ble fisken også holdt i forholdsvis lavere temperaturer. Imidlertid, for de grupper som hadde samme temperaturen som i foregående eksperiment, var dødeligheten i overensstemmelse med resultatene fra det foregående eksperimentet. I 21°C ble 50% dødelighet ikke nådd innen eksperimenttiden, men dødeligheten stabiliserte seg ikke. I kontrolltemperaturen ble det 30% dødelighet.

I det siste eksperimentet med brisling (Fig. 19) ble fiskene holdt i enda lavere temperatur. Det ble ikke nådd 50% dødelighet i noen av temperaturene (19-21°C). Imidlertid var det 15% dødelighet i kontrollakvariet (16°C).

I Tabell 4 og Fig. 20 er vist bl.a. den totale dødelighet ved eksperimentets avslutning. Linjene mellom punktene er trukket på frihånd. For brisling tilvent 9°C var dødeligheten 100% ned til og med 23,0°C. For 16°C tilvent brisling er dødeligheten 100% bare i 23,5 og 24,0°C. Imidlertid ved lavere temperatur enn 22,5°C synes den totale dødelighet ved eksperimentenes avslutning å være større for 16°C-tilvent fisk enn for fisk tilvent 9°C. Den akutte dødelighet ved 22,5-24,0°C var mindre for fisk tilvent 16°C enn de tilvent 9°C, dvs. at fisk tilvent 9°C, døde tidligere enn de øvrige (Fig. 21).

Resultatene for de to grupper fisk viste at LT_{50} for 9°C tilvent brisling var 22°C, muligens noe lavere. Ved denne temperatur syntes de to grupper fisk å ha samme overlevingstid. For 16°C tilvent brisling er resultatene noe uklare. Det er stor spredning av resultatene mellom de ulike eksperimentene. Trass i dette synes det som om denne gruppe brisling hadde en LT_{50} som var lavere, dvs. 20,5-21,0°C.

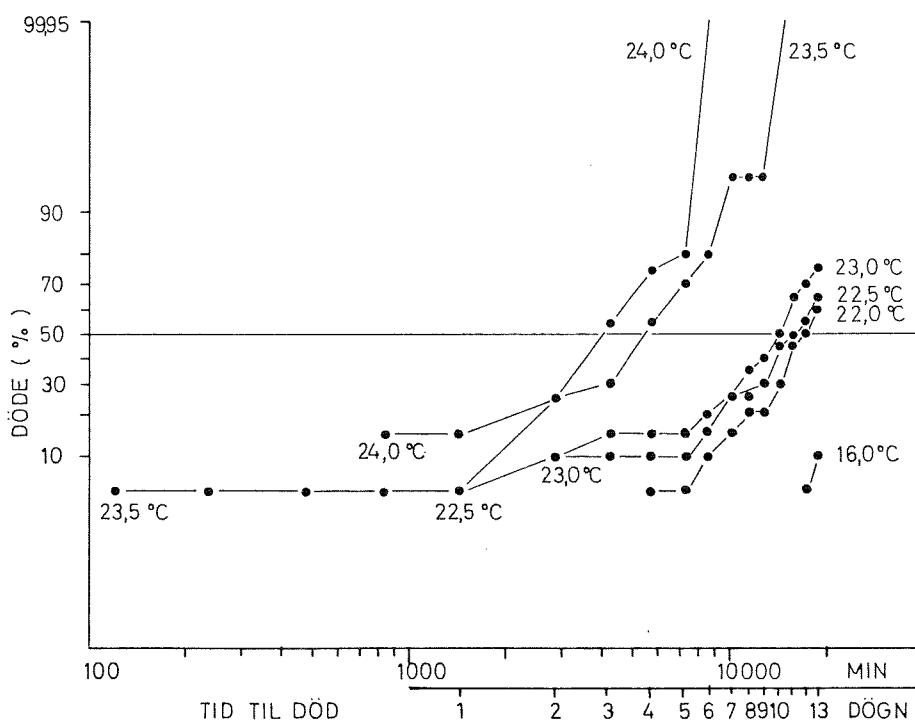


Fig. 17. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 16°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 12a).

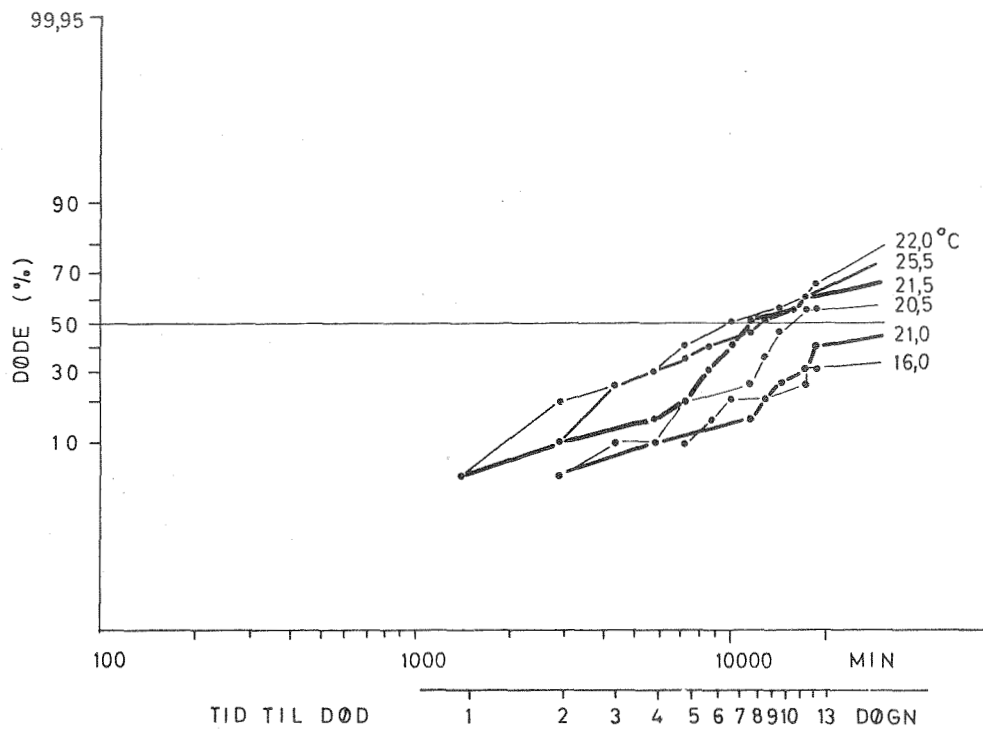


Fig. 18. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 16°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 12b).

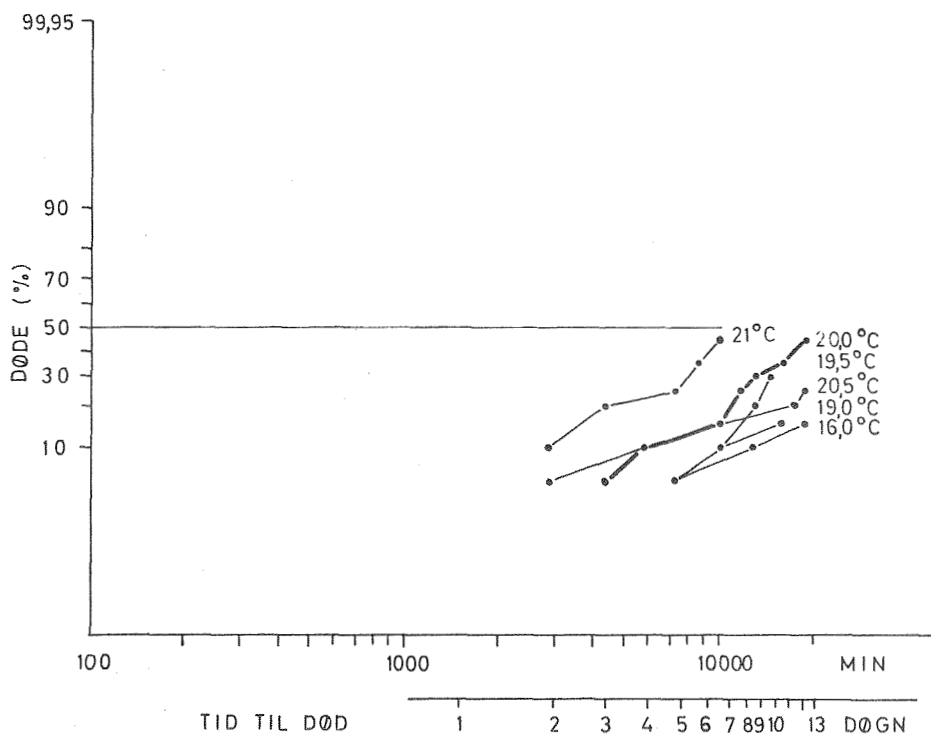


Fig. 19. Tid til død ved de ulike temperaturer hos brisling tilvent 16°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritmeskala (J.nr. 12c).

Tabell 4. Tid til 50% dødelighet (min.) og dødelighet (%) ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks-temperaturer for brisling.

Forsøks-temperatur °C	Tilvent 9°C	Tilvent 16°C
24.0	120/100	4000/100
23.5	240/100	5400/100
23.0	400/100	14380/ 75
22.5	2000/100	15820/ 65
	1440/ 95	
	8640/ 65	
22.0	2280/ 85	17260/ 60
	35	
	12960/ 55	
	15820/ 70	
21.5	11500/ 55	11500/ 60
	30	
	30	
21.0	15	40
		45
20.5		16000/ 55
20.0	15	45
	15	
	5	
19.5		30
19.0	5	15
18.0	10	
	0	

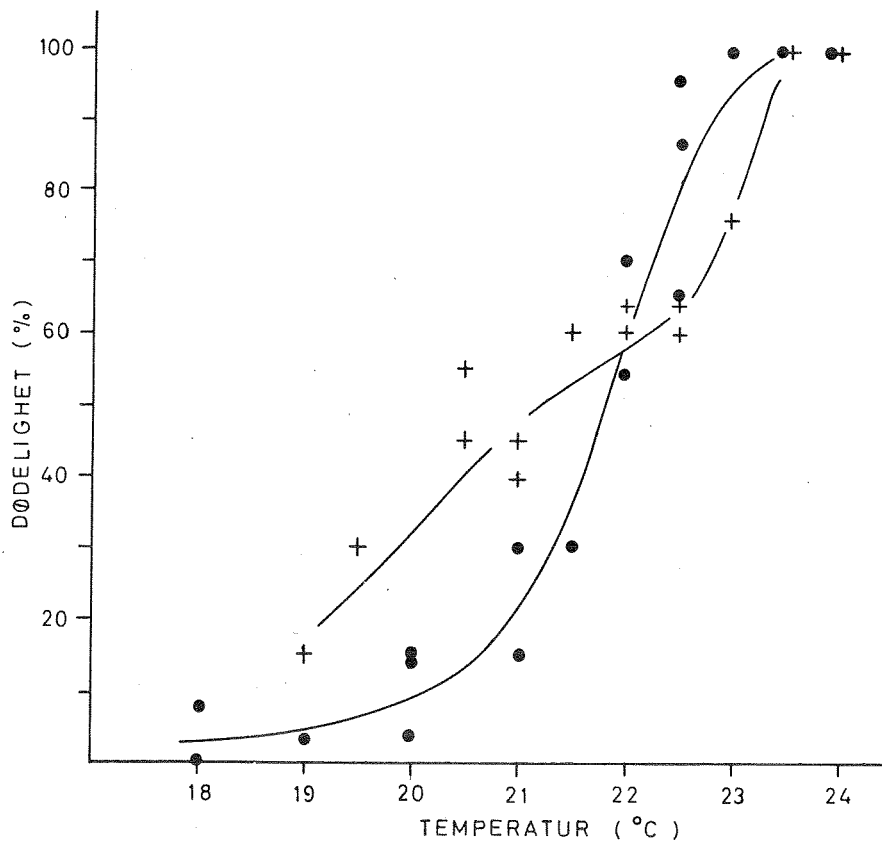


Fig. 20. Dødelighet ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks-temperaturer for brisling, • tilvent 9°C, + tilvent 16°C.

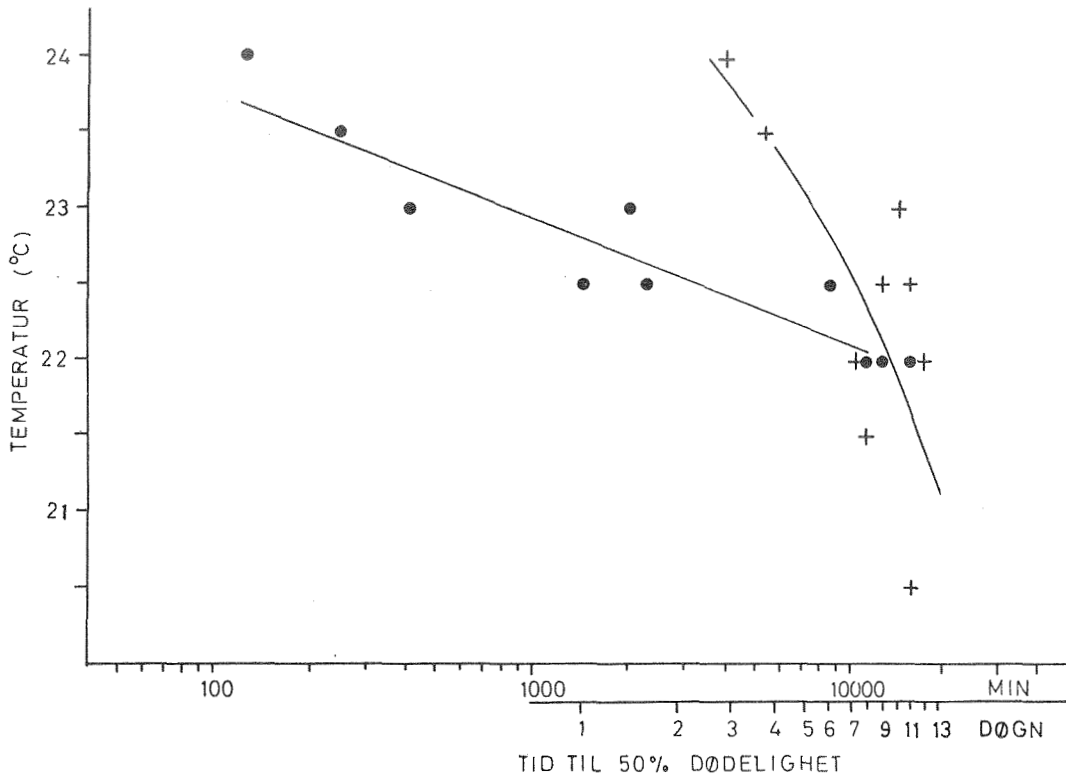


Fig. 21. Tid til 50% dødelighet hos brisling ved ulike temperaturer, ● tilvent 9°C, + tilvent 16°C.

Tabell 5. Dødelighet (%) og gj.sn. resistenstid (min.) for de torsk som døde ved ulike kombinasjoner av eksponeringstid og temperatur.

Temperatur °C	Eksponeringstid				
	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8
19,0	0	0	0	0	20- 240
19,5	0	0	0	0	10- 120
20,0	0	0	0	30-1640	20- 240
20,5	0	0	0	40- 105	80-3375
21,0		0	20-360	70- 111	
21,5		10-11500	20-270		

2. Korttidseksponering av torsk overfor høy temperatur

Det ble undersøkt dødelighet av torsk ved 21 ulike kombinasjoner av temperatur og eksponeringstid som ble gjennomført ved 5 påfølgende eksperimentserier. Ved hver serie ble det gjennomført kontrollleksperiment ved 9°C hvori alle fisk overlevet.

Felles for alle eksperimentene var at dødeligheten vanligvis oppstod i de to første døgn etter start av eksponeringen overfor høy temperatur. Etter denne periode døde få fisk.

Tabell 5 viser at torsk for en stor del overlevde temperaturer som ellers er dødelige (21,5°C) når eksponeringstiden var kun én time. Den samme dødelighet (10%) ble, f.eks. ved 19,5°C oppnådd først etter 8 timers eksponering. I løpet av 8 timers eksponering overfor 20°C døde 20% av fiskene. Senere døde ingen individer. Ved tilsvarende tid og 20,5°C økte dødeligheten til 80% hvilket antyder at 20-20,5°C er en kritisk grense for dødelighet. Ved dette temperaturområdet fikk en ingen dødelighet ved 2 timers eksponering, mens 4 timer resulterte plutselig i 30-40% dødelighet.

Tabell 5 viser også den gjennomsnittlige resistenstid for de fisk som døde i løpet av eksperimentet. Bortsett fra den ene fisk som med én times eksponering ved 21,5°C døde etter 9 døgn (11500 min.), var den gjennomsnittlige resistenstid forholdsvis kort. Resultatene antyder at den gjennomsnittlige resistenstid avtar med økende temperatur. Grensen for 50% dødelighet synes å være 20,0-20,5°C for 8 timers eksponering og 20,5-21,0°C for 4 timers eksponering. Ved enda kortere eksponering synes torsk å kunne tåle enda høyere temperatur uten at dødeligheten på lengre sikt øker.

DISKUSJON

Sei

Resultatene for sei vurderes som relativt sikre, bl.a. fordi materialet var meget homogent, dvs. seien var av temmelig ens alder, fanget i not og i god kondisjon. Forsøkene varte riktignok over en periode på nærmere 4 måneder - den gjennomsnittlige fiskelengden øket da fra 31 til 34 cm og vekten i gjennomsnitt fra 266 til 343 g.

Den akutte dødelighet var mindre for sei tilvent 13,5°C i motsetning til 9°C. LT_{50} ble bestemt til henholdsvis 20,5-21,0 og 20°C. Fig. 1-5 viser at den akutte dødeligheten vesentlig opptrådte i begynnelsen av eksperimentene, og således at den hadde stabilisert seg før forsøkene var avsluttet. Dette indikerer at den sei som ble brukt i eksperimentene i løpet av 18 døgn hadde tilvent seg 13,5°C.

Hverken gjennom den 4 måneders periode da eksperimentene ble gjennomført eller innen hvert eksperiment, ble det registrert noen nedgang i leverkondisjon.

Hvitting

Dette materialet var noe uensartet og det oppstod en del dødelighet i tilvenningsperioden. Dette førte til at det ble få friske fisk å eksperimentere med, og således ble resultatene for hvitting noe usikre. Det var spesielt de fisk som ble tilvent 9°C som fikk stor dødelighet hvilket kan ha ført til at det var et utvalg av "hardføre" fisk som overlevet og som senere ble satt inn i eksperimentet. Av resultatene syntes LT_{50} for denne gruppe av hvitting å være mellom 20,5 og 21°C.

For den gruppe hvitting som ble tilvent 10°C, ble det ved 22,5°C ialt undersøkt 3 parallellgrupper (10 fisk i hver). To av disse ga ens resultat, mens den tredje viste betydelig lavere dødelighet. Den avvikende gruppe ble undersøkt på et tidligere tidspunkt. Dette kan likevel ikke forklare forskjellen som heller må tilskrives "uheldig utslag" av den normale variasjon. Trass i lite materiale antydes at LT_{50} er 22-22,5°C.

Resultatene av eksperimentene med hvitting tilvent $12,3^{\circ}\text{C}$ er usikre fordi det også oppstod dødelighet i kontrollgruppen (20%), men de antyder likevel at LT_{50} er mellom 21 og 22°C . Denne gruppe fisk syntes å ha lavere LT_{50} enn hvitting tilvent $9-10^{\circ}\text{C}$. Dette kan skyldes at fisken ikke var helt tilvent $12,3^{\circ}\text{C}$ (tilvenningsdødeligheten (8%) kan ha vedvart i eksperimentfasen). Således er det en mulighet at verdiene for LT_{50} like mye er et resultat av tilvenningstiden som tilvenningstemperaturen. Trass i at eksperimentene med hvitting ga usikre resultater, synes hvitting å være mer resistent overfor høy temperatur enn sei og torsk (Bøhle 1974) hvilket er i overensstemmelse med at hvitting er en sydlig art.

Brisling

Da brisling kunne fiskes og oppbevares i et stort antall, ble utvalget av fisk til eksperimentene sannsynligvis bedre enn det for hvitting, og da fisken er liten kunne en ha 20 fisk i hvert eksperimentakvarium hvilket også skulle gjøre resultatene mer representative.

For brisling viste det seg at ved de høyeste eksperimenttemperaturer ($22,5-24^{\circ}\text{C}$) var dødeligheten størst for fisk tilvent 9°C , mens ved lavere eksperimenttemperatur var dødeligheten ved hvert eksperiments avslutning blitt størst med 16°C -tilvent fisk (Fig. 20). Hver for seg er resultatene for de to grupper av brisling klare, men at brisling tilvent den laveste temperatur på noe lenger sikt (10-14 døgn) hadde større resistens mot høy temperatur, var uventet. En mulig forklaring er at dødeligheten ved 16°C på lang sikt er så stor at den i forhold til 9°C tilvent brisling gir merkbar forskjell. Det fremgår at dødeligheten for brisling "tilvent" 16°C ikke avtok (dvs. ikke stabiliserte seg) i løpet av eksperimentperioden. For denne gruppe av brisling var det også betydelig dødelighet i kontrollakvariet med 16°C . Dette indikerer at da eksperimentene startet, var denne gruppe av brisling neppe tilvendt 16°C . Det var ingen ytre symptomer å se på fisken og det er således lite sannsynlig at fisken var angrepet av sykdom. Ved noen av eksperimentene var det enkelte små og tynne individer som døde først. Det er imidlertid ikke statistisk signifikans for at fisken i 16°C gjennom lengre tid har fått nedsatt sin kondisjon som kunne ha gjort den mindre motstandsdyktig mot høy temperatur.

Torsk

Resultatene viste at når eksponeringstiden var kort, overlevet torsk høyere temperatur enn letaltemperaturen ved vedvarende eksponering. Selv om eksperimentene varte bare 6-12 døgn er det rimelig å konkludere at øket dødelighet på lengre sikt neppe vil oppstå selv om fisken altså er blitt eksponert overfor temmelig høy temperatur. De individene som døde, gjorde det på et meget tidlig tidspunkt dvs. stort sett innen eksponeringstiden. De som overlevet var "de sterkeste" og som sannsynligvis ikke ville få noe varig mén av oppholdet i det oppvarmede sjøvann.

SAMMENDRAG

Sei, hvitting og brisling ble brått overført fra akvarier med tilvenningstemperatur 9-16°C til akvarier med 18-24°C og dødeligheten ble observert i 10-14 døgn. Torsk tilvent 9°C ble eksponert overfor 19-21,5°C i 1/2-8 timer. Deretter ble dødeligheten observert i 6-12 døgn.

For sei og hvitting syntes fisken å bli noe mer resistent mot høy temperatur når de på forhånd var tilvent høyere temperatur. For sei tilvent 9°C var den gjennomsnittlige dødelighetstemperatur (LT_{50}) 20°C i en 10 døgns periode. Sei som var tilvent 13,5°C hadde LT_{50} lik 20,5-21,0°C.

Grunnet lite og uensartet materiale er resultatene for hvitting noe usikre. Imidlertid ble LT_{50} for hvitting tilvent 9°C bestemt til 21°C - altså 1°C høyere enn for sei tilvent samme temperatur. For hvitting tilvent 10°C var LT_{50} 22-22,5°C. Brisling som var tilvent 9°C, hadde LT_{50} for eksperimentperioden lik ca. 22°C, altså 1°C høyere enn for hvitting. Brisling som på forhånd var blitt oppbevart i 16°C, hadde lavere LT_{50} enn den første gruppen. Det kunne ikke påvises at dette skyldtes dårligere kondisjon, men kan muligens forklares som en effekt av langtidsopphold i akvarier.

Ved korttidseksponering av torsk opptrådte dødeligheten så å si bare i den periode da fisken ble utsatt for høy temperatur. Ved korte eksponeringstider syntes torsk å kunne akseptere temperaturer over sin LT_{50} (20-20,5°C) uten at dødeligheten på et senere tidspunkt (dvs. innen eksperimentperioden) var merkbart påvirket av det. Ved 20-20,5°C (LT_{50}) syntes kritisk eksponeringstid å være 2-4 timer.

REFERANSER

- BØHLE, B. 1974. Dødelighet av dypvannsreke (Pandalus borealis Krøyer) og torsk (Gadus morhua L.) i oppvarmet sjøvann. Fisken og Havet Ser.B, 1974 (21) : 1-27.
- FRY, F.E.J. 1947. Effects of the environment on animal activity. Univ.Toronto Stud.biol.Ser. 1947 (55): 1-62.
- FRY, F.E.J., J.S. HART and K.F. WALKER 1946. Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout, Salvelinus fontinalis. Univ.Toronto Stud.biol.Ser. 1946 (54): 1-35.
- SAUNDERS, R.L. 1963. Respiration of the Atlantic Cod. J.Fish.Res. Bd Can. 20 : 373-386.

FISKEN OG HAVET, SERIE B

Oversikt over artikler som finnes i tidligere nr.

- 1976 Nr. 1 Svein Sundby :Oseanografiske forhold i området Malangsrunden-Fugløybanken-Tromsøflaket.En oversik.
- 1976 Nr. 2 Annon. :Fiskeressurser og oseanografiske forhold utenfor kysten mellom Stad og Stord.
- 1976 Nr. 3 O.Grahl-Nielsen,T.Neppelberg,K.H.Palmork, K.Westrheim og S.Wilhelmsen :Om kontrollerte utslipp av oljehydrokarboner fra produksjonsplattformen på Ekofisk.
- 1976 Nr. 4 Didrik S. Danielssen og Svein Arnholt Iversen : Innvirkning av små overtemperaturer på dødelighet og vekst hos I-gruppe rødspette (Pleuronectes platessa L.).
- 1976 Nr. 5 Didrik S. Danielssen og Svein Arnholt Iversen : Temperaturenns innvirkning på hummerens (Homarus gammarus L.) dødelighet og vekst i første leveår.
- 1976 Nr. 6 Einar Dahl,Else Ellingsen og Stein Tveite :Fiskeribiologiske undersøkelser i Langesundsområdet, august 1974 - oktober 1975.