

Fisken og Havet

RAPPORTER OG MELDINGER FRA FISKERIDIREKTORATETS
HAVFORSKNINGSINSTITUTT BERGEN



SERIE B

1974 Nr. 21

DØDELIGHET AV DYPVANNSSREKE (Pandalus borealis Krøyer)
OG TORSK (Gadus morhua L.) I OPPVARMET SJØVANN

av

Bjørn Bøhle

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
Statens Biologiske Stasjon Flødevigen

Redaktør

Erling Bratberg

SERIE B

1974 Nr. 21

Arbeidet er utført som delprosjekt i oppdrag fra Norges
Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Statskraftverkene.
Prosjektleder Grim Berge, Fiskeridirektoratets Havforsk-
ningsinstitutt.

Bergen/Arendal november 1974.

INNLEDNING

Torsk (Gadus morhua) og dypvannsreke (Pandalus borealis) er poikiloterme 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 bl.a. avhengig av dyrenes størrelse.

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

Når omgivelsestemperaturen forårsaker fiskens død, sies den å ha en dødelig (letal) effekt (FRY, 1967). Temperaturer som ikke er letale betegnes som kontrollerende, dvs. på fiskens stoffomsetning og som igjen kan gi utslag i fiskens adferd. Fiskens omgivelsestemperatur har ifølge FRY også effekt på den spontane adferd, f.eks. ved at fisken tar opphold ved bestemte temperaturer i en gradient. Dette betegnes som en direktiv (styrende) effekt.

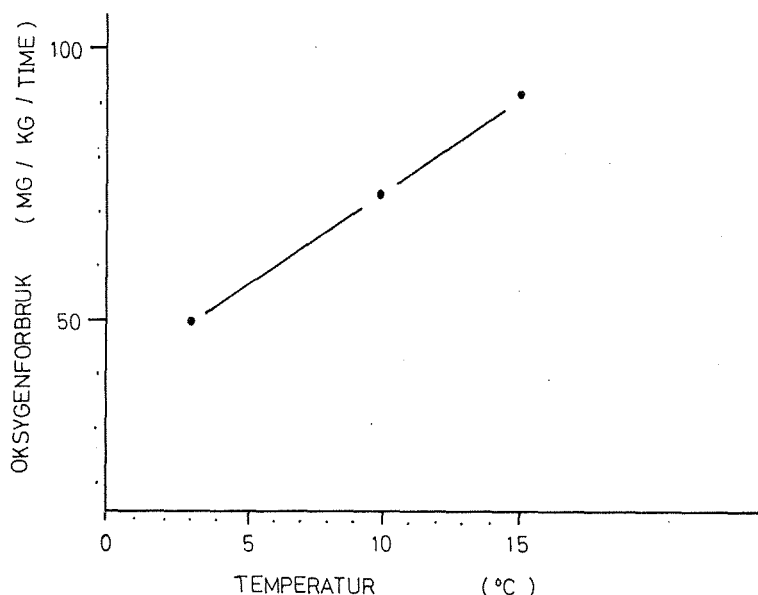
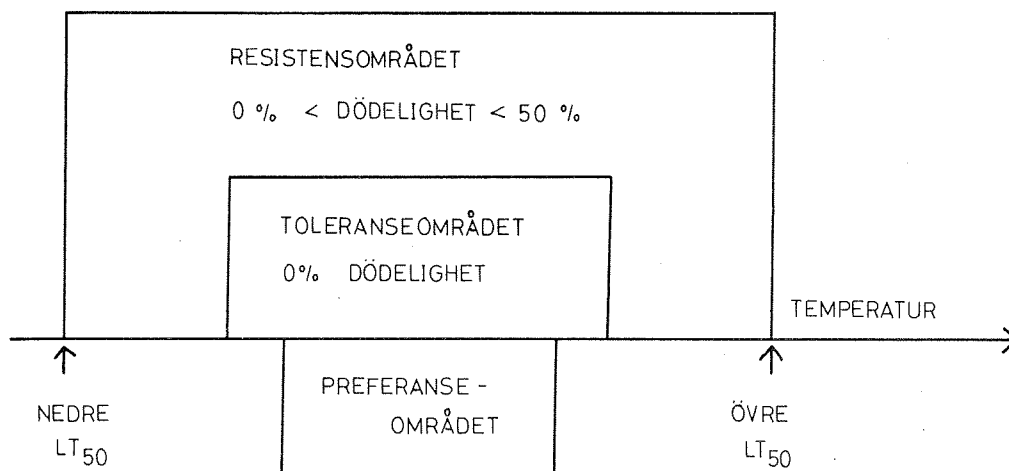


Fig. 1. Torskens oksygenforbruk ved forskjellig temperatur (Tegnet etter data fra SAUNDERS, 1963).

Definisjoner

Resistenstid er den tid som går fra dyret utsettes for en viss temperatur og til det dør.

Letaltemperatur (LT_{50}) er den temperatur hvor 50% av dyrene dør etter uendelig ("indefinite") tid (FRY, 1947). 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.



Undersøkelse av temperatur-dødelighet på fisk er blitt foretatt i USA av DOUDOROFF (1942, 1945) og i Canada på ulike laksefisk av FRY et al. (1945), BRETT (1952) og BLACK (1953). For torsk og dypvannsreke synes det ikke å være utført dødelighets-eksperimenter.

MATERIALE

Dypvannsreke

Dypvannsreke ble innsamlet med reketråler 4. og 5. april 1974 i "Leia" og "Gråholmen" på 80-120 m dyp ved Torungen Fyr. Da fangstene var tatt ombord, ble de levende rekene satt i sjøvann pumpet opp fra 75 m dyp og 10-15 minutter senere var rekene anbragt i rennende 75 m -vann i laboratoriet. I de 3 første døgn ble de inivider fjernet som syntes å være skadet eller lite levedyktige og utgjorde 20-30%. Det ble ikke målt temperatur eller saltholdighet på rekefeltet, men stasjonens sjøvannsinntak befinner seg ca. 1 km mot øst. Der var temperaturen 5.8°C og saltholdigheten ca. 34.8 o/oo.

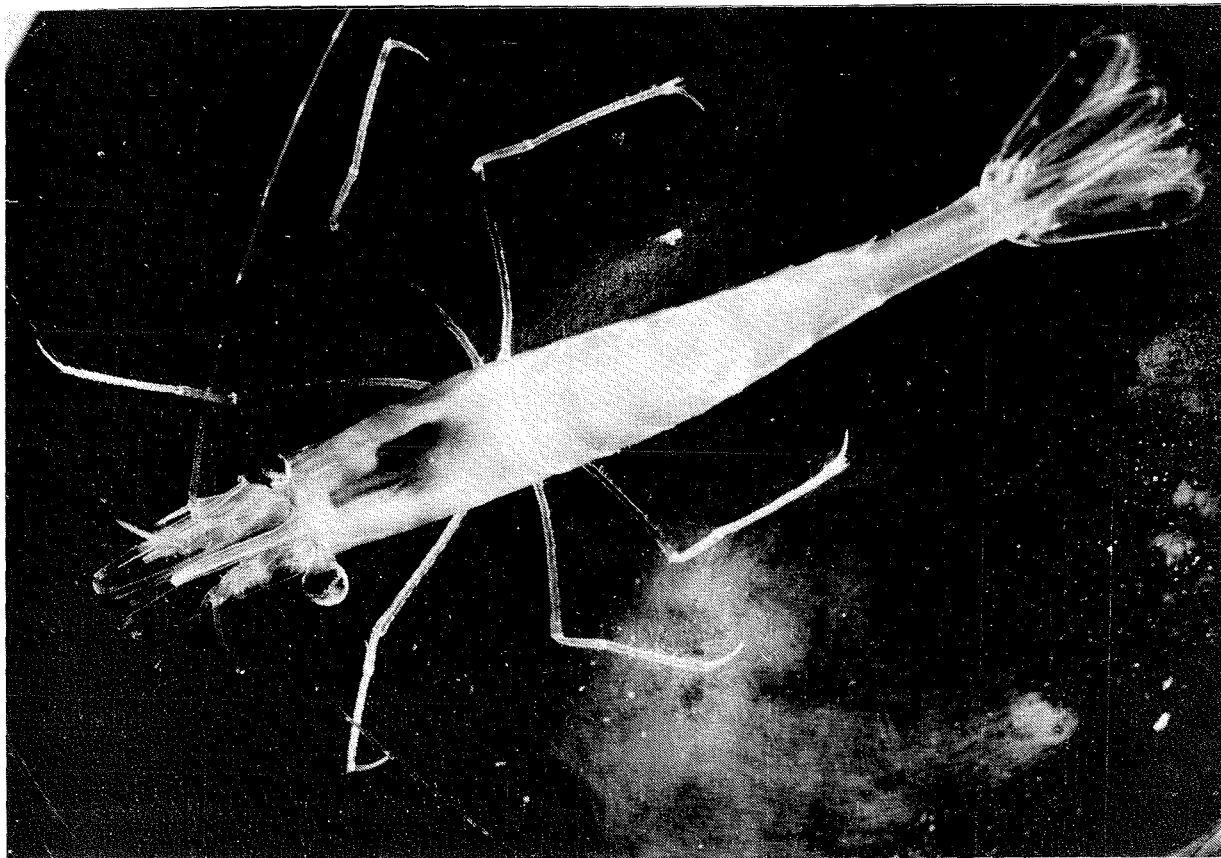


Fig. 2 Dypvannsreke (Pandalus borealis).

Torsk

Materialet av torsk består av 3 deler:

1. Torsk fra Flødevigen

Denne del utgjøres av småtorsk fanget med yngelnot i Flødevigen i oktober-november 1973 og holdt i akvarium (vann fra 19 m dyp) inntil eksperimentet startet 30. mars 1974.

I løpet av vinteren ble fisken angrepet i huden av en parasittisk ciliat (encellet dyr) som nedsatte fiskens kondisjon og forårsaket betydelig dødelighet. Ved å "bade" fisken i 4% formalinoppløsning i 30 minutter fikk en helbredet fisken i god tid til eksperimentet startet. Fiskens kondisjon var fremdeles noe nedsatt. Det var 53 fisk igjen av brukbar størrelse og i noenlunde god kondisjon, hvilket var tilstrekkelig til ett eksperiment. Fiskenes gjennomsnittslengde var 21 cm (16-27 cm) og alderen ca. ett år.

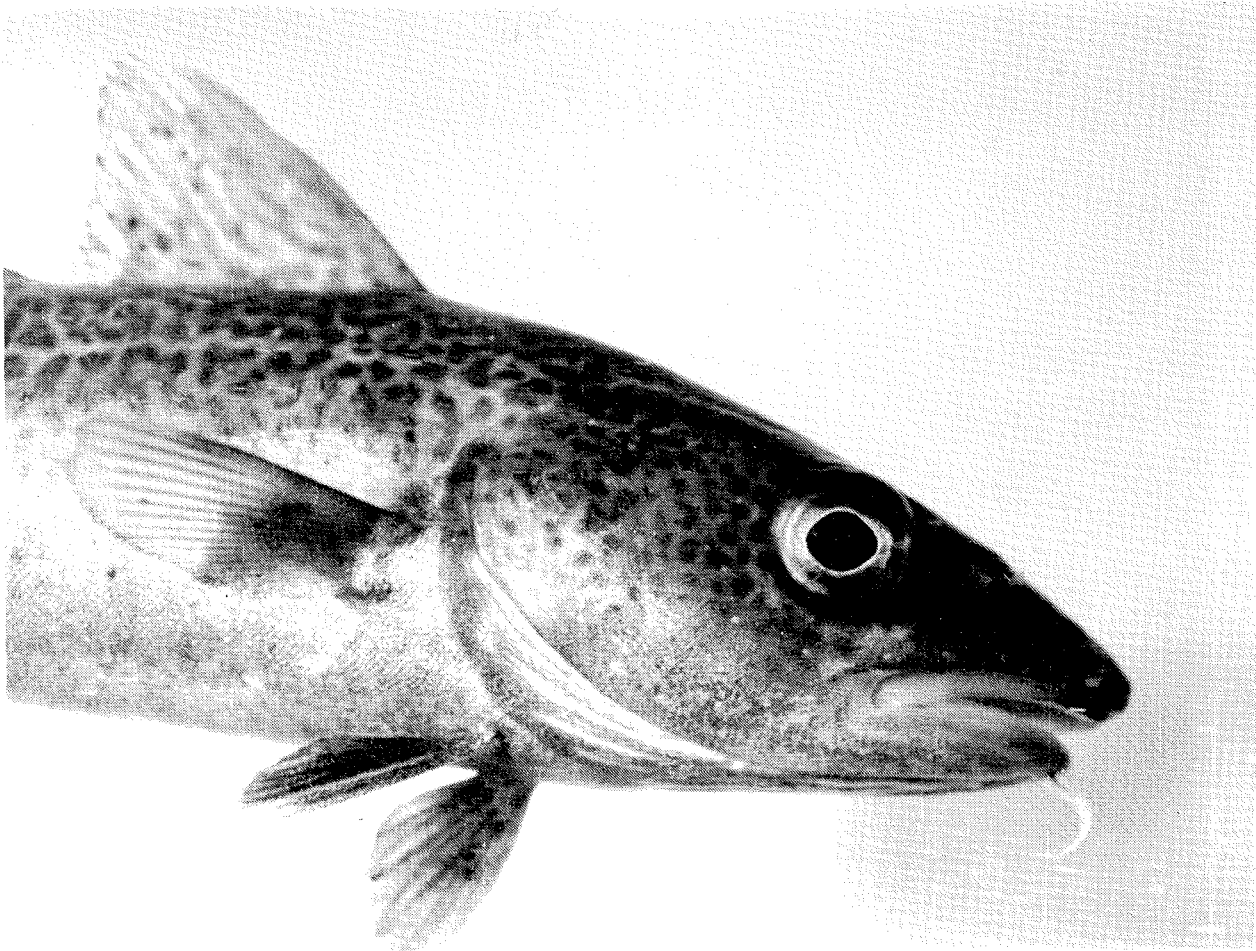


Fig. 3. Torsk (Gadus morhua).

2. Torsk fra Risør

Torsk ble innkjøpt hos Risør Fiskeforening 4. april 1974. Materialet bestod av pilk- og garnfanget fisk som gikk i samle-kasse i sjøen. På forhånd var de største individene og fisk med redskapskade fjernet. Ved opptak ble de minste sortert ut og tatt ombord i F/F "G.M. Dannevig" i fraktekasse med rennende sjøvann. Transporten til Flødevigen varte ca. 4 timer og ingen fisk døde. Fisken var noe mager. Tilsammen var det ca. 90 fisk. Gjennomsnittstørrelsen var 32 cm (27-37 cm) og alderen for de fleste fiskene var ca. 2 år.

3. Torsk fra Grimstad

Materialet bestod av torsk fisket i åleruser ved Rønnes, Grimstad. Fisken ble der oppbevart i en finmasket samlepose. Den 6. mai 1974 ble 379 stk. fraktet til Flødevigen i åpne kar og det ble påfylt friskt sjøvann underveis. De øvrige var i god kondisjon og gjennomsnittlig 22 cm. Den 15. mai ble ytterligere 394 torsk hentet. Under transporten døde 103 stk. som skyldtes at det var for mange fisk i karene. Bortsett fra snutesår som etterhvert ble leget, var fisken i god kondisjon. Fisken var i gjennomsnitt 24 cm (19-35 cm).

METODE

I laboratoriet gjennomgikk eksperimentdyrene først en tilvenningsperiode da skadede, svake og evt. døde individer ble fjernet (Tabell 1). Perioden tjente også til å venne dyrene til lysforholdene, støy og andre forstyrrelse, den relativt høye individtetthet, fóret og dessuten til å roe fisken etter fiske- og transportpåvirkningen.

Bl.a. FRY et al. (1946) har vist at dødeligheten i oppvarmet sjøvann er sterkt avhengig av den temperatur fisken på forhånd er tilvendt. Ved det foreliggende eksperiment fant en det således viktig å kontrollere dyrenes termiske forhistorie. Dyrene ble holdt ved kontrollert temperatur minst 2 uker før eksperimentet startet. Tabell 1 viser fremdriften av eksperimentene.

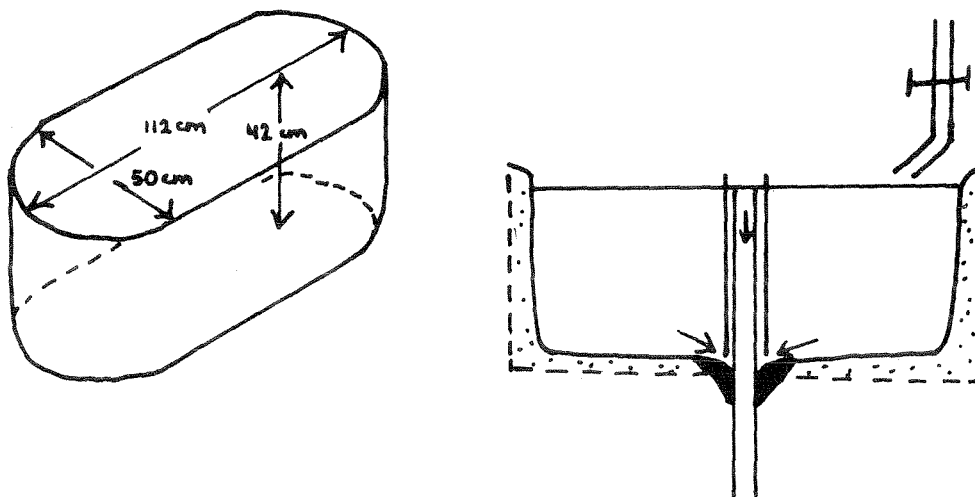


Fig. 4. Eksperimentakvarium av glassfiberarmert polyester, detalj fra avløpsordning. Den stiplede linje antyd det ytre kar.

Da temperaturen i inntaksvannet økte sakte gjennom eksperimentperioden og tilvenningen ble startet på den lavest mulig temperatur, kunne denne ikke kontrolleres absolutt. I løpet av 2 uker før hvert eksperiment sted imidlertid temperaturen maksimalt ca. 0.5°C .

Etter ytterligere 2 uker ble temperaturen for endel av rekene hevet gradvis til 9°C og denne temperaturen ble deretter holdt konstant inntil eksperimentet startet. Endel av torsken ble tilvendt 16.1°C . I løpet av tilvenningsperioden (ca. 4 uker) var det ca. 30% dødelighet.

Eksperimentakvariene (Fig. 4 og 5) er laget av glassfiberarmert polyester (grønn) og er $112 \times 50 \times 42$ cm med volum ca. 200 l. Avløpet er sentralt i bunnen som gir en tilnærmet selvrensende effekt. Innenfor det ytre kar er glassvatt for isolasjon.

Tabell 1 Fremdrift av eksperimenter med dødelighet av dypvannsreke og torsk.

Eksp. nr.	Tilvennings- tidsrom	Eksp. nr. tidsrom	Art	Opprinnelse materiale	Gj.sn lengde cm	Gj.sn. vekt g	Tilvennings temperatur (°C)	Eksp. nr. temperatur (°C)	K = Kontroll
3 a	5.4-2.5.74	2.-8.5.74	Dypvannsreke	Torungen	10.6	-	6.8	10.0, 11.0, 13.0, 15.0	
3 b	5.4-8.5.74	9.-19.5.74	Dypvannsreke	Torungen	10.6	6.1	6.8	6.8(k), 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 15.5, 16.5	
3 c	5.4-20.5.74	20.-30.5.74	Dypvannsreke	Torungen	10.6	-	6.8	6.8(k), 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.5	
4 a	15-31.5.74	31.5-10.6.74	Dypvannsreke	Torungen	10.6	7.9	9.0	9.0(k), 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5	
4 b	15.5-11.6.74	11-21.6.74	Dypvannsreke	Torungen	10.6	6.4	9.0	9.0(k), 12.5, 13.5, 14.5, 15.5, 16.5	
1	desember 73- 30.3.74	30.3-5.4.74	Torsk	Flødevigen	21	91	4.7	6.0(k), 9.0, 12.0, 15.0, 18.0, 22.0	
2	4-17.4.74	17.4-8.5.74	Torsk	Risør	33	296	6.5	6.5(k), 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 18.5, 19.5, 21.0	
5 a	6.5-22.6.74	22.6-2.7.74	Torsk	Grimstad	24	118	9.0	9.0(k), 17.0, 18.0, 19.0, 20.0, 20.5, 21.0	
5 b	6.5-3.7.74	3-13.7.74	Torsk	Grimstad	25	136	9.0	9.0(k), 18.5, 19.0, 19.5, 20.0, 20.5	
5 c	6.5-15.7.74	15.7.74	Torsk	Grimstad	23	98	9.0	9.4(k), 18.5, 20.5, 21.0, 21.5, 22.0	
6 a	19.6-16.7.74	16.7-26.7.74	Torsk	Grimstad	25	123	16.1	16.1(k), 18.0, 19.0, 20.0, 21.0, 22.0	
6 b	19.6-28.7.74	29.7-12.8.74	Torsk	Grimstad	27	157	16.1	16.1(k), 18.0, 20.5, 21.5	

1
1

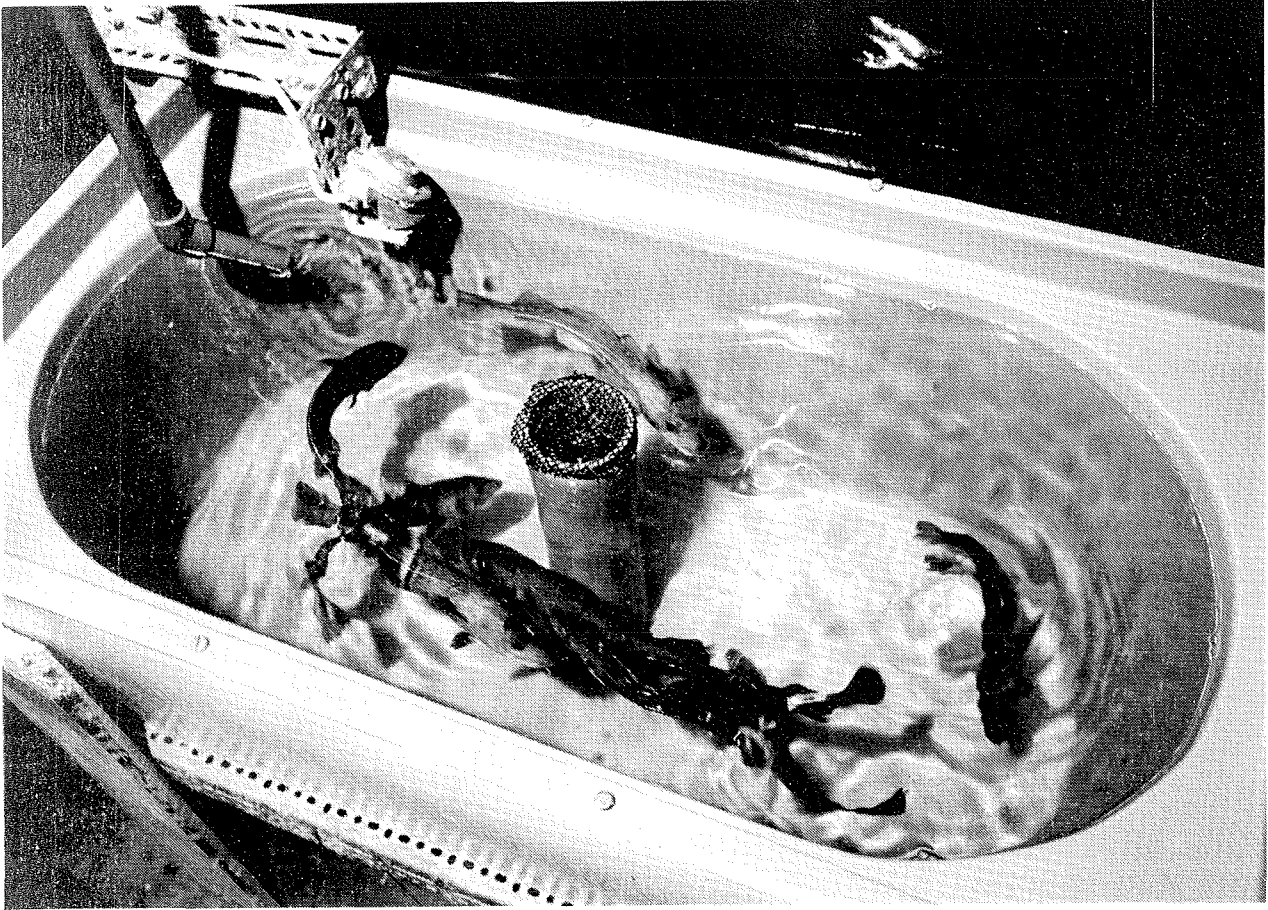


Fig. 5 Eksperimentakvarium med 10 stk. torsk.

Det ble benyttet 6 eksperimentakvarier med kontinuerlig tilførsel av temperaturregulert sjøvann, 5-7 l/min. Temperaturen ble kontrollert elektronisk med Stäfa-system (Fig. 6) og avviket var vanligvis ikke mer enn 0.2°C . En hadde vanligvis 10 torsk eller 14 dypvannsreker i hvert akvarium med sjøvann av ulik temperatur. Ett akvarium fungerte som kontroll med sjøvann av tilvenningstemperatur.

Dyrene ble brått overført fra tilvenningsakvariene og fordelt tilfeldig på eksperimentakvariene. En kontrollerte at de reker som ble tatt til eksperimentene var tilsynelatende friske og hadde alle føtter og antenner i behold. Antall levende dyr ble tallet etter 15 og 30 min, 1, 2, 4, 8, 14 og 24 timer og deretter én gang pr. døgn. De døde dyrene ble lengdemålt og veiet. Under tilvenningen og eksperimentet ble dyrene fóret med en blanding av blåskjell og rå reke 2 ganger pr. uke. Eksperimentene ble vanligvis avsluttet etter 10 døgn da en regnet at den akutte dødeligheten som skyldtes temperaturforandringen da var tilendebragt.

Temperaturens effekt på rekene viste seg ved at de ble slappe og ikke helt klarte å "holde seg på bena". Bakkroppsmuskulaturen ble etterhvert opak og denne fargeforandringen spredte seg fremover dyret. Rekene lå gjerne på siden i opptil ett døgn før de var livløse og ble betegnet som døde når det ikke var tegn til bevegelse i kropp eller føtter ved fysisk irritasjon.

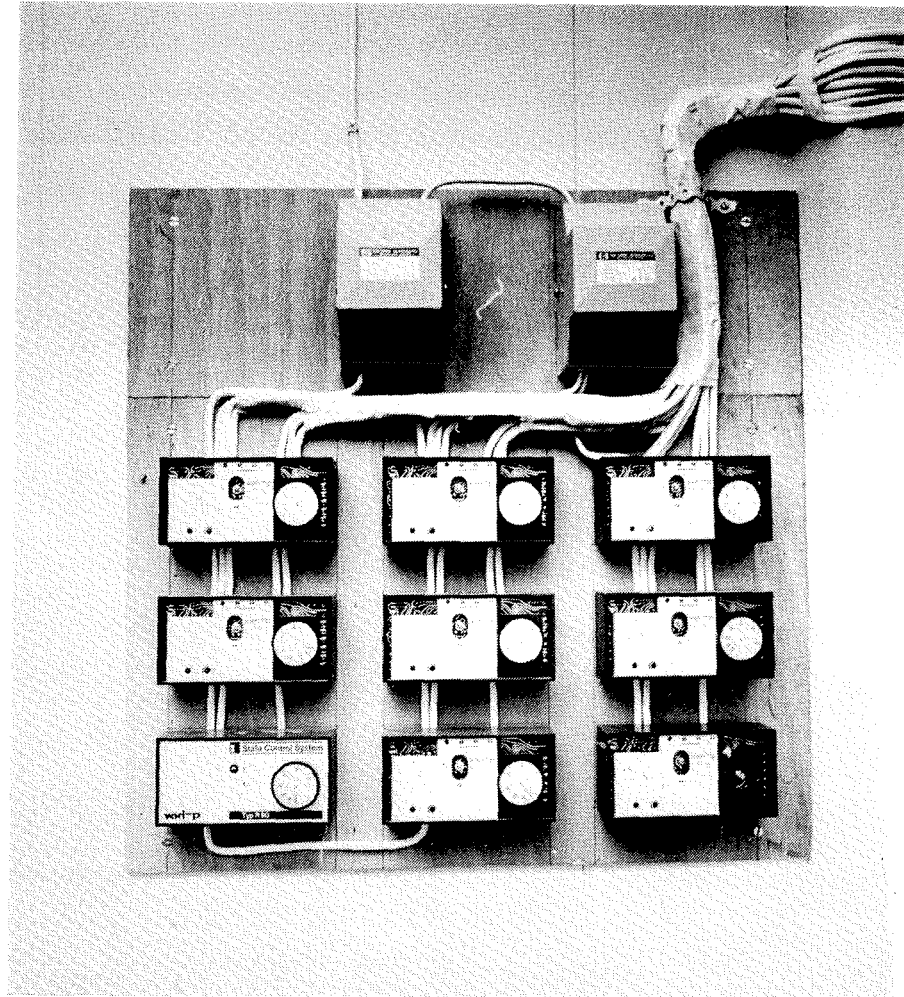


Fig. 6 Kontrollpanel for elektronisk regulering av temperatur i tilvennings og eksperimentakvarier.

Torsk som var blitt eksponert i forholdsvis lang tid i varmt sjøvann hadde en tendens til å bli temmelig bleke i huden. Det gjaldt spesielt fisk som var blitt tilvendt lav temperatur. Død fisk hadde gapende munn med utspilte gjellelokk eller med munnen og gjellelokkene lukket. Torsken ble betegnet som død når det ikke var bevegelse ved fysisk irritasjon.

RESULTATER

a) Dypvannsreke

Fra rekene ble plassert i tilvenningsakvariene til det første eksperimentet startet, døde 17%, dvs. ca. 6%/10 døgn. I eksperimentperioden var dødeligheten i tilvenningsakvariene 2.4 - 4.7%/10 døgn. Av de ca. 70 reker som ialt ble holdt ved kontrolltemperaturen døde bare én.

De rekene som ble tilvendt høyere temperatur i tilvenningsakvariene (9.0°C) hadde før eksperimentet startet 1.3% dødelighet/10 døgn. Dette forholdsvis lave nivå holdt seg gjennom eksperimentperioden for disse dyrene. Her ble det heller ikke registrert dødelighet ved kontrolltemperaturen.

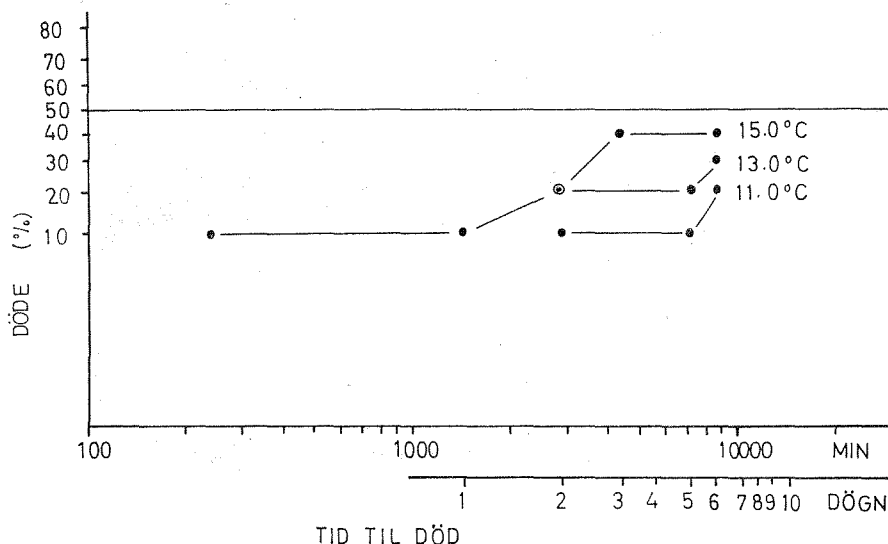


Fig. 7 Tid til død ved ulike temperaturer hos dypvannsreke tilvendt 6.8°C, fremstilt på sannsynlighetsskala x logaritme - skala (J.nr.3a).

Resultatene er vist på Fig. 7-12 og Tabell 2. Det første dødelighetseksperimentet med reke tilvendt 6.8°C (Fig. 6, J.nr. 3a) viste at man ikke fikk 50% dødelighet i temperaturer opp til 15°C. Eksperimentet ble regnet som orienterende og ble avsluttet etter 6 døgn. Ved det neste eksperimentet (Fig. 8, J.nr. 3b) ble det valgt høyere temperaturer og det ble registrert mer enn 50% dødelighet. Ved 18.0 og 17.0°C var rekene døde etter henholdsvis

$\frac{1}{2}$ og 4 døgn. Ved 16.0 og 16.5°C syntes det som om dødeligheten hadde stoppet ved eksperimentets avslutning.

Siden de temperaturer som ga betydelig dødelighet er langt over det som er vanlig der dypvannsrekene lever, ble det i neste eksperiment (Fig. 9, J.nr. 3c) valgt lavere temperaturer, 12.0 - 14.5°C. Det ble ikke oppnådd 50% dødelighet ved disse temperaturer, det høyeste var 28% (ved 13.5 og 14.5°C). Ellers var dødeligheten 7%; dvs. at bare én av 14 reker døde.

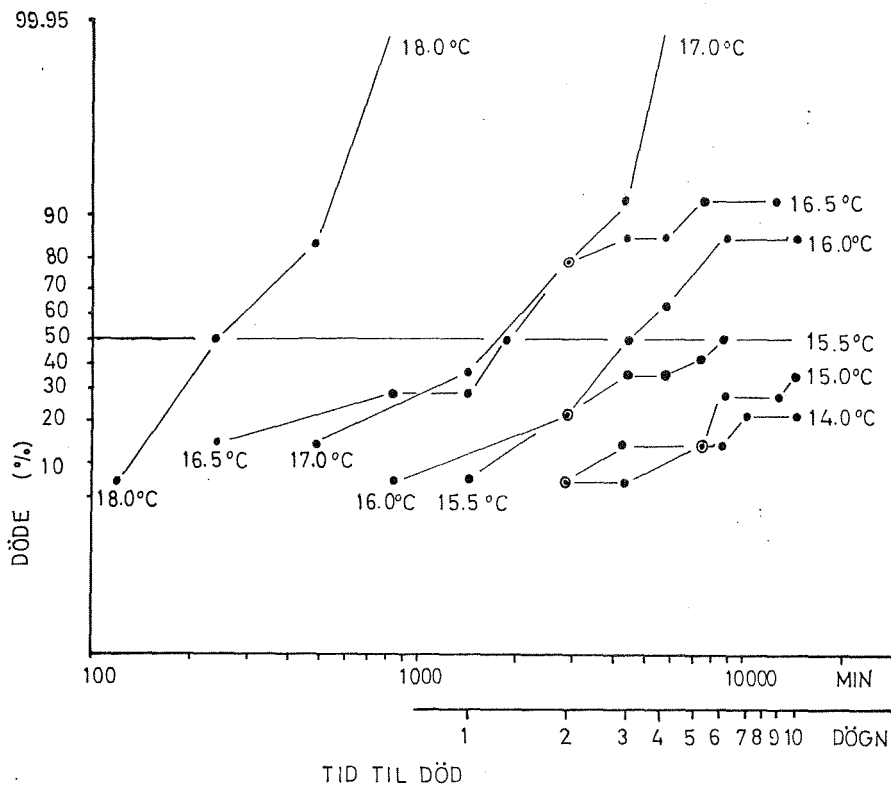


Fig. 8 Tid til død ved ulike temperaturer hos dypvannsreke tilvendt 6.8°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.3b).

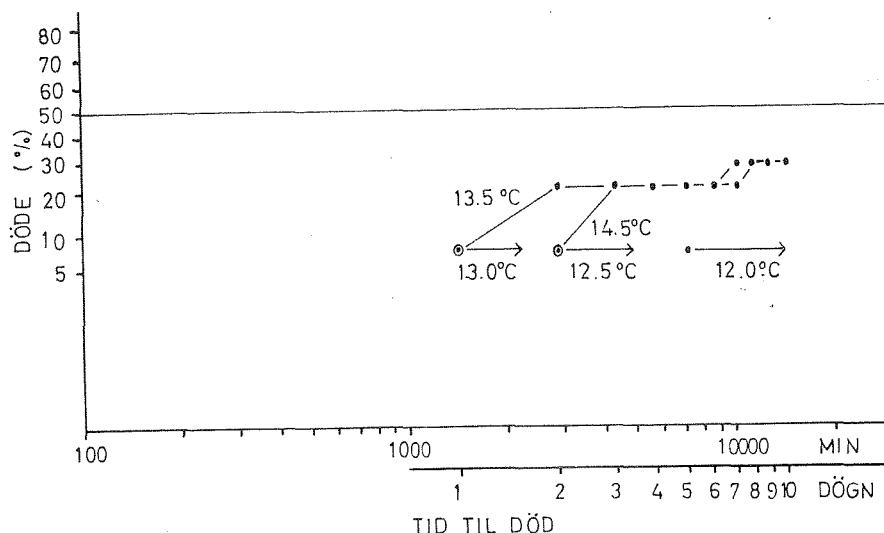


Fig. 9 Tid til død ved ulike temperaturer hos dypvannsreke tilvendt 6.8°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.3c).

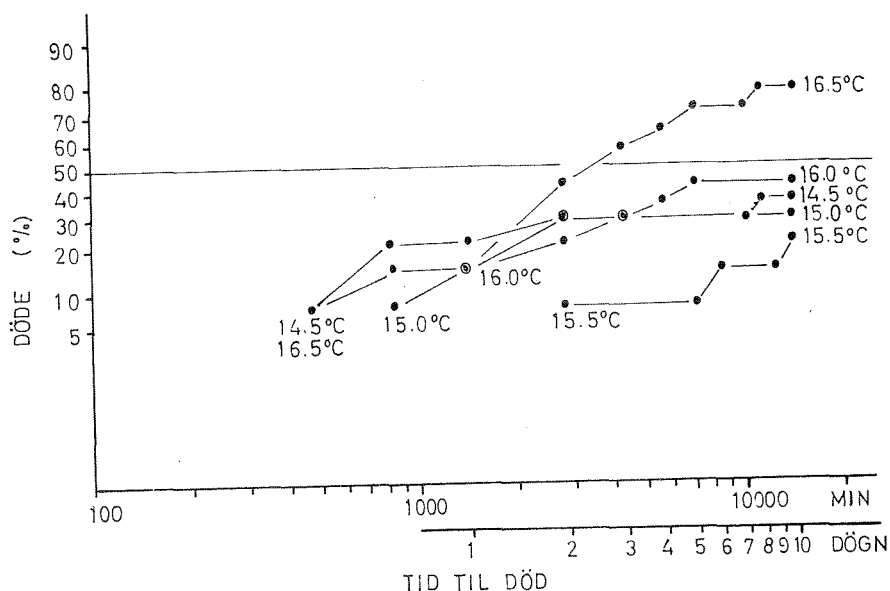


Fig. 10 Tid til død ved ulike temperaturer hos dypvannsreke tilvendt 9.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr. 4a).

Det neste eksperiment ble utført med dypvannsreker som var tilvendt 9.0°C. Fig. 10 (J.nr. 4a) viser at mer enn 50% dødelighet ble registrert kun ved 16.5°C. Ved 14.5 - 16.0°C var dødeligheten etter 10 døgn 20-40%. Rekene i 15.5°C syntes ikke å ha nådd 50% dødelighetsnivået ved forsøkets avslutning.

Det siste eksperimentet med dypvannsreke (Fig. 11, J.nr. 4b) ble gjennomført med 16.5°C foruten noen lavere temperaturer som viste noe lavere dødelighet enn for det foregående eksperimentet. Ved 12.5°C døde ingen reker.

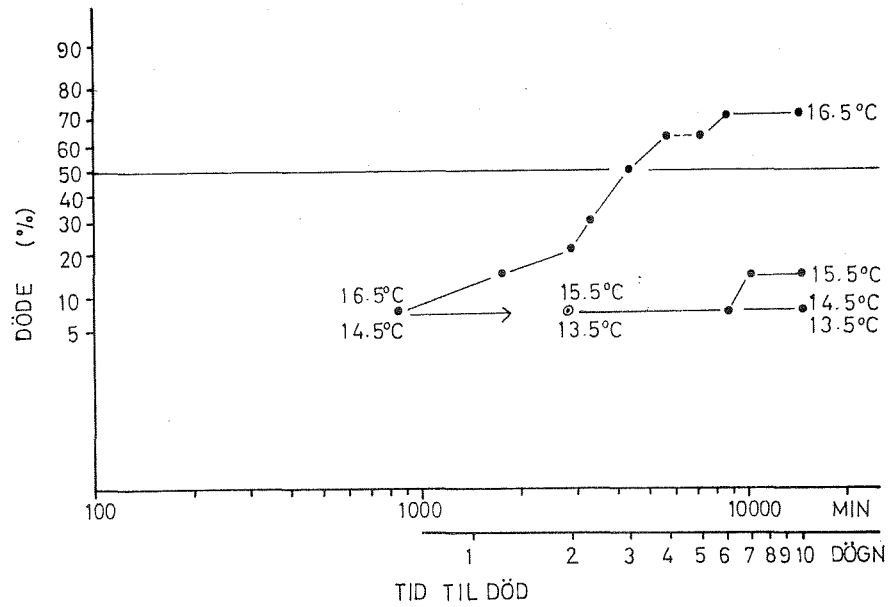


Fig. 11 Tid til død ved ulike temperaturer hos dypvannsreke tilvendt 9.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.4b).

Tabell 2 Tid til 50% dødelighet (min)/dødelighet (%) ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks temperaturer for dypvannsreke.

Forsøks- temperatur °C	tilvendt 6.8°C		tilvendt 9.0°C	
	18.0	240	100	
17.5				
17.0	1750	100		
16.5	1900	92	3500	78
			4320	71
16.0	4320	85		42
15.5	8640	50	14,	21
15.0		35		28
14.5		28	7,	35
14.0		21		
13.5		28		7
13.0		7		
12.5		7		0
12.0		7		
11.0		20		
10.0		0		

Tabell 2 og Fig. 12 gir et sammendrag av resultatene. 50% dødelighet for reker tilvendt 6.8°C ble funnet ved 15.5°C og høyere. I området $13.5 - 15.0^{\circ}\text{C}$ var dødeligheten etter 10 døgn 20-35%. Fra 11.0 til 13.0°C var dødeligheten 7-20%. For reker tilvendt 9.0°C var dødeligheten markert lavere. Ved 12.5°C døde ingen reker etter 10 døgn.

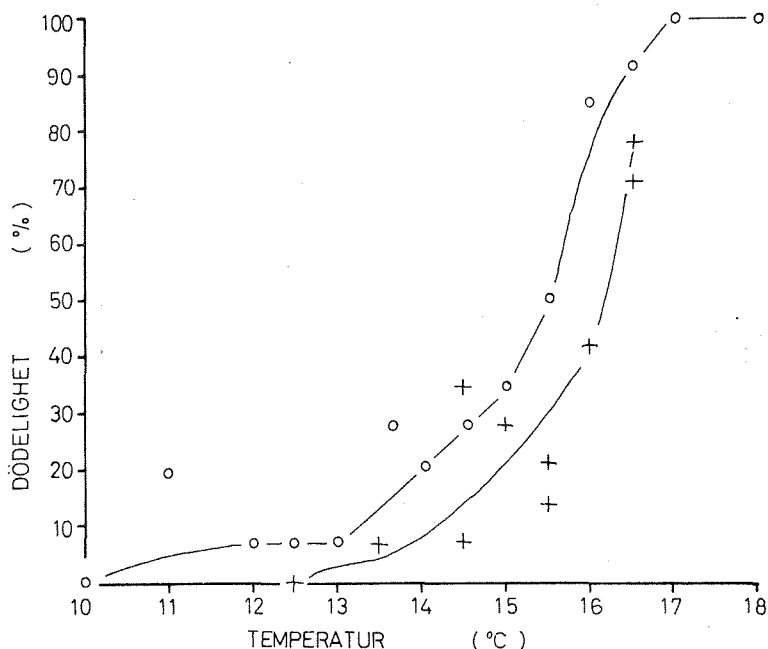


Fig. 12. Dødelighet ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks-temperaturer for dypvannsreke, o - tilvendt 6.8°C , + - tilvendt 9.0°C .

Fig. 13 viser at jo høyere temperatur rekene utsettes for, jo kortere er rekenes gjennomsnittlige overlevingstid. F.eks. ved 15.5°C vil halvparten av rekene dø etter 6 døgn, ved én grad høyere vil det gå bare ett døgn. Dette gjaldt reker som var tilvendt 6.8°C , mens reker tilvendt 9.0°C hadde gjennomsnittlig overlevingstid på 3 døgn.

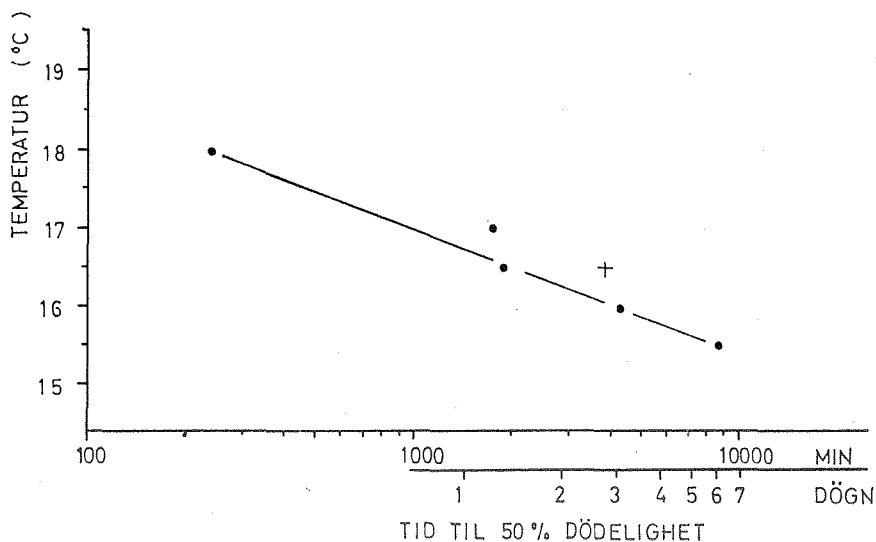


Fig. 13. Tid til 50 %-dødelighet hos dypvannsreke ved ulike temperaturer tilvendt: • 6.8°C , + 9.0°C .

b) Torsk

Resultatene er vist i figurene 14-21 og Tabell 3. Til det første eksperimentet (J.nr. 1) ble brukt fisk fanget i Flødevigen og tilvendt 4.7°C. Resultatet antydnet at LT₅₀ er mellom 15.0 og 18.0°C (Fig. 14). Det neste eksperiment (J.nr. 2) ble utført med fisk fra Risør. I 14.0, 15.0 og 16.0°C døde ingen fisk, i 17.0 og 18.0°C døde 10% (Fig. 15). Resultatene med fisk i høyere temperaturer antyder at LT₅₀ er ved 18.5 - 19.5°C. De to første eksperimenter viste at dødeligheten til torsk fra Risør var lavere enn for torsk fra Flødevigen noe som kan skyldes fiskens noe bedre kondisjon.

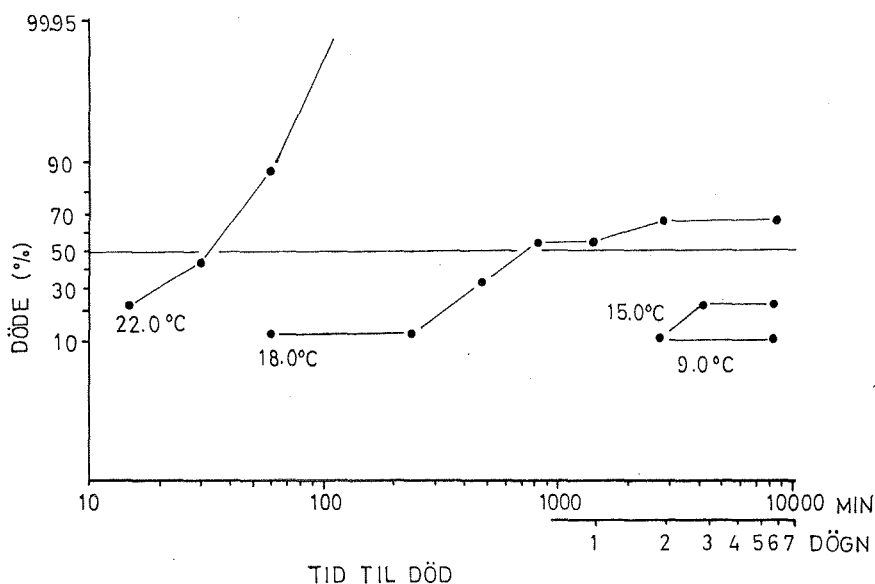


Fig. 14 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Flødevigen) tilvendt 6.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.1).

De fleste av eksperimentene med torsk ble utført med materiale fra Grimstad fordi det derfra lot seg skaffe tilstrekkelig mange fisk i god kondisjon og med en passelig størrelse. Det ble gjennomført 3 eksperimenter med denne fisken som var tilvendt 9.0°C. Det første av disse (Fig. 16, J.nr. 5a) ga som resultat at ingen fisk døde hverken i 17.0 eller 18.0°C. I 19.0°C døde én fisk mens mer enn 50% dødelighet ble notert i forsøkene ved 20.0, 20.5 og 21.0°C.

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

Materiale	Flødevigen	Risør	Grimstad	
	tilvendt	tilvendt	tilvendt	tilvendt
Forsøks-temperatur °C	4.7°C	6.5°C	9.0°C	16.1°C
22.0	33/100			1150/100
21.5				840/ 70
21.0		67/100	170/100	13500/ 70
20.5			240/ 90	13000/ 50
20.0			840/ 70	
			350/ 80	
			1440/ 80	10
19.5		1800/ 90	20	
19.0			10	10
18.5		28	0	
18.0	7600/ 67	10	0	0
17.5				
17.0		10	0	
16.5				
16.0		0		
15.5				
15.0	21	0		
14.5				
14.0		0		
13.5				
13.0				
12.5				
12.0	0			
11.0				
10.0				
9.0	10			

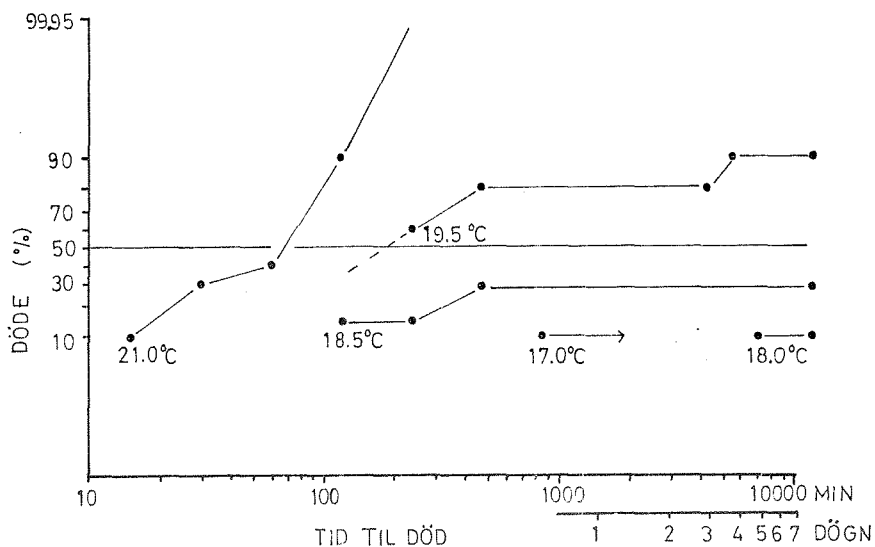


Fig. 15 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Risør) tilvendt 6.5°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.2).

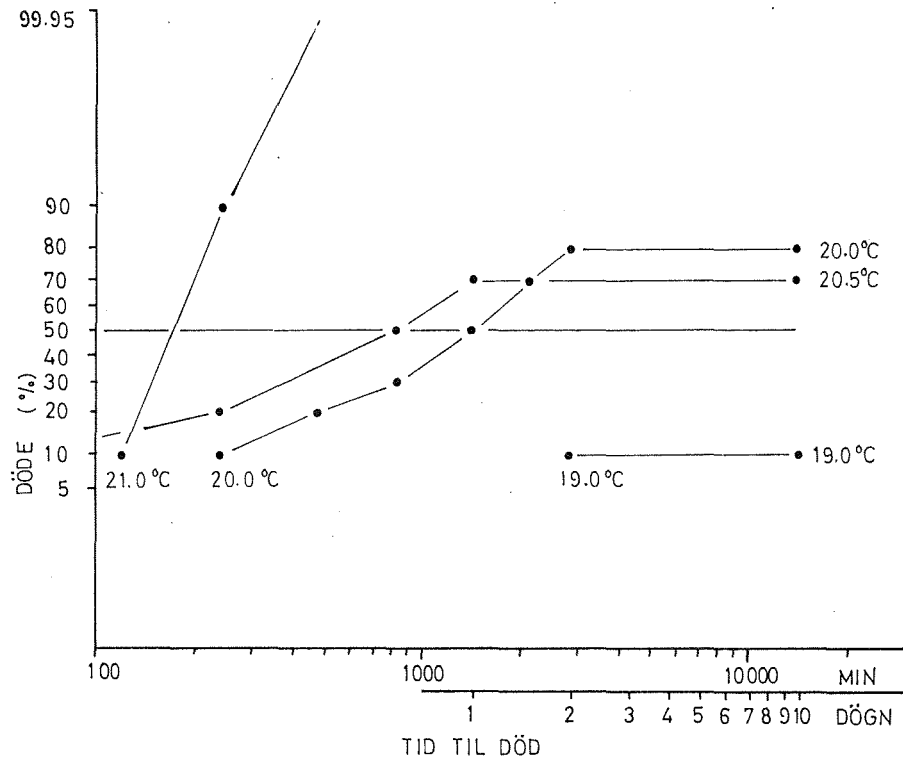


Fig. 16 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Grimstad) tilvendt 9.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.5a).

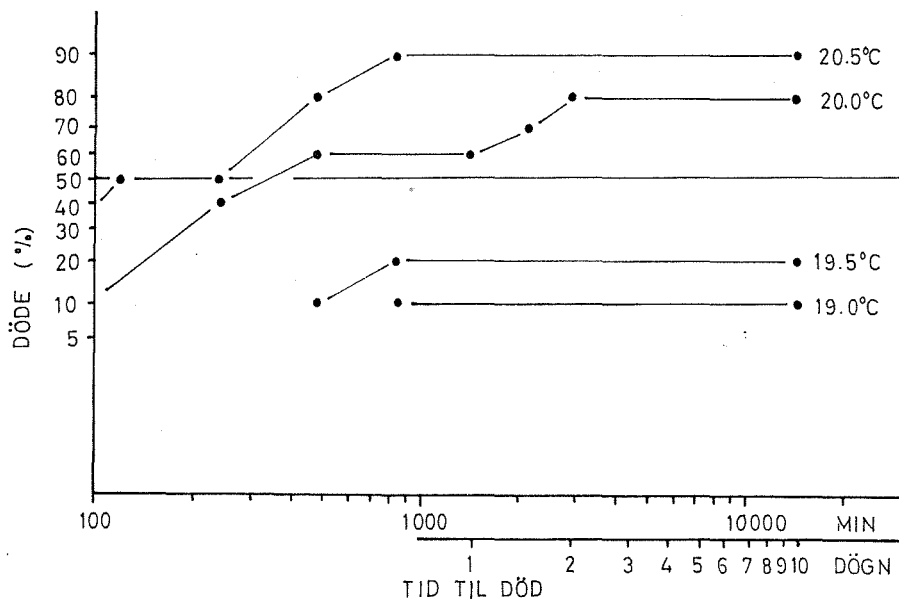


Fig. 17 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Grimstad) tilvendt 9.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.5b).

I det neste eksperiment (Fig. 17, J.nr. 5b) ble noen av forsøks-temperaturene gjentatt og med 18.5 og 19.5°C som nye. Disse ga 0 og 20% dødelighet i henholdsvis 18.5 og 19.5 °C. Ved 20.0 og 20.5 °C var dødeligheten etter 10 døgn henholdsvis 80 og 90 %.

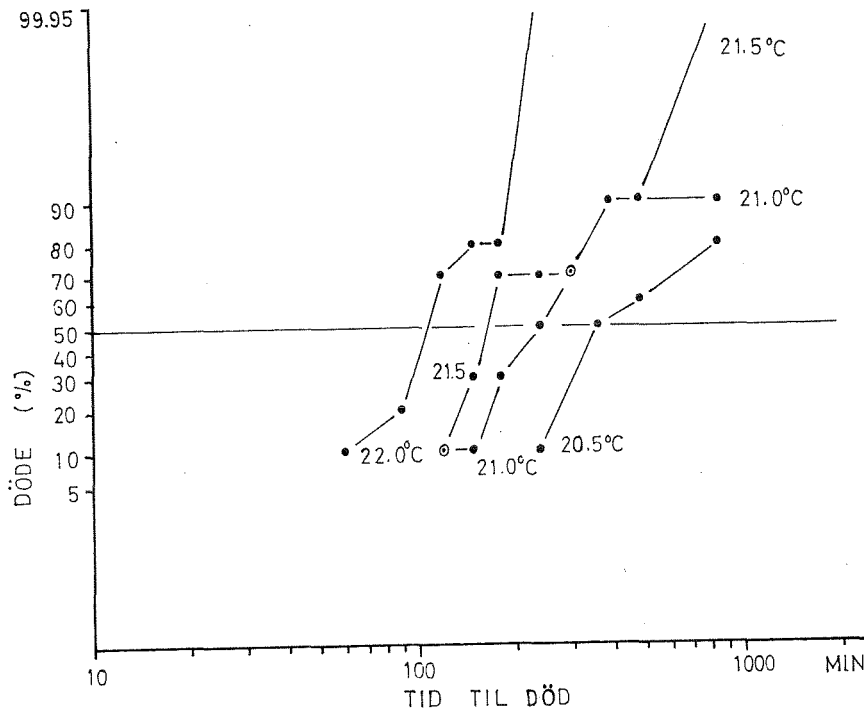


Fig. 18 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Grimstad tilvendt 9.0°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.5c).

Det siste eksperiment med torsk tilvendt 9.0°C ble gjennomført ved forholdsvis høye temperaturer (Fig. 18, J.nr. 5c). Forsøket ble avsluttet etter ca. ½ døgn. Dødeligheten ved eksperimentets avslutning for 20.5 og 21.0°C regnes ikke som endelig. Resultatene viser på at LT_{50} for denne kategori er 19.5 - 20.0°C og at 20.5 - 21.0°C er grensen for 100% dødelighet.

De to siste eksperimentene (Fig. 19 og 20, J. nr. 6a og 6b) ble utført med torsk som var tilvendt 16.1°C. Ingen fisk døde i 18.5°C, ved 19.0 og 20.0°C døde 10%. Ved 20.5 og 21.0°C døde henholdsvis 50 og 70% av fisken i løpet av eksperimentperioden. Den gjenværende fisk i 20.5°C var etter 14 døgn i god kondisjon. Resultatene synes å vise at for torsk tilvendt 16.1°C er LT_{50} ca. 20.5°C. Tabell 3 gir et sammendrag av resultatene for torsk.

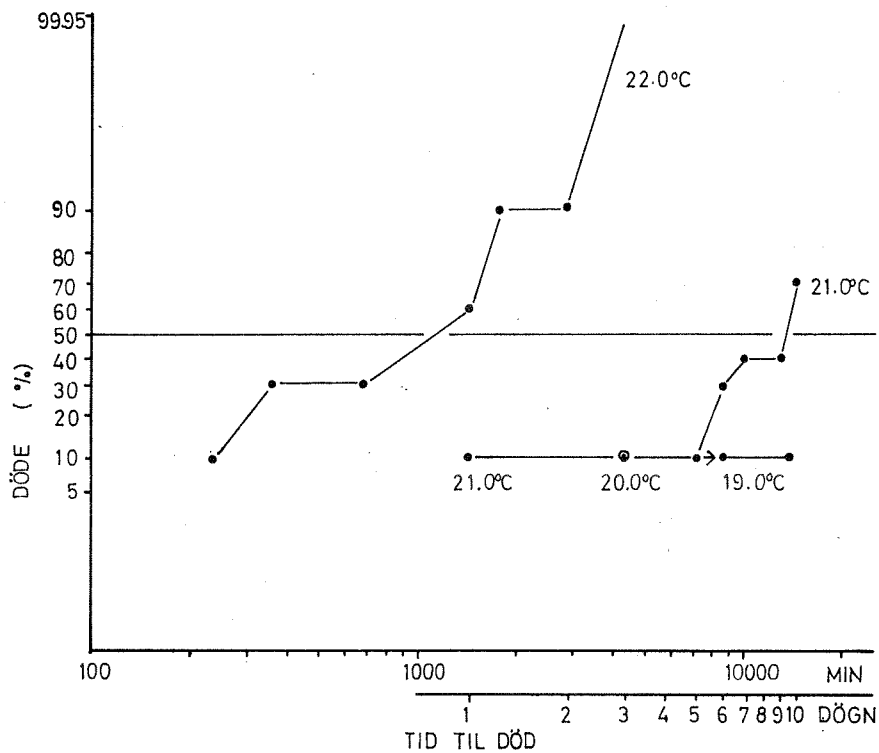


Fig. 19 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Grimstad) tilvendt 16.1°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.6a).

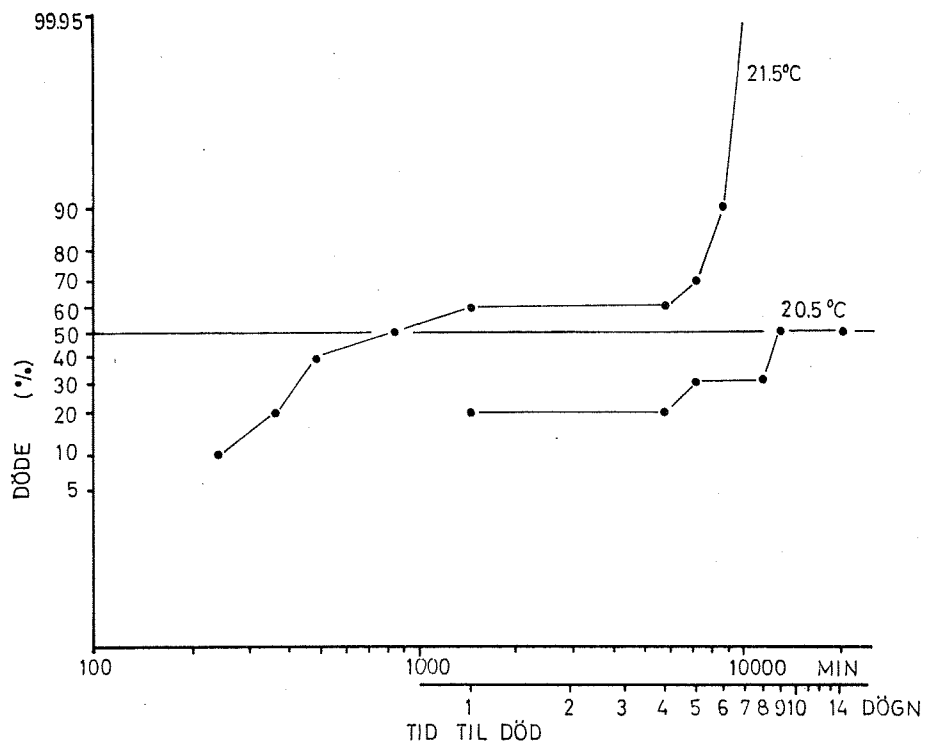


Fig. 20 Tid til død ved ulike temperaturer hos torsk (Grimstad) tilvendt 16.1°C, fremstilt på sannsynlighets x logaritme - skala (J.nr.6b).

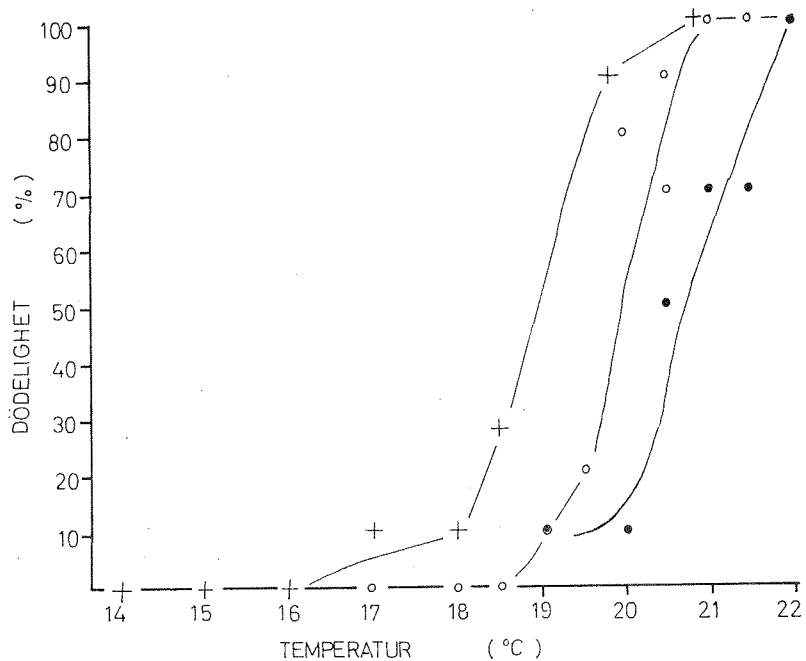


Fig. 21 Dødelighet ved eksperimentets avslutning ved de ulike forsøks temperaturer for torsk. + - fisk fra Risør, o - fisk fra Grimstad tilvendt 9.0°C, • - fisk fra Grimstad tilvendt 16.1°C.

Fig. 21 viser dødeligheten ved eksperimentets avslutning. Også dødeligheten ved de forholdsvis lave temperaturer var tydelig lavere for fisk som var tilvendt 16.1°C.

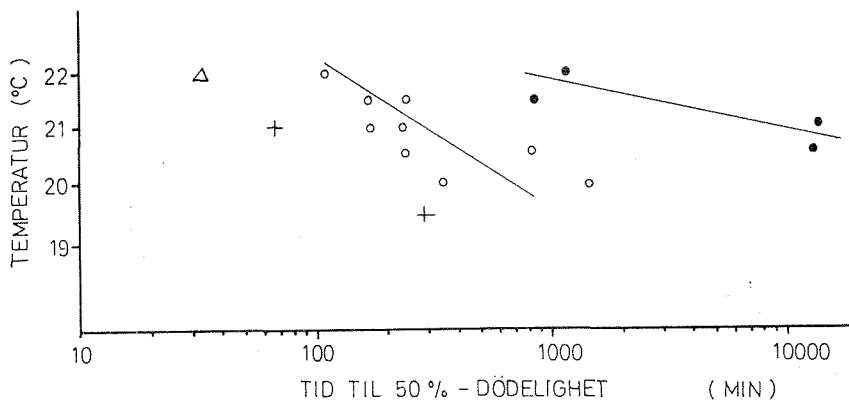


Fig. 22 Tid til 50% - dødelighet hos torsk ved ulike temperaturer, Δ fisk fra Flødevigen, + fisk fra Risør, o fisk fra Grimstad tilvendt 9.0°C, • fisk fra Grimstad tilvendt 16.1°C.

Fig. 22 viser den tid som gikk innen 50% av fiskene døde (dvs. gjennomsnittlig resistenstid) ved forskjellige temperaturer. Det er en klar tendens at høyere temperatur gir kortere resistenstid. Torsk som var tilvendt høy temperatur hadde markert lengre resistenstid. Torsk fra Flødevigen og Risør var tilvendt noe lavere temperatur, men også fiskens nedsatte kondisjon kan ha hatt innflydelse på den nedsatte resistenstid.

DISKUSJON

a) Dypvannsreke

Det synes ikke å foreligge tidligere undersøkelser over dødelighet av dypvannsreke i oppvarmet sjøvann. De eneste relasjoner til temperatur er gitt av RASMUSSEN (1967a) som hevder at dypvannsreker er svært følsomme for raske temperaturforandringer og lever f.eks. i Oslofjorden ved en relativ konstant temperatur på 6-8°C. Ifølge samme kilde lever dypvannsreken der nær sitt sydligste utbredelsesområde. Imidlertid, ALLEN (1959), mener å ha vist at utenfor den engelske østkyst lever og formerer dypvannsrekene seg ved temperaturer opptil 11°C. RASMUSSEN hevder at når bunntemperaturen blir høyere enn 9-10°C, forsvinner rekene fra trålfangstene. Det samme har han påvist i Skagerrak ved sterke temperaturfall, dvs. 2-3°C under normalt (RASMUSSEN, 1967b).

Ved planleggingen av eksperimentene måtte det tas hensyn til et markert tidspress som medførte at hvert eksperiment ble gitt 10 døgn varighet. Ved de laveste temperaturene (14.0 og 15.0°C, Fig. 8) stabiliserte ikke dødeligheten seg innen eksperimentets avslutning hvilket antyder at eksperimentene ved de laveste temperaturer med fordel kunne vart lengre. Imidlertid er de resultatene en har oppnådd entydige og gir tilstrekkelig informasjon for formålet.

De reker som var blitt tilvendt 9.0°C (Fig. 10 og 11) syntes å ha noe høyere LT_{50} sammenliknet med reker tilvendt "normal" temperatur dvs. 6.8°C og det syntes som de i enda mindre grad hadde nådd den endelige dødelighet f.eks. i 15.5°C, Fig. 9. For å få et fullstendig bilde burde eksperimentene ved 11-14°C ha vart 50-70 døgn noe som i denne situasjon ikke lot seg gjennomføre.

Fig. 12 viser at dødeligheten etter 10 døgns eksponering under 15.5°C avtar sterkt med fallende temperatur. En observasjon med 20% dødelighet ved 11°C antas å skyldes spesielt svake eller skadede individer. Resultatene for 9.0°C-tilvendte reker er ujevne men det er tendens til at de overlever noe lengre og at dødeligheten etter 10 døgn er noe lavere. På den annen side viser Fig. 13 en klar sammenheng mellom den gjennomsnittlige dødelighet

og temperaturen, jo lavere denne er, jo langsommere dør rekene. En vet ikke om regresjonslinjen på Fig. 13 vil fortsette å være rettlinjert ved lavere temperaturer. Hvis den er det ved 14°C , vil det vare ca. 60 døgn innen 50% av rekene er døde. Ved 12.0°C vil det gå ca. 20 måneder. I løpet av en så lang periode vil reken imidlertid kunne oppnå å bli temperatur-tilvendt og dødeligheten av den grunn mindre. Dette er antydnet i resultatene med 9.0°C - tilvendte reker. Hvor meget mindre dødeligheten vil bli er usikkert, men det er ikke urimelig om den ble halvert slik at halvparten av rekene vil dø i løpet av 3-4 år. En så lav dødelighet vil neppe være større enn den naturlige dødelighet og den dødelighet som skyldes fisket. I tillegg kommer det faktum at rekene vanligvis ikke blir mer en 3-4 år gamle.

Eksperimentene har vist at innen en 10 døgns periode er den akutte dødelighet forholdsvis liten, selv med plutselige eksponeringer overfor $12-14^{\circ}\text{C}$. Så brå temperaturforandringer vil neppe forekomme på rekenes naturlige levesteder. Temperaturforandringer på rekefelter vil oftest foregå over mange døgn og det vil kunne gi dyrene en tilvenningsperiode som i henhold til det foreliggende eksperiment vil gi enda lavere dødelighet enn det som er observert under de eksperimentelle betingelser. Det er således lite sannsynlig at det vil oppstå dødelighet som direkte følge av utslipp av oppvarmet sjøvann fra kjernekraftverk.

b) Torsk

Resultatene fra det første eksperimentet (torsk fra Flødevigen, Fig. 14) viste en forholdsvis høy dødelighet. Dette skyldtes sannsynligvis at fisken var i redusert kondisjon etter parasittangrepet, dessuten var også tilvenningstemperaturen for lav. Kondisjonen til torsken fra Risør var heller ikke god og dødeligheten må også her ses på bakgrunn av det. Det syntes imidlertid som om dødeligheten stabiliserte seg innen eksperimentperioden.

Fordi flere fisk var tilgjengelige, er dataene fra eksperimentene med torsk fra Grimstad mer fullstendige. P.g.a. inntaksvannets stigende temperatur, måtte tilvenningstemperaturen settes til 9.0°C . Ingen Grimstad-torsk døde i 18.5 eller lavere selv om fisken ble eksponert for en brå temperaturøkning på opptil 9.5°C . Fisken som var tilvendt 9.0°C (Fig. 16-18) viste litt varierende

resultat spesielt ved de høyeste temperaturer som vel må tilskrives naturlig biologisk variasjon. LT_{50} for torsk tilvendt 9.0°C var $19.5 - 20.0^{\circ}\text{C}$. Det synes også å være et markert skille for dødeligheten i dette temperaturområdet. Ved 19.0°C var dødeligheten bare 10% og ved 21.0°C nærmest total etter kort tid.

Torsk fra Grimstad tilvendt 16.1°C viste seg å være mer resistente overfor høye temperaturer. Det tok lengre tid før dødeligheten inntraff men LT_{50} var 20.5°C , dvs. $0.5 - 1.0^{\circ}\text{C}$ høyere enn for 9.0°C -tilvendt fisk.

Til enkelte tider av året kan kjølevannet ved utslipp være opp til 20°C . Hvis fortynningen er rimelig vil en sone med så høy temperatur være meget begrenset i utstrekning. Selv om torsken skulle føle seg tiltrukket av en slik varmesone, f.eks. av at åtedyr finnes der, er det lite sannsynlig at de vil få en akutt død. Hvis fisken beveger seg inn i svært varme vannmasser vil den kunne overleve en stund slik at den kan svømme ut av sonen igjen.

SAMMENDRAG

Eksperimentene viser at dypvannsreke i en 10-døgns periode kan tåle forholdsvis høy temperatur uten å dø, i gjennomsnitt 15.0 - 15.5°C. Ved tilvenning til 9.0°C vil dette temperaturnivå være ca. 1°C høyere. Ved utslipp av oppvarmet sjøvann fra kjerne- kraftverk antas at rekene eventuelt etterhvert vil bli tilvendt en noe høyere temperatur. Det konkluderes at dødeligheten ved 12-14°C av temperatureffekten vil være så liten at den ikke kan skilles fra naturlig dødelighet og fiskedødelighet.

Eksperimentene viser at små torsk i en 10-døgns periode kan tåle forholdsvis høy temperatur uten å dø, i gjennomsnitt 19.5 - 20.0°C. Den akutte dødelighet syntes å inntreffe vesentlig innen det første døgn. Etter tilvenning til ca. 16°C gikk det lengre tid innen fiskene døde og de tålte i gjennomsnitt 20.5 - 21.0°C. I eksperimenter hvor det ble benyttet torsk i beste kondisjon døde ingen individer i lavere temperatur enn 19.0°C.

Fordi fisken har mulighet til å svømme vekk er det lite sannsynlig at den vil dø som en umiddelbar følge av for høy temperatur.

REFERANSER

- ALLEN, J.A. 1959 On the biology of Pandalus borealis Krøyer, with reference to a population off the North-umberland Coast. J.mar.biol.Ass.U.K. 38: 189-220
- BLACK, E.C. 1953 Upper lethal temperatures of some British Columbia freshwater fishes J.Fish.Res.Bd.Can. 10: 196-210
- BRETT, J.R. 1952 Temperature tolerance in Young Pacific Salmon, genus Onchorhynchus J.Fish.Res.Bd.Can. 9: 265-323
- DOUDOROFF, P. 1942 The resistance and acclimatization of marine fishes to temperature changes. I. Experiments with Girella nigricans (Ayres) Biol.Bull.: 83: 219-244
- DOUDOROFF, P. 1945 The resistance and acclimatization of marine fishes to temperature changes II. Experiments with Fundulus and Atherinops Biol.Bull. 88: 194-206
- FRY, F.E.J. 1947 Effects of the environment on animal activity. Univ. of Toronto, Biol. Ser. (55), Publ.Ont.Fish.Res.Lab. (68), 62 pp.
- FRY, F.E.J. 1967 Responses of vertebrate poikilotherms to temperature, in Thermobiology, A.H. Rose, Ed. p. 376-409 Academic Press, London
- FRY, F.E.J. et al. 1946 Lethal temperature relations for a sample of young Speckled Trout, Salvelinus fontinalis Univ. of Toronto, Biol.Ser. (54), Publ.Ont.Fish.Res.Lab. (66), 35 pp.
- RASMUSSEN, B. 1967a The fishery for Deep Sea Prawn in Norway "Proceeding of Symposium on Crustacea" - Part IV, : 1437-1441, Mandapam, India
- RASMUSSEN, B. 1967b Temperaturforhold og rekefiske i Skagerak 1962-66 Fiskets Gang 53: 842-847
- SAUNDERS, R.L. 1963 Respiration of the Atlantic Cod. J.Fish.Res. Bd.Can. (20): 373-386
- SUNDNES, G. 1967 Notes on the energy metabolism of the cod (Gadus callarias L.) and the coalfish (Gadus virens L.) in relation to body size FiskDir. Skr.Ser.HavUnders. 11 (9): 10 pp.

FISKEN OG HAVET, SERIE B

Oversikt over tidligere artikler finnes i tidligere nr.

- 1974 Nr. 1 G. Berge og R. Pettersen: Telleinstrument for marine partikler. Videreutvikling av egg-telleren.
- " Nr. 2 E. Egidius: Vibriose.
A. Johannessen: Lakselus.
- " Nr. 3 B. Bøhle: Blåskjell og blåskjelldyrkning.
- " Nr. 4 K. Palmork og S. Wilhelmsen: Undersøkelse av fisk fra oljeforurensset område av Gisundet.
- " Nr. 5 Anon.: Lover og forskrifter av betydning for oppdrettsnæringen.
- " Nr. 6 R. Sætre: En hydrografisk undersøkelse i Matrevågen, Nordhordland.
- " Nr. 7 E. Bakken: Oversikt over Norges fiskeriressurser.
- " Nr. 8 F. Kjelstrup Olsen: Vestlandstoktene 1954-1968.
- " Nr. 9 F. Utne: Fôring og fôrsammensetninger til ørret og laks i matfiskproduksjonen.
S. Ugletveit: Pigmentering av lakse- og ørretkjøtt.
S. Ugletveit: Forsøk med ulikt vanninnhold i fôret til regnbueørret (Salmo gairdneri) ved oppdrett i sjøvann.

- 1974 Nr. 10 K.F. Wiborg og K. Hansen: Fiske og utnyttelse av raudåte (Calanus finmarchicus Gunnerus).
- " Nr. 11 O. Ingebrigtsen: Presentasjon av Fisk og Forsøk, Matredal.
- " Nr. 12 Else Ellingsen: Brisling i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 13 Didrik S. Danielssen: Sild i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 14 Svein A. Iversen: Makrell i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 15 Stein Tveite: Ål i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 16 Stein Tveite: Torsk i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 17 Else Ellingsen: Reker i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 18 Bjørn Bøhle: Blåskjell i Oslofjorden. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 19 Einar Dahl, Else Ellingsen og Stein Tveite: Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med kjølevannsutslipp. Feltundersøkelser i Oslofjordområdet, januar - juni 1974.
- " Nr. 20 Bjørn Bøhle: Temperaturpreferanse hos torsk (Gadus morhua L.).