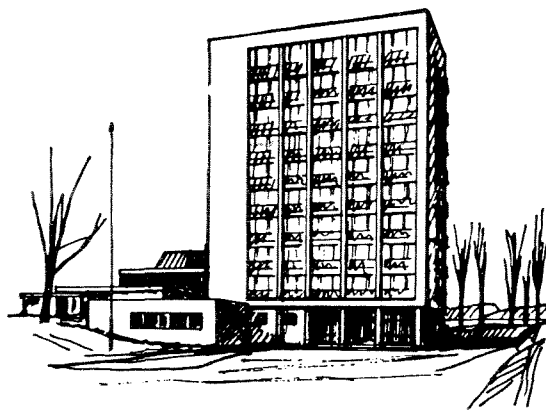


Fisken og Havet

RAPPORTER OG MELDINGER FRA FISKERIDIREKTORATETS
HAVFORSKNINGSINSTITUTT BERGEN



SERIE B

1974 Nr. 20

TEMPERATURPREFERANSE HOS TORSK (Gadus morhua L.)

av

Bjørn Bøhle

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
Statens Biologiske Stasjon Flødevigen

Redaktør

Erling Bratberg

SERIE B

1974 Nr. 20

Undersøkelsen er utført etter oppdrag fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Statskraftverkene.

(Prosjektleder Grim Berge, Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Bergen)

Undersøkelsen er utført ved Statens Biologiske Stasjon Flødevigen. Forsker Trygve Gytte, Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt har tegnet det spesielle regulerings-system som var nødvendig for denne undersøkelse. Scandinavian Control and System Engineering A/S, Eidsvåg har beregnet og bygget den elektroniske reguleringsenhet. Ingeniør Leif Nilsen, Statens Biologiske Stasjon Flødevigen har i eksperimentperioden foretatt modifikasjoner med det elektroniske reguleringsutstyr og utført den daglige kalibrering, kontroll og vedlikehold.

Bergen / Arendal november 1974

INNLEDNING

Dyrenes adferd, f.eks. matsøking, fødeopptak, vandringer, lek og bevegelsesaktivitet bestemmes av medfødte instinkter og til-lærte reflekser, styrt av ytre påvirkninger. Det er vel kjent at temperaturen i omgivelsene har en fundamental virkning på stoffomsetningen.

Gjennom sin historiske utvikling er dyreartene blitt tilpasset temperaturområder hvor de organismer fungerer tilfredstillende med tanke på f.eks. trivsel og artens bestående (dvs. formering). Dette gjelder ikke minst poikiloterme ("med varierende kroppstemperatur") fisk som ikke kan regulere sin kroppstemperatur ad fysiologisk vei. På den annen side, fisk kan likevel regulere sin kroppstemperatur og derved sin stoffomsetning ved å velge mellom vannmasser med en annen temperatur.

De vannmasser som en fisk vil foretrekke å oppholde seg i er ikke bestemt av temperaturen alene, men vil også kunne være influert av en rekke andre faktorer, f.eks. næringsforhold, gyttestadium og termisk forhistorie (JAVOID & ANDERSON, 1967). F.eks. når den norsk-arktiske torsken (skrei) skal gyte, oppsøker den vannmasse med temperatur på 4-6°C, mens den går ned til 2°C - og enda lavere når den jager lodde. DANNEVIG (1966) sier at "I sitt første leveår holder kysttorsken seg fortrinnsvis på grunt vann, og om høsten kan en se torskeungene helt oppe i fjæra. Den eldre og større torsken holder seg derimot gjerne noe dypere, og går ofte ned på ett par hundre meter. Dypet den holder seg på varierer dog mye med temperaturforholdene". Videre "Når således overflatevannet begynner å bli varmt, utover sommeren, trekker den større torsken gjerne ut på dypere vann, for så å komme opp på grunnere om høsten. På samme måte når overflatevannet begynner å bli kaldt utover vinteren. Også da søker torsken gjerne ut på større dyp, der temperaturene er høyere enn i overflaten". Om den kjønnsmodne fisken sier DANNEVIG, "Torsken er særlig nøye på temperaturen når den skal gyte. Da skal den helst ha mellom 4 og 6°C, og oppsøker derfor vannlag med nettopp denne temperatur, likegyldige hvor dypt eller grunt det måtte være".

Av dette fremgår at temperaturforholdene i sjøen kan være temmelig bestemmende for hvor torsk vil oppholde seg. Imidlertid, foretrukne temperaturer er imidlertid ikke alltid definerte og det foreligger heller ikke eksperimentelle resultater som viser hvilken temperatur torsk foretrekker eller aksepterer ved kontrollerte miljøbetingelser.

De foreliggende eksperimenter tok sikte på å undersøke innen hvilket temperaturområde torsk (Gadus morhua) foretrekker (prefererer) å oppholde seg i og å studere hvilken temperaturer torsken kunne akseptere i korte tidsrom.

METODE

For å finne hvilken temperatur fisk foretrekker å oppholde seg i, har man plassert det i en temperaturgradient og så observert hvilken temperatur den valgte å innstille seg i. Slike forsøk er utført i Canada med flere arter av laksefisk (SULLIVAN & FISHER, 1953, JAVAID & ANDERSON, 1967, BRETT, 1952).

Ved en annen metode læres fisken til å utløse en "trigger"-mekanisme for å kontrollere temperaturen (ROZIN & MAYER, 1961).

Den metode som er blitt benyttet i de foreliggende eksperimenter er beskrevet av NEILL et al. (1972) og er en kombinasjon av de nevnte metoder. De vesentligste fordeler er at det er unødvendig å etablere nøyaktige og stabile temperaturgradienter i store vannmengder. Man slipper også å trene hver fisk til

betingede reflekser. Dataene kan samles inn kontinuerlig og uten nærvær av personell.

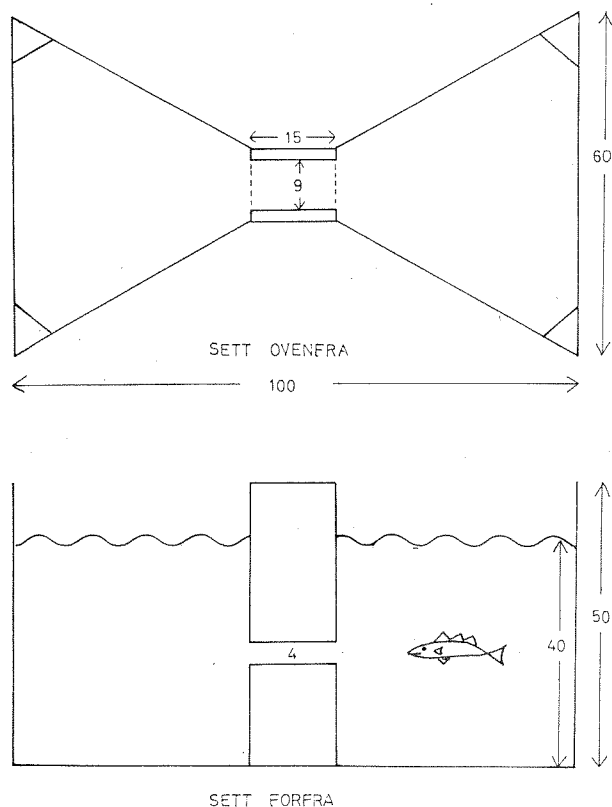


Fig. 1 Form og mål på eksperimentakvariet

Eksperimentakvariet (Fig. 1, 2 og 3) består av en venstre og høyre del med forbindelse gjennom en tunnel. Akvariet er fylt med ca. 120 l sjøvann. I hver del er plassert varmeelementer (venstre: 700 W, høyre: 600 W), motstandstermometere ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) og utstyr for luftbobling.

Et kjøleanlegg (500 Kcal/time) er tilkoblet de to halvdeler og kjøler vannet kontinuerlig. I tunnelen mellom de to halvdeler av akvariet er plassert to krystaller som sender kontinuerlig ut ultralyd-bølger. Når disse blir brutt av fisken vil det registreres av elektronikkenheten. Rekkefølgen de to lydbølger blir brutt, forteller elektronikkenheten hvilken posisjon fisken har inntatt.

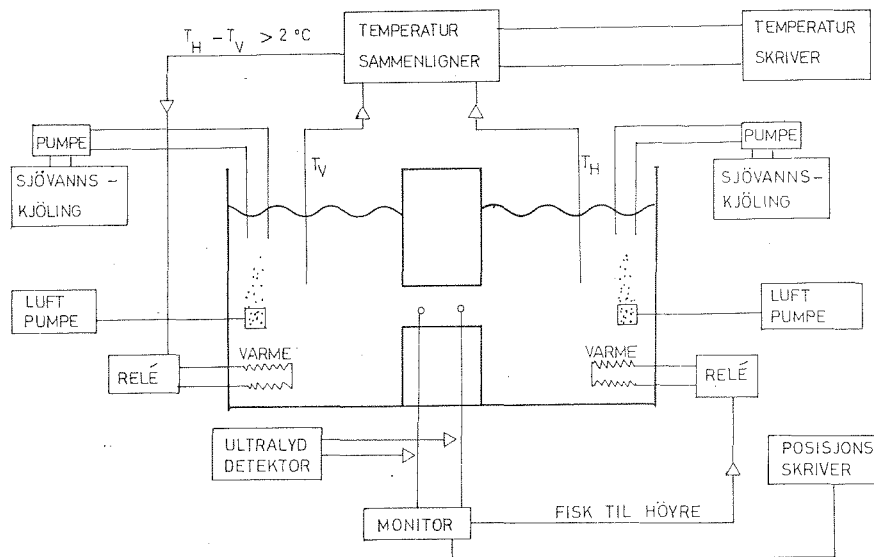


Fig. 2 Skisse over reguleringsystemet til eksperiment-akvariet

Til eksperimentoppsettet hører også en elektronikkenhet (Fig. 4) samt to skrivere (Fig. 5) som kontinuerlig registrerer fiskens posisjon, dvs. høyre eller venstre del samt temperaturen i de to akvariedeler.

Et eksperiment startes ved at temperaturen i høyre del bringes lik fiskens tilvenningstemperatur og fisken plasseres så i denne akvariedel. Det elektroniske reguleringsystem settes slik at oppvarmingen i høyre del begynner. Hvis temperaturen i høyre del er mer enn 2°C høyere enn i venstre del ($T_H - T_V = 2^{\circ}\text{C}$) kobles varme-elementet i venstre del inn, inntil $T_H - T_V = 2^{\circ}\text{C}$. Etterhvert vil temperaturen i høyre del bli for høy for fisken og denne vil da svømme gjennom tunnelen mot venstre hvor ultralydbølgene brytes og varmeelementene i høyre del slås av. Så lenge fisken blir i venstre del vil temperaturen i begge sider falle. Kjølekapasiteten på venstre side er størst.

Når fisken i venstre akvariedel føler temperaturen for lav vil den svømme gjennom tunnelen til høyre. Dette "oppdages" av elektronikken som slår på varmeelementene i høyre del og temperaturen vil igjen stige. Når fisken på ny svømmer til venstre del slås varmeelementene i høyre del av.

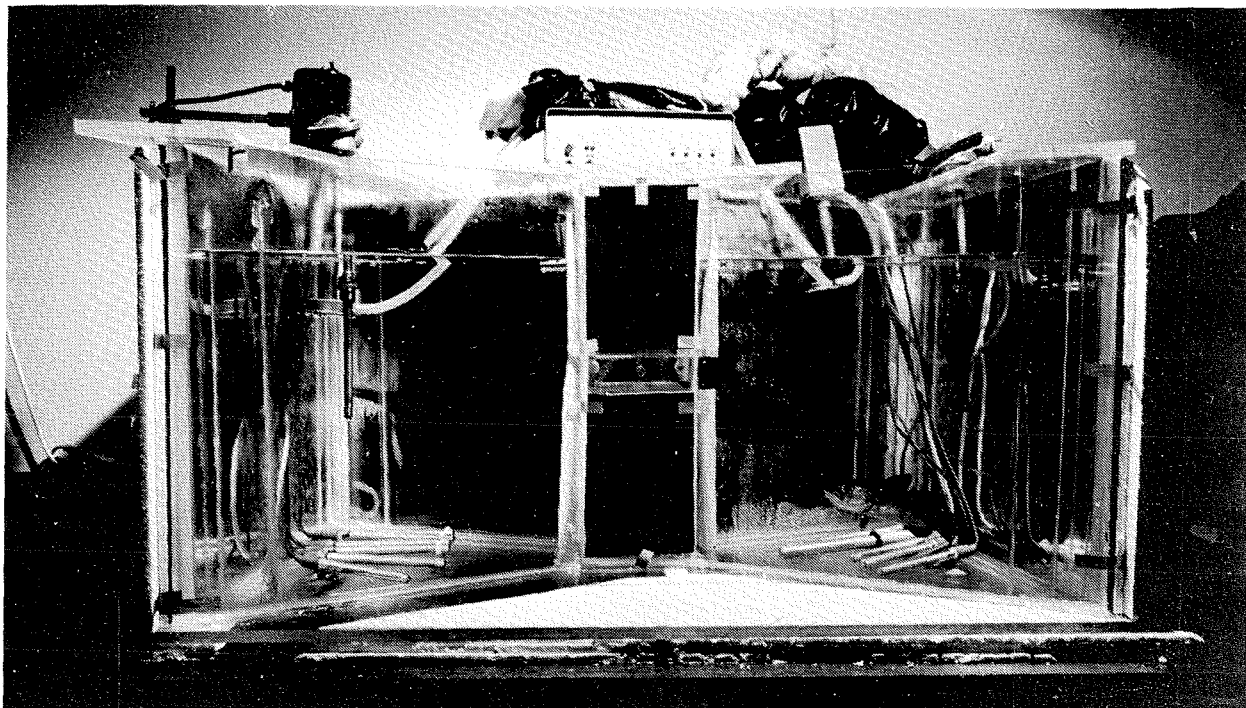


Fig. 3 Eksperimentakvariet sett forfra, isolering på forsiden fjernet

Varmeelementer og kjøleanlegg er dimensjonert slik at vannet på hver side varmes henholdsvis kjøles ca. $3^{\circ}\text{C}/\text{time}$. Eksperimentfisken vil alltid kunne velge mellom 2 temperaturer som er 2°C forskjellige. En vedvarende undersøkning og valg av temperatur, resulterer i en slags termoregulering. Ved sin svømmeaktivitet gjennom tunnelen fungerer fisken som sin egen termostat.

Ved FORSØK 8, 9 og 20 ble fisken holdt noen timer ved tilvenningstemperaturen - med lik temperatur i begge deler. Hensikten med det var å "bli kjent" i akvariet, dvs. å finne tunnelen.

Grunnet store forskjeller i vann- og lufttemperatur ble akvariet tildekket med sort papp og isolert med polystyrenplast. Fra og med FORSØK 6 ble lokket tatt av akvariet, i FORSØK 20 og 21 ble det plassert et 60 W neonlys 1 m over akvariet.

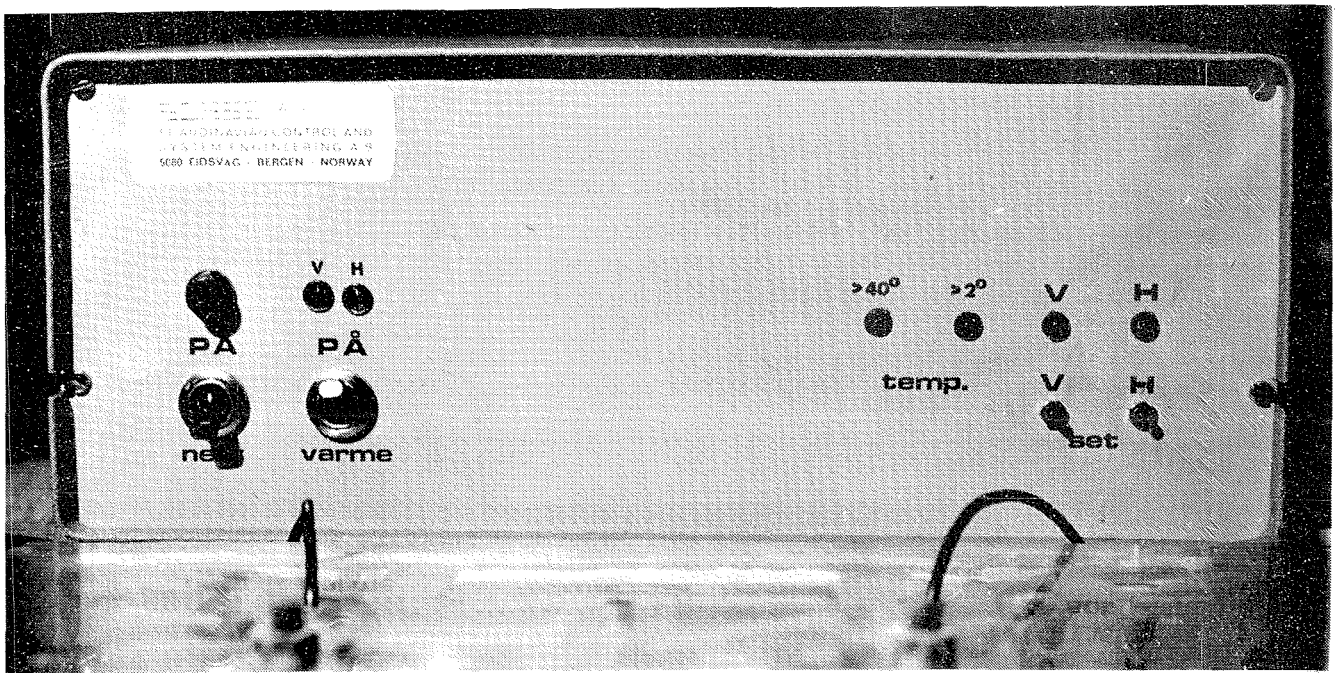


Fig. 4 Kontrollpanel på den elektroniske reguleringsenhet.

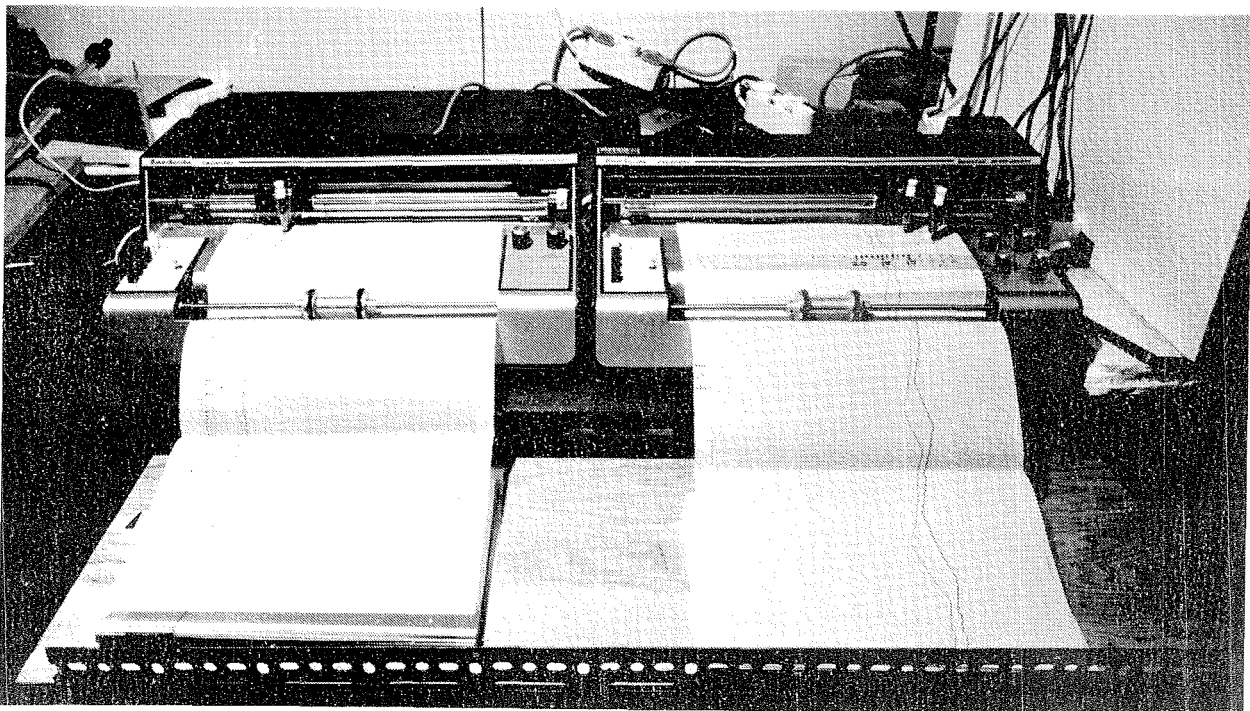


Fig. 5 Posisjon -og temperaturskrivere (henholdsvis venstre og høyre)

MATERIALE

Det fiskematerialet som ble brukt var:

1. Torsk, fisket med yngelnot i Flødevigen i oktober-november 1973.
2. Torsk, kjøpt på Risør Fiskeforening 5. april 1974. Dette var kommersielt fanget fisk, omkring minstemålet. Fisken hadde gått i samle-kasser i sjøen maksimum 2-3 uker.
3. Torsk fra Fisker Jens Olsen, Grimstad. Dette var undermåls fisk fanget i åleruser i uken 29. april - 4. mai.

I Flødevigen ble fisken holdt i 2.4 m^3 plastkummer med vann-tilførsel i overflaten og utløp ved bunnen. Fisken ble holdt ved dempet belysning. Ved oppholdet i Flødevigen ble fisken føret med blåskjell 2 ganger pr. uke, ved slutten av eksperimentene også med kokt reke.

Materialet er det samme som ble brukt i dødelighetseksperimentene - se rapport "Dødelighet av dypvannsreke (Pandalus borealis) og torsk (Gadus morhua) i oppvarmet sjøvann".

Det ble i perioden 28. mars - 4. juli 1974 utført 21 eksperimenter.

RESULTATER

Oversikt over de enkelte eksperimenter er gitt i Tabell 1 som viser at ikke alle eksperimentene var "vellykkede". Noen måtte avbrytes grunnet tekniske feil, andre fordi fisken var inaktiv eller den oppdaget ikke tunnelen. Fisken kunne også være så urolig at den ikke klarte å regulere akvarietemperaturen. Av slike grunner er noen av eksperimentene utelatt i den videre materialebehandling og en har bare tatt med data fra forsøk nr. 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 18 og 21 (se "Observerte vendetemperaturer").

Tabell 1. Oversikt over de forskjellige eksperimentene.

FORSØK NR.	VARIGHET	T -T _{H V} (°C)	FISKENS OPPRINNELSE	TILVENNING TEMPERATUR (°C)	AKVARIE- TILVENNING	KOMMENTAR
1	1 d.	2.0	Flødevigen	4.7	Ingen	Forsøket måtte stoppes p.g.a. feil ved temperaturregistreringen
2	3 d. 16 t.	2.0	Flødevigen	4.7	12 t. ved 3°C	Forsøket vellykket, fisken tildels meget aktiv
3	3 d.	2.0	Flødevigen	4.7	4 d.	Fisken hadde varierende aktivitet, forsøket vellykket
4	2 d. 3 t.	3.2	Risør	6.5	Ingen	Fisken var inaktiv, oppholdt seg vesentlig i vonstre akvariedel, eksperimentet mislykket
5	3 d. 16 t.	3.2	Risør	6.5	Ingen	Fisken var inaktiv, eksperimentet mislykket
6	3 d.	3.2	Risør	6.5	Ingen	Fisken hadde moderat aktivitet, ved slutten av eksperimentet var aktiviteten høy (fisken stod i tunnelen?). Eksperimentet vellykket
7	3 d.	3.2	Risør	14.0	Ingen	Fisken inaktiv, måtte "jages" over. Vendetemperaturen var 9.7 - 11.8°C. Eksperimentet mislykket
8	4 d. 16 t.	3.2	Risør	8.0	17 t. ved 7°C	Varierende aktivitet, fisken måtte "jages" til høyre side et par ganger. Ved slutten av eksperimentet hadde fisken moderat aktivitet. Eksperimentet vellykket
9	5 d. 18 t.	3.2	Grimstad	6.8	18 t. stigende temperatur 6.6 - 10.2°C	Høy aktivitet ved slutten av forsøket. Eksperimentet vellykket
10	1 d. 8 t.	2.0	Grimstad	6.8	Ingen	Eksperimentet avsluttet etter kort tid, for høy aktivitet ved avslutningen. Eksperimentet vellykket
11	2 d. 19 t.	2.0	Grimstad	6.8	Ingen	Posisjonsregistreringen delvis i uorden, litt høy aktivitet, ellers vellykket
12	2 d. 2 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Fisken inaktiv, eksperimentet mislykket
13	1 d. 18 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Fisken inaktiv, eksperimentet mislykket
14	5 d.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Laget mindre tunnel. Benyttet mindre fisk. Eksperimentet vellykket
15	1 d. 19 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Fisken lærte hurtig å regulere temperaturen, avsluttet etter kort tid, uregelmessighet med posisjonsregistrering, ellers vellykket
16	2 d.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Fisken noe inaktiv, data noe uklare, eller var eksperimentet vellykket
17	3 d.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Posisjonsregistrering i ustand, eksperimentet mislykket
18	3 d. 3 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Veggen mellom akvariedelene dekket med sort "tape", moderat aktivitet, fisken lærte hurtig. Eksperimentet vellykket
19	4 d. 6 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	Den sorte "tape" tatt av, fisken inaktiv, "gjemte" seg i tunnelen. Eksperimentet mislykket
20	2 d.	2.0	Grimstad	9.0	24 t. ved varierende temperatur	For høy aktivitet, eksperimentet mislykket
21	9 d. 20 t.	2.0	Grimstad	9.0	Ingen	I begynnelsen var fisken inaktiv, etterhvert rolig adferd. Fisken regulerte temperaturen utmerket. Eksperimentet vellykket

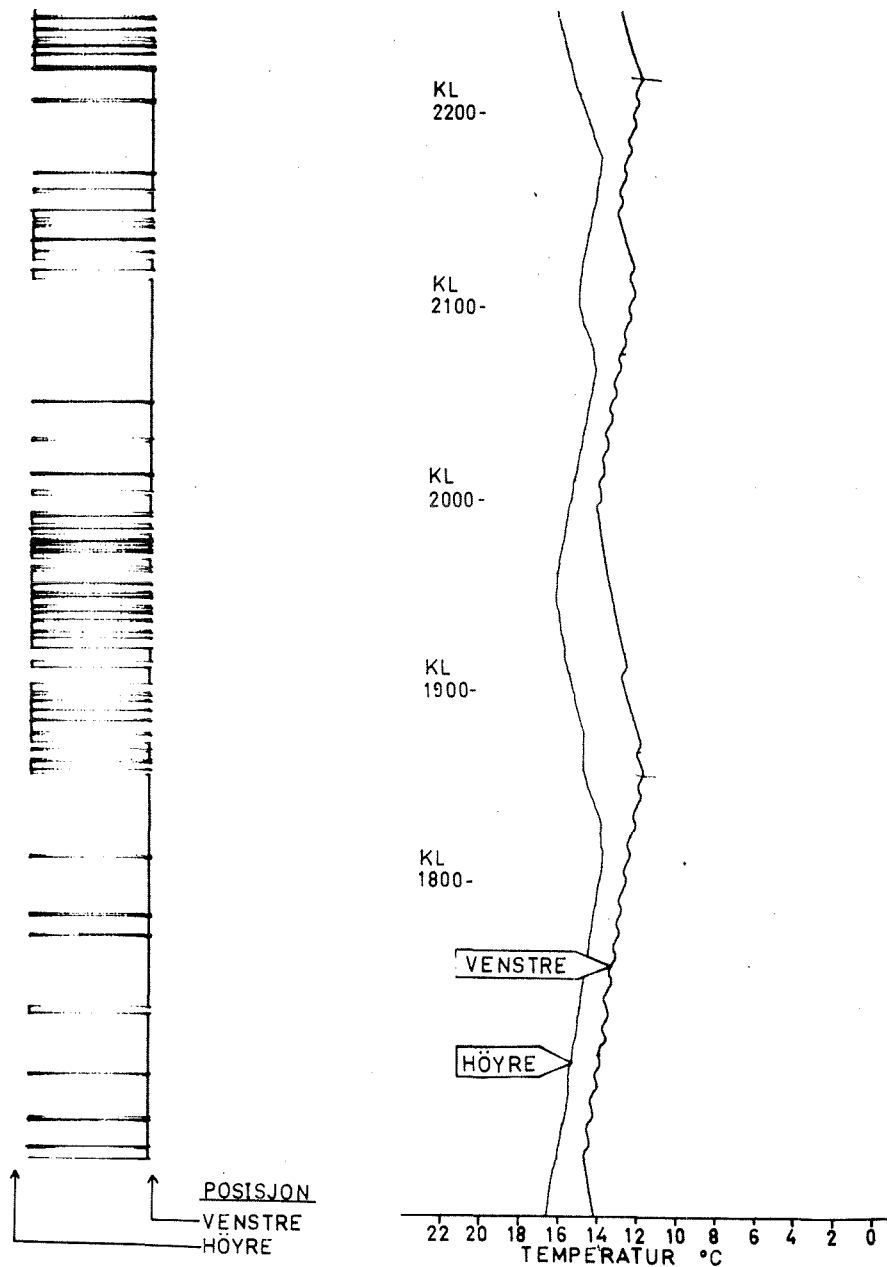


Fig. 6 Registrering av moderat svømmeaktivitet og brukbar temperaturregulering (FORSØK 3, 4. april 1974)

Eksempler på posisjon- og temperaturregistreringer

Det første eksempel (Fig. 6) er fra FORSØK 3. Utsnittet fra registreringspapiret viser at fisken først har oppholdt seg vesentlig i venstre side med korte turer over i høyre side. Temperaturen i akvaret har sunket jevnt inntil ca. kl. 1830 hvoretter fisken har oppholdt seg vesentlig i høyre side. Temperaturen i venstre side falt til ca. 12°C innen fisken svømte gjennom tunnelen og deretter i det minste aksepterte temperaturen i høyre side, dette medførte at temperaturen steg

til 16.4°C i høyre side inntil fisken igjen svømte til venstre akvariedel. Der sank temperaturen til 12.5°C innen fisken igjen stort sett foretrakk å være i den 2°C høyere temperatur i høyre side. Disse data tolkes slik at denne fisken i denne del av forsøket aksepterte temperatur ned til 12.5°C og opp til 16.4°C .

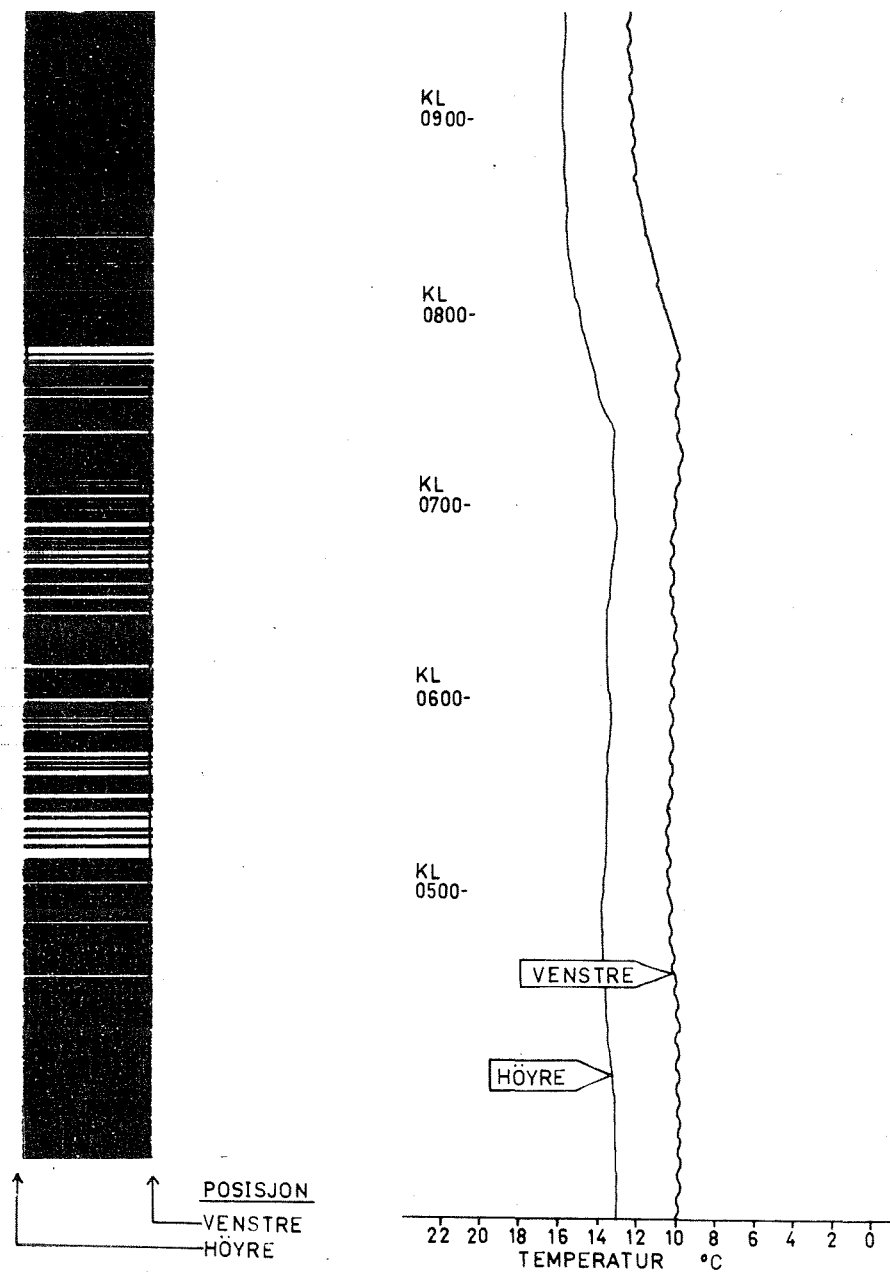


Fig. 7 Registrering av høy svømmeaktivitet (FORSØK 9, 11. mai 1974)

Det neste eksempel er fra FORSØK 9 (Fig. 7). I denne del av forsøket hadde fisken meget høy aktivitet og svømte hyppig gjennom tunnelen som medførte at temperaturen holdt seg noenlunde konstant. Det er således ikke mulig å finne bestemte

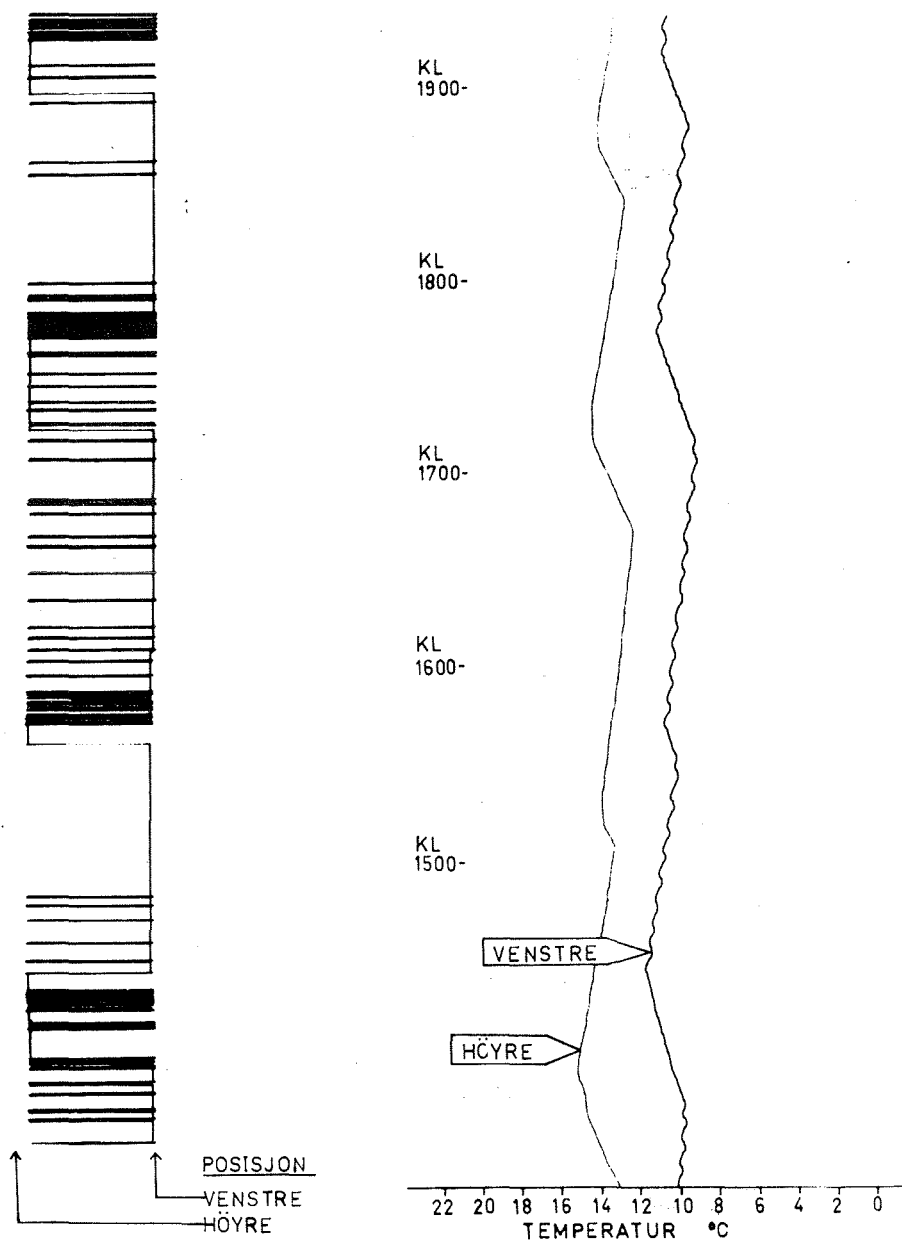


Fig. 8 Registrering av moderat svømmeaktivitet og brukbar temperaturregulering (FORSØK 9, 10. mai 1974)

"vende-temperaturer". I en annen periode av det samme forsøk (Fig. 8) var fisken mer rolig (bortsett fra korte intervaller). Dette medførte at det ble større temperaturforandringer. Litt over kl. 1700 synes fisken å akseptere ned til 9°C , deretter har fisken oppholdt seg vesentlig i høyre side - med korte besøk i den 2°C kaldere side - inntil temperaturen steg til $14,2^{\circ}\text{C}$. Deretter har fisken stått vesentlig i venstre side inntil temperaturen gikk ned til ca. $9,5^{\circ}\text{C}$ da den valgte å bli værende i høyre side (13°C). Den ble der inntil temperaturen nådde 14°C .

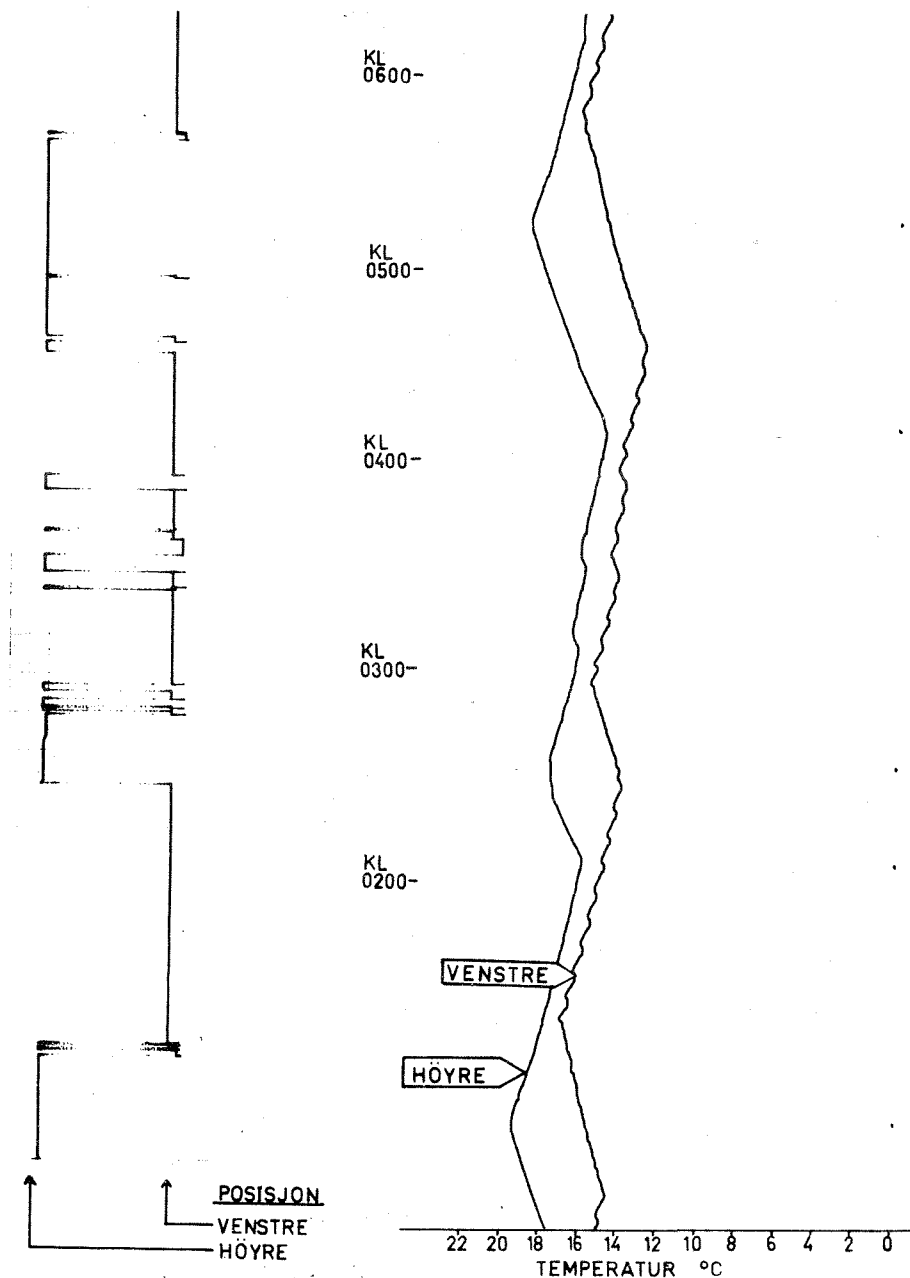


Fig. 9 Registrering av relativ rolig svømmeaktivitet og meget god temperaturregulering (FORSØK 21, 29, juni 1974)

Det siste av eksemplene er fra FORSØK 21 som betegnes som det mest vellykkede. Fig. 9 viser en periode i forsøket hvor fisken ved sin svømming gjennom tunnelen regulerer sin omgivelsestemperatur. De øvre høyeste temperaturer fisken aksepterte var 19.4, 17.6, 18.8 og 17.0°C og de laveste temperaturer som fisken aksepterte i venstre side var 14.6, 14.0, 12.9 og 12.2°C. Det forsøksresultatet som er vist på Fig. 9 er henimot det beste man kan forvente i klarhet.

Observerte vendetemperaturer

Som nevnt ovenfor er dataene for endel av forsøkene analysert nærmere. Fra posisjons- og temperaturregistreringene (se eksempler i Fig. 6-9) er lest de temperaturer ved hvilke fisken har forlatt den venstre akvariedel for deretter å bli værende i motsatt side en stund (nedre vendetemperatur)- og de temperaturer ved hvilke fisken har forlatt den høyre akvariedel for deretter å bli værende i motsatt side en stund (øvre vendetemperatur). Vendetemperaturen er den ekstrem - temperatur som fisken aksepterer. Fisken har vanligvis svømt mange flere ganger gjennom tunnelen, men oppholdet i den ene akvariedel har ofte vært så kortvarig at temperaturfallet henholdsvis temperaturstigningen i den motsatte del ikke har blitt påvirket merkbart. I noen tilfeller har fisken hatt høy svømmeaktivitet og oppholdt seg noenlunde like lang tid på begge sider (Fig. 7). Da har temperaturen holdt seg konstant i begge sider - men altså med 2^oC forskjell. I slike tilfelle er det ikke mulig å skille ut vendetemperaturer.

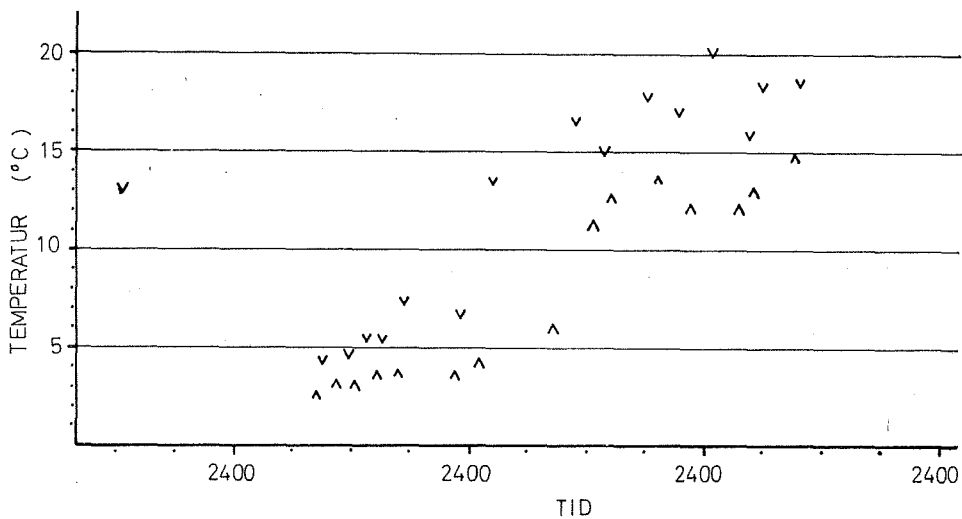


Fig. 10 Øvre (v) og nedre (^) vendetemperaturer registrert i FORSØK 2

I FORSØK 2 (Fig. 10) begynte, en tid etter tilvenningen, fisken å svømme frem og tilbake med moderat aktivitet - og regulerte temperaturen gjennomsnittlig mellom 4.0 og 5.5°C (Tabell 1). Senere, begynte fisken plutselig å ville akseptere meget høyere temperatur uten at miljøbetingelsene ble endret. Vendetemperaturene i den siste perioden var 16.7 og 13.0°C i gjennomsnitt.

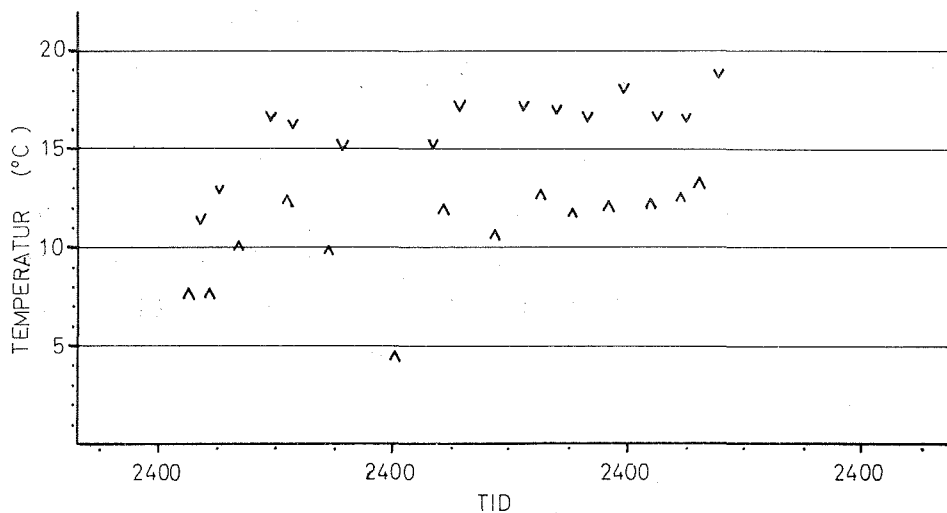


Fig. 11 Øvre (v) og nedre (^) vendetemperature registrert i FORSØK 3

I FORSØK 3 (Fig. 11) ble det benyttet samme fisk som i foregående forsøk, men vannet i akvariet var blitt tilnærmet 100% utskiftet. Fisken var således tilvendt akvariet. Bortsett fra den første periode hvor fisken utviste meget varierende nedre vendetemperatur, regulerte fisken sin omgivelsestemperatur bra. Aktiviteten var varierende (Fig. 6). De gjennomsnittlige vendetemperaturen var 15.9 og 10.9°C. Hvis bare de siste 8 nedre og 9 øvre vendetemperature tas med (dvs. den mest stabile periode inntil forsøket ble avsluttet), blir gjennomsnittene 12.4 og 16.8°C.

I FORSØK 6 (Fig. 12) tok det vel ett døgn innen fisken lærte å regulere vanntemperaturen noenlunde konstant. Da ble de nedre og øvre vendetemperaturen henholdsvis ca. 15 og 9°C. Gjennomsnittet for hele eksperimentet var 15.8 og 9.3°C. Ved

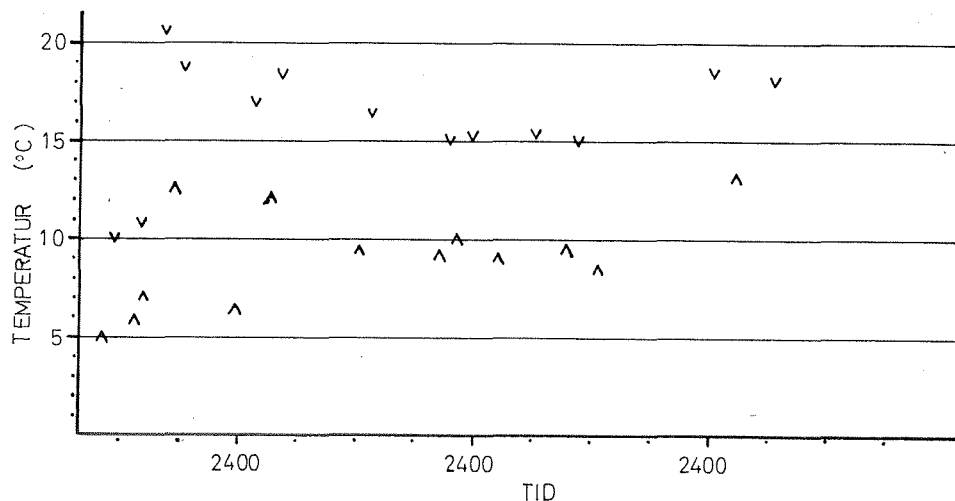


Fig. 12 Øvre (∇) og nedre (▲) vendetemperaturer registrert i FORSØK 6

dette forsøket ble $T_H - T_V$ satt til 3.2°C - forskjellen mellom øvre og nedre vendetemperatur ble da hele 6.5°C (mot 3.7 og 5.0 i FORSØKENE 2 og 3).

Ved FORSØK 8 (Fig. 13) hadde fisken meget liten aktivitet den første periode, men i siste del av eksperimentet syntes det som om fisken regulerte temperaturen. Den øvre og nedre vendetemperatur var relativt lav, henholdsvis 11.7 og 4.8°C (det siste døgn 10.7 og 4.4°C).

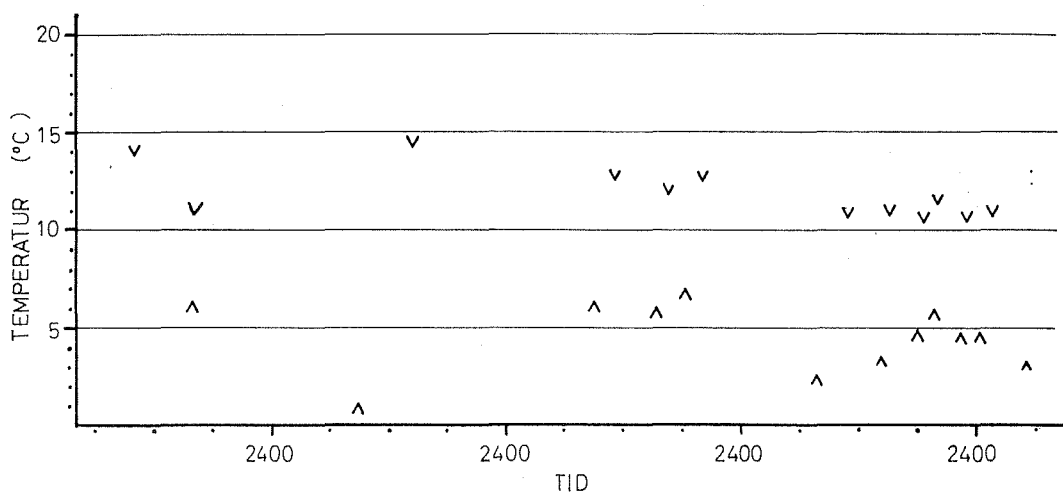


Fig. 13 Øvre (∇) og nedre (▲) vendetemperaturer registrert i FORSØK 8

Ved FORSØK 9 (Fig. 14) var fisken i begynnelsen meget inaktiv på grunn av den lave temperatur i venstre side og måtte jages gjennom tunnelen. I en periode syntes fisken å regulere sin omgivelsestemperatur, men ved slutten av forsøket var fisken svært aktiv (Fig. 7) og svømmingen kan ikke tolkes som "regulering". Den høye svømmeaktivitet var muligens uttrykk for nervøsitet.

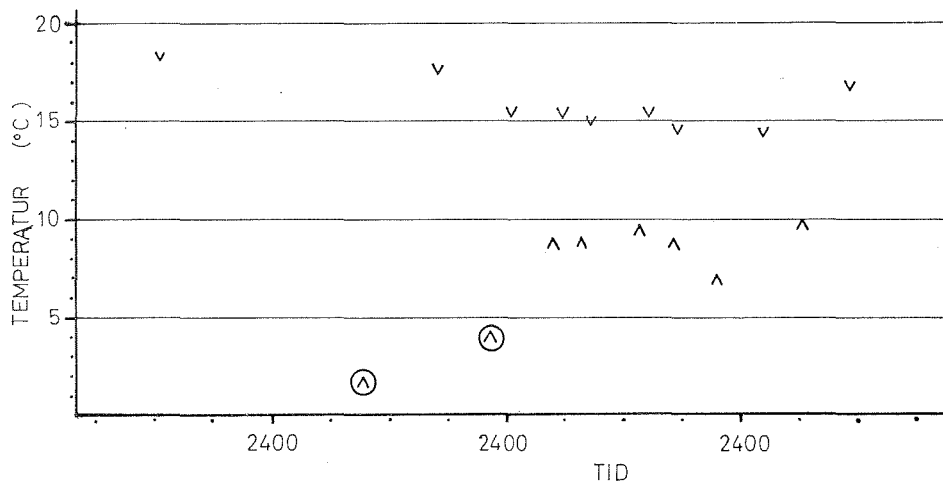


Fig. 14 Øvre (∇) og nedre (△) vendetemperaturer registrert i FORSØK 9. Innringet symbol: Fisken "jaget" til høyre side.

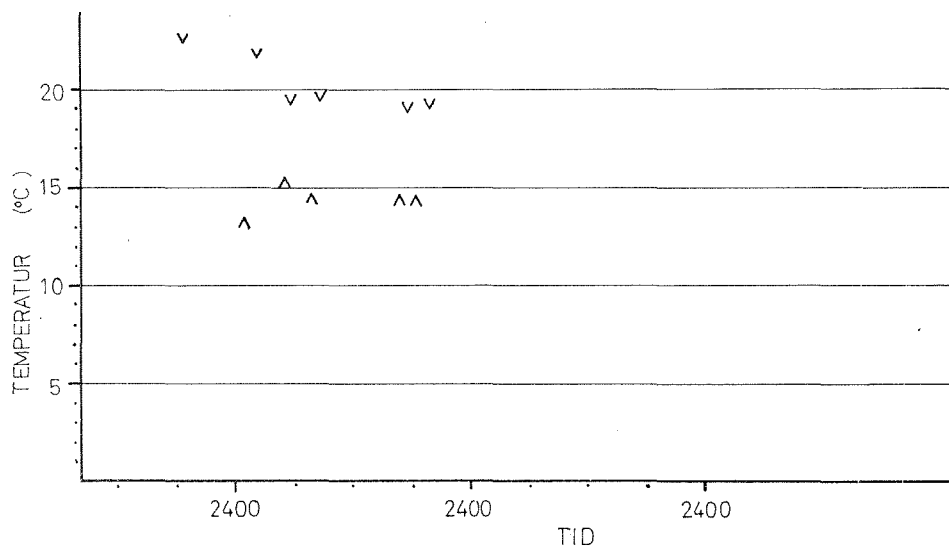


Fig. 15 Øvre (∇) og nedre (△) vendetemperaturer registrert i FORSØK 10

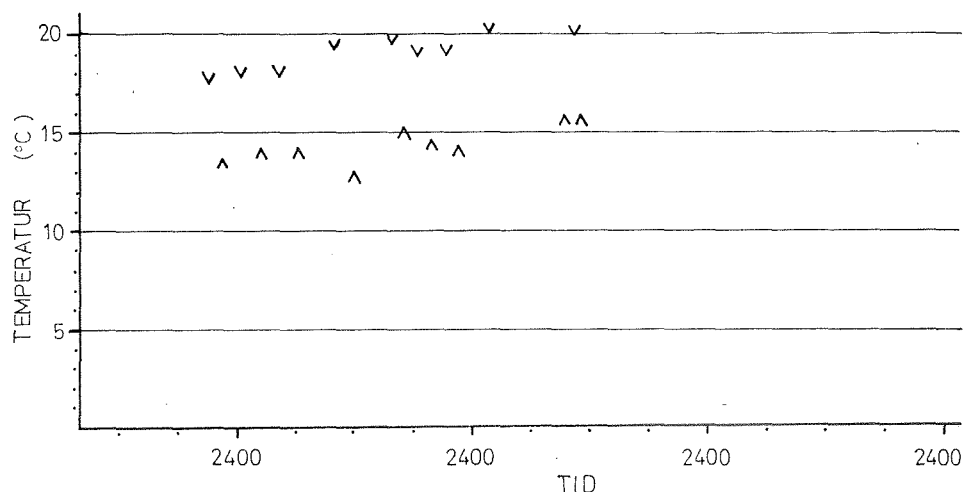


Fig. 16 Øvre (v) og nedre (Λ) vendetemperaturer registrert i FORSØK 11

Ved FORSØK 10 (Fig. 15) var $T_H - T_V$ igjen satt til 2°C . Fisken lærte meget raskt å svømme gjennom tunnelen og startet en stabil regulering. Etterhvert hadde fisken tendens til å bli stående i tunnelen (for å "gjemme" seg?), og forsøket ble avsluttet. De registrerte temperaturer var forholdsvis høye og er ikke reelle vendetemperaturer hvis fisken har stått i kanalen og ultralyddetektoren har reagert ved at fisken har beveget seg.

I FORSØK 11 (Fig. 16) lærte fisken hurtig. Den hadde forholdsvis høy aktivitet, men det lot seg likevel gjøre å skille ut endel vendetemperaturer. Reguleringen syntes å være forholdsvis stabil med gjennomsnittlige vendetemperaturer på henholdsvis 18.8 og 14.5°C . Grunnet teknisk feil sviktet posisjonsregistreringen i siste halvdel av eksperimentet, men av temperaturregistreringene kunne det avledes at fiskens svømmeaktivitet (gjennom tunnelen) har vært meget høy. Det lot seg ikke skille ut noen vendetemperaturer, men gjennomsnittet av temperaturen hver hele time var henholdsvis 19.3 og 17.2°C .

Fra og med FORSØK 14 (Fig. 17) ble det benyttet en innsnevret tunnel, 4 cm høy samtidig som det ble benyttet torsk av mindre lengde (17 cm). Hensikten med det var å gi eksperimentfisken en relativt større bevegelsesvolum i hver akvariehalvdel slik at den får mindre behov for å bruke tunnelen til utfoldelse

av ren svømmeaktivitet. Dette ville da i mindre utstrekning maskere den aktivitet som utvises for å søke en mer akseptabel temperatur.

Posisjonsregistreringene viser at svømmeaktiviteten gjennom tunnelen var moderat (det kan skyldes at temperaturforandringen pr. tidsenhet var lavere grunnet mindre blandingsmulighet mellom de to akvariedeler). Imidlertid, de registrerte vendetemperaturer var relativt lave, den øvre var i gjennomsnitt 8.2, den nedre 4.3°C (ved slutten av forsøket ca. 5 og 10°C). Denne fisken hadde det laveste toleranseområde av alle de undersøkte.

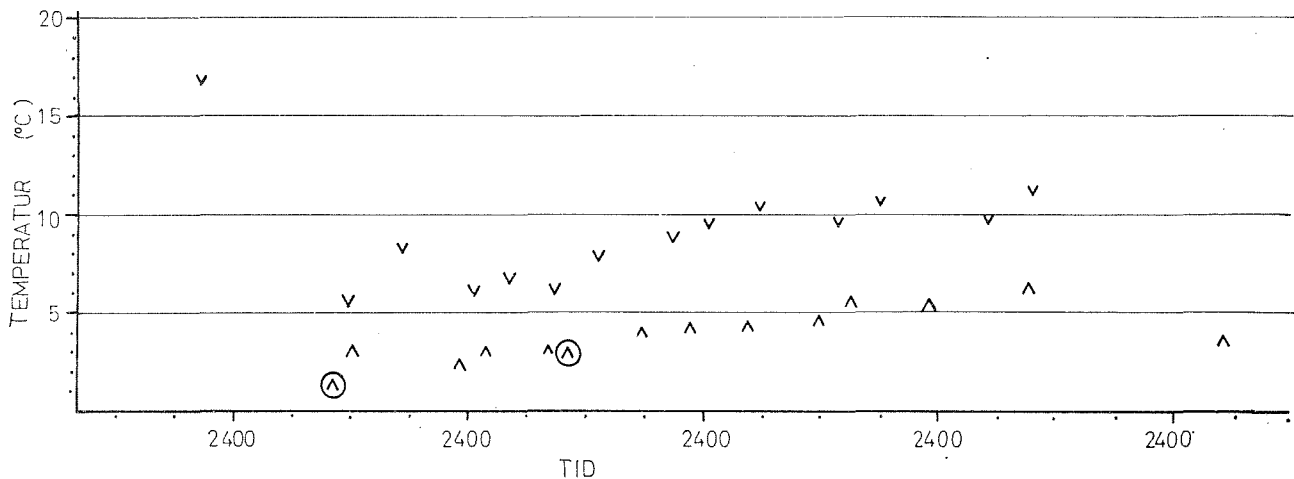


Fig. 17 Øvre (v) og nedre (A) vendetemperaturer registrert i FORSØK 14

Ved FORSØK 15 (Fig. 18) lærte fisken forholdsvis raskt å finne veien gjennom tunnelen. Imidlertid, de øvre vendetemperaturer varierte endel og resultatene er usikre, selv om det kan se ut som om fisken aksepterte temperaturer opp til 10-12°C. Forsøket ble avsluttet etter forholdsvis kort tid.

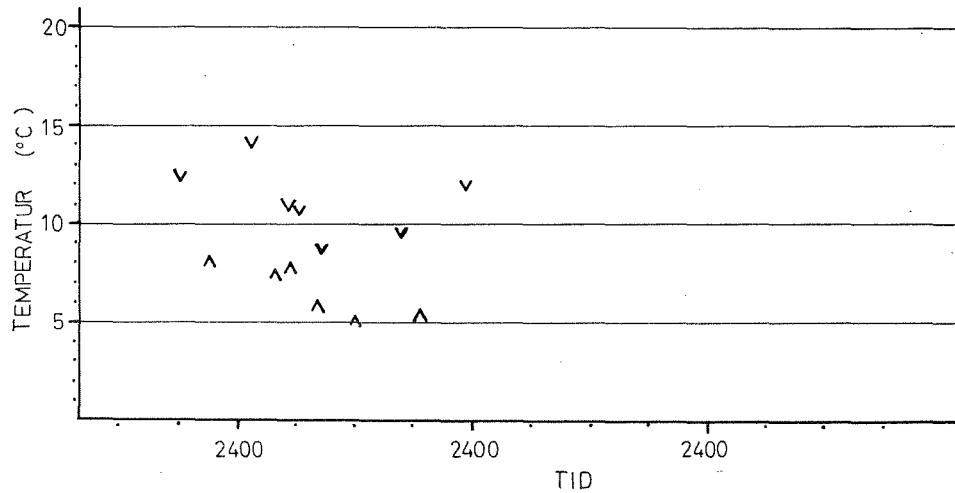


Fig. 18 Øvre (v) og nedre (A) vendetemperaturer registrert i FORSØK 15

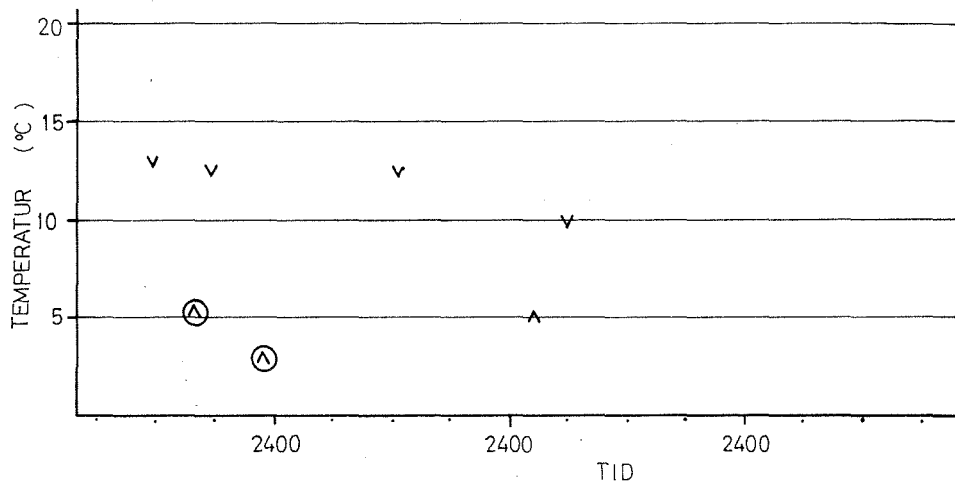


Fig. 19 Øvre (v) og nedre (A) vendetemperaturer registrert i FORSØK 16. Innringet symbol: Fisken "jaget" til høyre side

Også FORSØK 16 (Fig. 19) ble av kort varighet. Fiskens svømmeaktivitet var litt for høy og varigheten av oppholdet på hver side av tunnelen var lite forskjellig. Det resulterte i bare få tydelige vendetemperaturer. I høyre del var det 10-11°C, mens i den venstre del var det 6-8°C. Fisken oppholdt seg i 5-15 minutter vekselvis i hver akvariedel.

I FORSØK 18 (Fig. 20) ble skilleveggen mellom de to akvariehalvdeler dekket med sort "tape". Dette ble gjort for om mulig å gjøre det mindre lett for fisken å bli ledet gjennom tunnelen, dvs. for å minske sjansen for at ikke-temperaturrelevant svømme-

aktivitet skulle foregå gjennom tunnelen. Registreringene antydte at fisken i begynnelsen av forsøket foretrakk høyere temperatur enn ved slutten hvilket det ikke kan gis en sikker forklaring på.

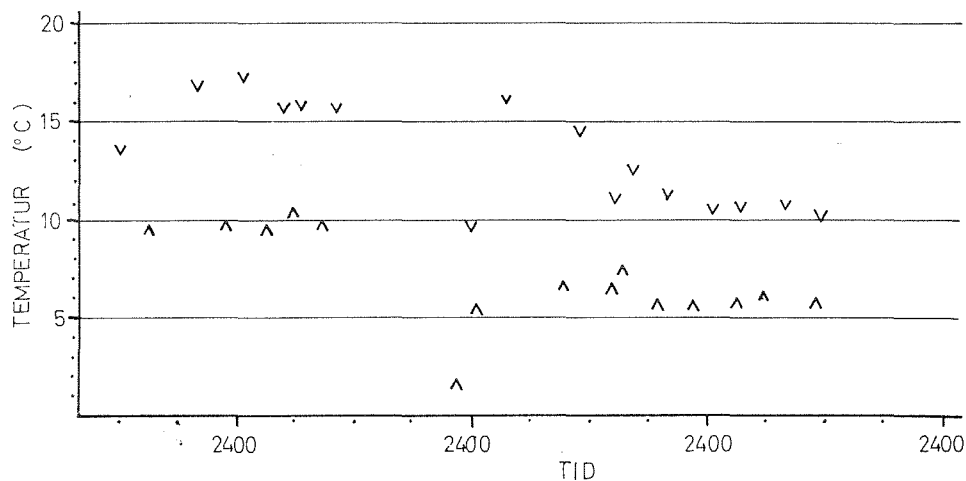


Fig. 20 Øvre (v) og nedre (^A) vendetemperaturer registrert i FORSØK 18

Det mest vellykkede av forsøkene var det siste, FORSØK 21 (Fig. 21). Etter en forholdsvis lang innledningsperiode (4-5 døgn) hvor fisken syntes "tungnem" når det gjaldt å finne veien gjennom tunnelen og hvor den et par ganger med nød og neppe fant veien tilbake til det kaldere vann (venstre akvariedel), syntes fisken plutselig å oppfatte muligheten til å regulere temperaturen (Fig. 9). I annen halvdel regulerte den forholdsvis nøye mellom 13 og 18°C, men ved slutten av forsøket ble vendetemperaturene noe varierende. Alt i alt viste denne fisken er rolig adferd som ga jevne data. De gjennomsnittlige øvre og nedre vendetemperaturer var henholdsvis 18.4 og 13.5°C.

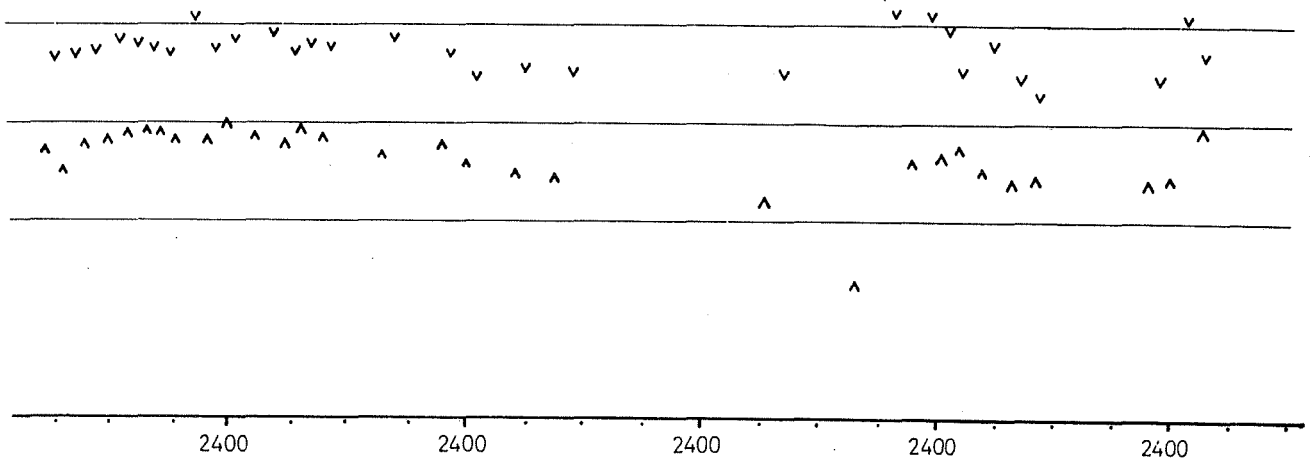
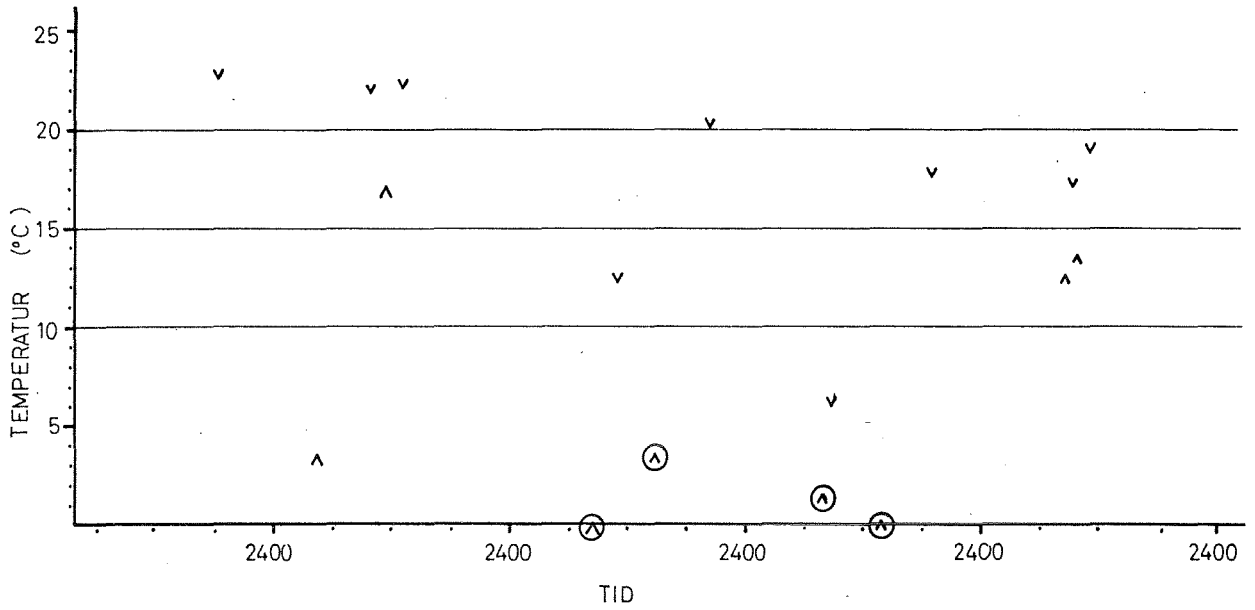


Fig. 21 Øvre (v) og nedre (A) vendetemperaturer registrert i FORSØK 21. Innringet symbol: Fisken "jaget" til høyre side.

Tabell 2. Oversikt over gjennomsnittlige vendetemperaturer, ordnet etter økende øvre vendetemperatur.

FORSØK NR.	GJENNOMSNIITTLIGE VENDETEMPERATUR (°C)		ØVRE VENDETEMPERATUR - NEDRE VENDETEMPERATUR
	ØVRE	NEDRE	
14	8.2	4.3	3.9
15	11.0	6.8	4.2
8	11.7	4.8	6.9
16	11.7	(5.3)	---
18	13.0	7.2	5.8
9	15.6	9.0	6.6
6	15.8	9.3	6.5
3	15.9	10.9	5.0
2	16.8	13.0	3.7
21	18.4	13.5	4.9
11	18.8	14.5	4.3
10	20.0	14.5	5.5

Det ble registrert store individuelle forskjeller i unnvikelsestemperaturen ved de ulike eksperimentene uten at det kan påvises ytre betingelser som har påvirket resultatene. Av tabell 2 fremgår at de øvre vendetemperaturer grupperte seg om 1) 8.2 - 11.7 (13.0), 2) 15.6 - 16.7 og 3) 18.4 - 20.0°C. Det er ingen sammenheng mellom øvre unnvikelsestemperatur og tilvenningstemperatur, opprinnelse til materiale, størrelse på fisken eller hvorvidt fisken var tilvennet akvariermiljøet på forhånd.

DISKUSJON

Hvis man skal måle hvilken temperatur fisk foretrekker (dvs. prefererer) å oppholde seg i, må den vedvarende ha muligheten for å sjøre et valg mellom to eller flere vannmasser med forskjellig temperatur. Slike eksperimenter er utført bl.a. med lakseyngel (f.eks. JAVAID & ANDERSON 1967). Det medfører imidlertid at man må etablere en stabil og kontinuerlig gradient.

Den foreliggende undersøkelse hadde som hovedformål å finne i hvilken utstrekning torsk vil svømme gjennom en temperaturgradient i sjøen - eller om fisken vil svømme vekk fra en slik gradient. Kunnskap om slik adferd er avgjørende for å kunne gi prognoser over sannsynlig fiskefordeling i en kjølevannsresepiant.

Eksperimentet er basert på at torsk lærer 1) å finne veien gjennom tunnelen 2) at det er en annen og mer behagelig temperatur på den annen side av tunnelen 3) at fisken kan føle en temperaturforskjell på 2.0°C , og at de to temperaturer som "sammenliknes" føles forskjellig i ubehagelighet. Videre er det forutsetningen at forholdene på hver side er ens miljømessig (dvs. lys, strøm, form på akvariet, farger etc.).

Den eksperimentelle metode har vært arrangert slik at det var 2.0°C forskjell på høyre og venstre side. Ved svømming (1 m/sek) i en gradient i sjøen vil temperaturforandringen pr. tidsenhet være mindre enn den som oppleves ved passering gjennom tunnelen i eksperimentakvariet. Derfor er det nødvendig at temperaturen i motsatt akvariedel "følger med" når temperaturen stiger eller faller.

Noen av forsøkene ble arrangert slik at fisken først fikk oppleve ens og tildels konstant temperatur i begge akvariehalvdeler for å sikre at fisken vennet seg til akvariet og tunnelen før fisken ble "stresset" ved temperaturforandringen. Imidlertid, de individene som i det hele tatt syntes å akseptere eksperimentbetingelsene roet seg ganske hurtig og lærte å finne tunnelen. Det viste seg etterhvert at fisken lærte hurtigst ved å bli plassert direkte i eksperimentsituasjonen.

Selv om enkelte fisk ble utsatt for opptil 22°C innen den svømte gjennom tunnelen, skremte ikke det fisken fra å svømme tilbake på et senere tidspunkt (Fig. 21).

Det viste seg at fisken i eksperimentsituasjonen svømte gjennom tunnelen mange flere ganger enn temperaturforandringen skulle tilsi. Fisken svømte til den motsatte side, men oppdaget formodentlig at miljøet der var fremdeles ugunstig og svømte straks tilbake. Dette fenomen ble også erfart av NEILL (pers.medd.). I noen tilfelle har fisken tydeligvis vært nervøs og har også benyttet tunnelen til generell svømmeaktivitet (Fig. 7). En har forsøkt å unngå dette ved å benytte mindre fisk f.o.m. FORSØK 14.

Det eksperimentelle system er konstruert slik at temperaturen i hver akvariedel hele tiden forandres, dvs. systemet simulerer at fisken svømmer i en temperaturgradient. Når fisken er i den høyre side simuleres at den svømmer mot økende temperatur, når den er i venstre side simuleres at den svømmer mot fallende temperatur. Når fisken forlater den ene side og forblir i den motsatte en stund, har temperaturen nådd yttergrensen for hva fisken aksepterer. I eksperimentet er dette kalt "Vendetemperatur" og denne simulerer at fisken snur og svømmer i motsatt retning.

De foreliggende eksperimenter fungerte slik at for den samme fisk fikk man registrert mange temperaturer som, i gjennomsnitt representerer fiskens øvre henholdsvis nedre unnvikelses-
temperatur. Mellom disse er fiskens temperaturtoleranse-område. Hvis dette er snevert vil det i praksis tilnærmet være fiskens preferanseområde.

Området mellom unnvikelsestemperaturene er i eksperimentene noe influert av hvor stor $T_H - T_V$ er innstilt i regulerings-enheten (Kfr. FORSØK 4-9). Foruten dette kan det tenkes at områdets størrelse er influert av fiskens evne til å føle og reagere på en liten temperaturforandring.

De gjennomsnittlige vendetemperaturer varierte meget (Tabell 2) og det er usikkert hvilke som er mest relevante for forholdene i sjøen. Hvis en sammenlikner med resultatene fra forsøk med dødelighet hos torsk (BØHLE, 1974), kan en se at den laveste temperatur som ga 50% dødelighet etter 10 døgn var 20.0°C . Dødeligheten under den temperatur var liten og ingen torsk i god kondisjon døde i kaldere vann enn 18.5°C .

Selv om dødelighet og unnvikelsesreaksjon er forskjellige begreper, antar en at torsk føler temperaturen henimot dødelighetsgrensen (LT_{50}) som ubekvem og det er nærliggende å anta at den øvre unnvikelsestemperatur er nær oppunder denne. Således antas at $15-17^{\circ}\text{C}$ kan tas som øvre unnvikelsestemperatur. Den forholdsvis store variasjon kan skyldes at fisken har vært i forskjellig stress-situasjoner og/eller at det er individuelle forskjeller i deres reaksjonsmønster. Den tredje mulighet er at de eksperimentelle betingelser fra forsøk til forsøk ikke har vært ens i alle henseende, men dette anses som lite sannsynlig.

Det er også mulighet for at den temperatur som fisk foretrekker å oppholde seg i kan være influert av årstiden, dvs. delvis uavhengig av den temperatur fisken er tilvendt noen uker i laboratoriet (SULLIVAN & FISHER, 1953).

Den nedre unnvikelsestemperatur (Tabell 2) varierte meget og var $3.7 - 5.8^{\circ}\text{C}$ ved $T_H - T_V = 2.0^{\circ}\text{C}$ og $6.5 - 6.9^{\circ}\text{C}$ ved $T_H - T_V = 3.2^{\circ}\text{C}$ (FORSØK 4-9). Hvilke av de registrerte nedre unnvikelsestemperaturer som sannsynligvis er mest "riktig" er usikkert, men det antas at ca. 5°C under øvre unnvikelsestemperatur dvs. $10-12^{\circ}\text{C}$ er det mest rimelige. Denne kan også være påvirket av de samme faktorer som nevnt ovenfor ved de øvre unnvikelsestemperaturer.

KONKLUSJON OG VURDERING I RELASJON TIL KJERNEKRAFTVERK

Trass i at resultatene varierte endel, viste de at torsk aksepterte opptil 16-17°C innen en unnvikelsesreaksjon oppstod. I noen tilfelle syntes det som om torsk aksepterte opptil 18-19°C. Den laveste temperatur som torsk aksepterer er ikke klarlagt ved dette eksperiment.

Stor fisk har tilstrekkelig egenbevegelse til å kunne nå ulike vannmasser. Hvor de foretrekker å oppholde seg - eller hvilke vannmasser de søker, kan være avhengig av temperatur, næringsforhold og årstid. I de foreliggende eksperimenter har det imidlertid ikke vært anledning til samtidig å studere temperaturens og f.eks. gytetidens innflydelse på fiskens adferd.

Ved et eventuelt kjernekraftverk vil det i kjølevannsreseipienten oppstå en temperaturgradient hvori de absolutte temperaturer vil variere med årstiden. De foreliggende resultater viser at torsk vanligvis vil akseptere - og muligens foretrekke, relativt høye temperaturer. Dette forhold kan aksentueres av f.eks. gode næringsforhold som tiltrekker fisken. Hvis beiteforholdene imidlertid blir dårligere, kan det forårsake at torsk av den grunn trekker vekk fra området. I slike tilfelle vil altså andre forhold maskere temperatureffekten.

Det antas at kjølevannet bare til visse tider av året vil få så høy temperatur at torsk vil holde seg borte fra reseipienten. Det området som torsken vil unnvike, vil sannsynligvis ha liten utstrekning.

REFERANSER

- BRETT, J.R. 1952 Temperature tolerance in young Pacific Salmon, genus Oncorhynchus. J.Fish.Res.Bd.Can. 9 (6):
- DANNEVIG, G. 1966 Kysttorsk. Jakt-Fiske-Friluftsliv (10) 1966
4 pp.
- JAVAID, M.Y. & J.M. ANDERSON, 1967 Thermal acclimation and temperature selection in Atlantic Salmon, Salmo salar, and Rainbow trout, S. gairdneri J.Fish.Res.Bd.Can. 24: 1507-1513
- NEILL, W.H. et al. 1972 Behaviour thermoregulation by fishes: A new experimental approach. Science 176: 1443-1445
- ROZIN, P.N. & J. MAYER, 1961 Thermal reinforcement and thermoregulatory behaviour in the Goldfish, Carassius auratus. 134: 942-943
- SAUNDERS, R.L. 1963 Respiration of the Atlantic Cod. J.Fish.Res. Bd.Can. 20: 373-386
- SULLIVAN, C.M. & K.C. FISHER, 1953 Seasonal fluctuations in the selected temperature of Speckled Trout, Salvelinus fontinalis (Mitchill). J.Fish. Res.Bd.Can. 10: 187-195
- SUNDNES, G. 1957 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 oljeforurenset 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: Føring og førsammensetninger til ørret og laks i matfiskproduksjonen.
S. Ugletveit: Pigmentering av lakse- og ørretkjøtt.
S. Ugletveit: Forsøk med ulikt vanninnhold i føret 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 E. Ellingsen: Brisling i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 13 D.S. Danielssen: Sild i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 14 S.A. Iversen: Makrell i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 15 S. Tveite: Ål i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 16 S. Tveite: Torsk i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 17 E. Ellingsen: Reker i Oslofjordområdet. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 18 B. Bøhle: Blåskjell i Oslofjorden. En oversikt over biologi og økonomisk betydning.
- " Nr. 19 E. Dahl, E. Ellingsen og S. Tveite: Fiskeri-biologiske undersøkelser i forbindelse med kjølevannsutslipp. Feltundersøkelser i Oslofjordområdet, januar - juni 1974.