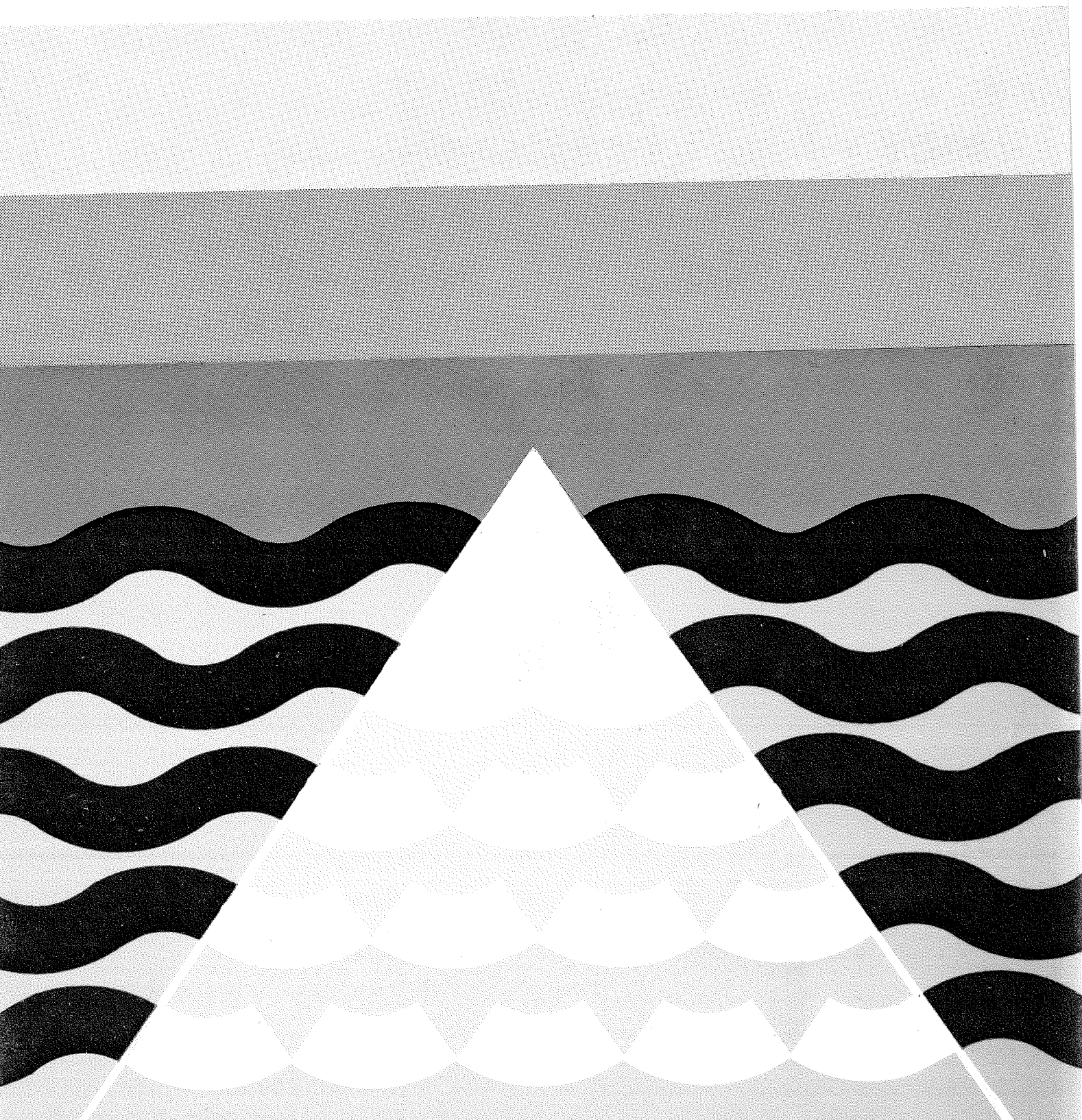


SERIE B  
1976 Nr. 9

# FISKEN og HAVET

RAPPORTER OG MELDINGER  
FRA FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT - BERGEN



SERIE B  
1976 Nr. 9

Begrenset distribusjon  
varierende etter innhold  
(Restricted distribution)

EKSPERIMENTER MED TEMPERATURPREFERANSE I HORISONTALE GRADIENTER  
HOS MARINE FISK - EN MIDLERTIDIG RAPPORT

AV

Bjørn Bøhle  
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt  
Statens Biologiske Stasjon Flødevigen, 4800 Arendal

Redaktør

Erling Bratberg

Juli 1976

## INNLEDNING

Dyrenes adferd, f.eks. matsøking, vandringer, lek og bevegelsesaktivitet bestemmes av medfødte instinkter og lærte reflekser.

En rekke miljøpåvirkninger og forandringer i miljøkvalitet er med på å bestemme fisks adferd, f.eks. saltholdighet, vannets kjemiske sammensetning forøvrig, temperatur, årstid og opptreden av andre fiske- eller dyrearter.

Blant disse er vannets temperatur en viktig faktor idet den har dyptgående virkning på fiskens fysiologi. Fisk er poikiloterme ("med varierende kroppstemperatur") og kan ikke regulere sin kroppstemperatur fysiologisk. Dette innebærer at fiskens kroppstemperatur i prinsippet er lik (eller nesten lik) det omgivende vanns temperatur. Imidlertid, fisk har mulighet til å regulere kroppstemperaturen ved å svømme til vann med en annen temperatur.

Når en fisk tilsynelatende oppsøker eller velger å oppholde seg i et bestemt temperaturområde, kan det også være bestemt av andre faktorer som også kan forsterke temperatureffekten (synergisme). Andre faktorer kan bety mer for fiskens adferd enn temperaturen selv som da vil kunne kamufleres eller motvirkes (antagonisme).

Sterke vertikale temperaturgradienter oppstår i stabile vannmasser i fjordene om sommeren. Forholdsvis markerte horisontale gradienter vil kunne oppstå ved utslipp av sjøvann som er brukt til kjøling i et varmekraftverk. Likevel er disse svakere, dvs. det er større fysisk avstand mellom isolinjene enn i normalt forekommende vertikale temperaturgradienter.

I laboratoriet er det ikke mulig å gjenskape korrekt de naturlige gradienter fordi de er for store i omfang, og forholdsvis store temperaturforskjeller må derfor arrangeres innen et lite område.

JAVAID og ANDERSON (1967) viste for lakesyngel at individenes næringsforhold og termiske forhistorie hadde betydning for hvilke temperaturer de senere ville foretrekke å oppholde seg i. Forsøkene ble utført med en temperaturgradient som ble arrangert

ved at vann strømmet sakte over varmeelementer i bunnen. Fiskenes adferd ble studert direkte ved observasjon. TAT'YANKIN (1972 og 1974) undersøkte temperaturpreferanse hos torsk, sei og hyse i horisontale gradienter.

Senere har NEILL, MAGNUSON og CHIPMAN (1972) benyttet et todelt akvarium hvor fisken ved sin adferd bestemmer (regulerer) temperaturen i de to halvdelene. Metoden er basert på at fisken lærer hvordan den kan regulere temperaturen i den omgivende vann, dvs. sin kroppstemperatur. Således kan en studere hvilke temperaturer fisk foretrekker og aksepterer. En slik eksperimentoppsetning ble benyttet av BØHLE (1974) for å undersøke temperaturpreferanse hos torsk. Den aksepterte temperatur syntes for de fleste av individene å være forholdsvis høy, 16-19°C for noen av fiskene.

I det foreliggende arbeid er problemene blitt vurdert slik at ved å eksperimentere også med fisks adferd i en horisontal gradient, vil en kunne få ytterligere opplysninger om fiskearters reaksjoner på ulike temperaturer og en mente å kunne få avkreftet eller bekræftet resultatene fra det todelte akvarium. Dessuten regnet en at det var mulig å eksperimentere med flere arter i en horisontal gradient enn i det todelte akvarium fordi den horisontale gradienten ikke satte så store krav til læring hos eksperimentfisken som det todelte akvarium medfører.

I denne midlertidige rapport skal kun refereres noen generelle erfaringer med metodikken og som eksempel gis resultatene fra et av forsøkene (nr. 10).

#### METODE OG MATERIALE

Oppbyggingen av forsøksapparatet har foregått etter det prinsipp som ble brukt av JAVAID og ANDERSON (1967) som benyttet en idé av OGILVIE og ANDERSON (1965).

En renne er bygget av 12 mm gjennomsiktige acrylplater. Dens innvendige mål er 270 x 25 cm. Med vannhøyde 12 cm inneholder rennen ca. 80 l vann. Nedkjølet sjøvann blir tatt inn i enden av rennen med konstant hastighet (Fig. 1). I inntakskammeret er overflaten varmeisoleret med plastkuler og vannet strømmes inn i rennen gjennom en perforert skillevegg. På bunnen av rennen er lagt i slyng 2 stk. plastbelagte varmeele-

menter som med 220 volt spenning gir en varmeeffekt på 2000 W. Til elementene er koblet en transformator med trinnsløs regulering således at avgitt varmeenergi kan varieres. Midt i karet langs-etter er lagt en slange med hull i passende avstand som avgir luftbobler. Over disse er en "falsk" bunn med tversgående spalter som hindrer fisken i å komme i berøring med varme-elementet som forøvrig har en forholdsvis lav overflatetemperatur.

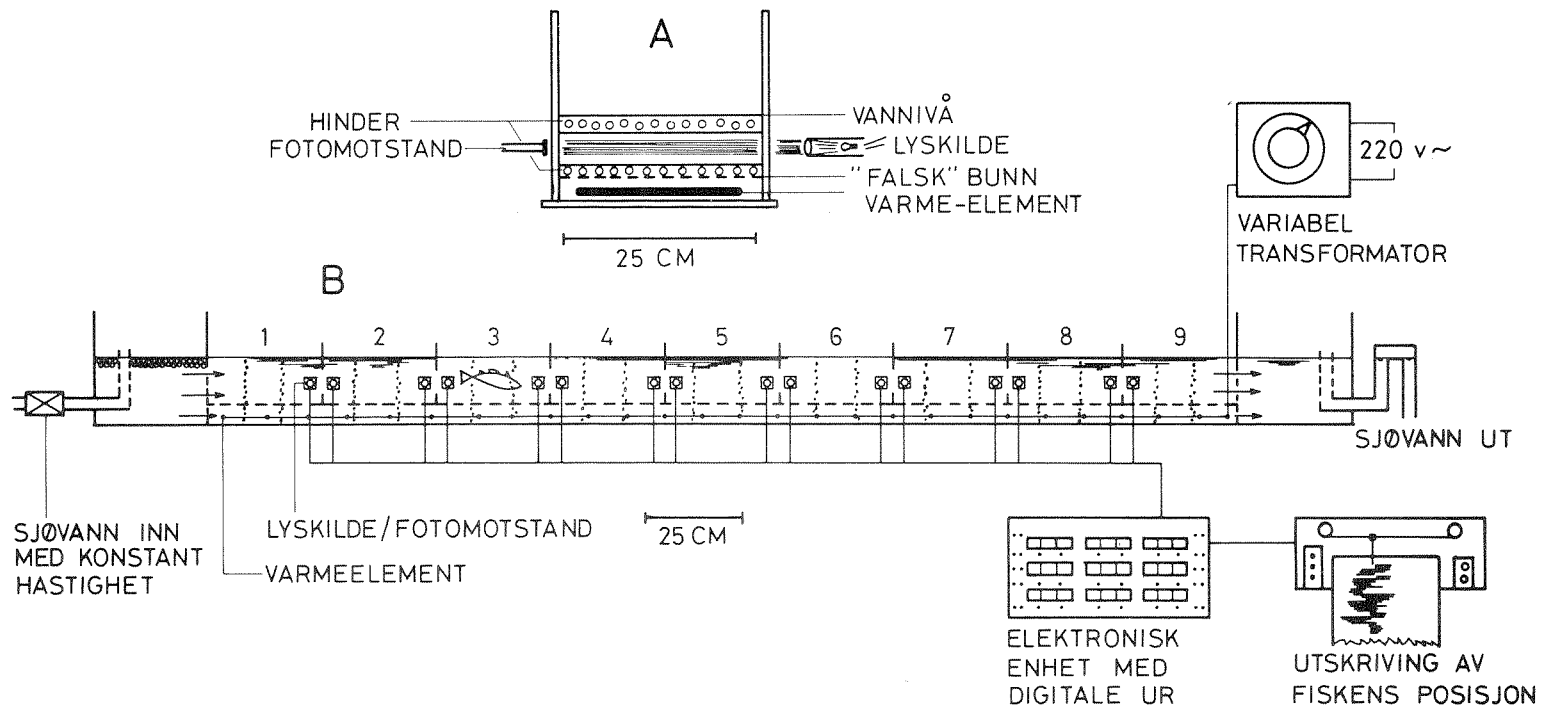
Når vannet passerer gjennom rennen, blir det gradvis oppvarmet og luftboblingen gjør at vannet på hvert sted blir gjennomblandet fra bunn til overflate. Det blir således en markert gradient med økende temperatur mot utløpet. Ved å regulere inntaksvannets temperatur, hastighet gjennom rennen og den varme som avgis fra varmeelementet, kan gradientens laveste temperatur og temperaturstigning kontrolleres. Ved en strøm på f.eks. 1,5 l/t, inntakstemperatur 9°C og varmeeffekt på 500 W, blir gradienten i området fra 10 til 20°C. Når temperaturen har stabilisert seg, vil gradienten holde seg uforandret uten begrensning i tid.

Ved å plassere en fisk i rennen kan en observere ved hvilken temperatur den foretrekker å oppholde seg eller hvilke temperaturområde den fraviker.

For å kunne registrere og kvantifisere hvor fisken oppholder seg gjennom en lengre forsøksperiode, er rennen delt inn i 9 deler. Ved skillene er det montert lyskilder og fotomotstander. For å lede eksperimentfisken foran fotomotstanden har en satt opp hinder av gjennomhullede acrylplater ved bunnen og overflaten.

Fotomotstandene står i forbindelse med en elektronikkenhet som setter igang eller stopper 9 digitale ur (timer, minutter, sekunder) tilsvarende de 9 delene av rennen. Når fisken f.eks. er i del nr. 1, går ur nr. 1, når fisken svømmer til del nr. 2, stopper ur nr. 1, og nr. 2 settes igang osv. På denne måten får en summert den tid fisken oppholder seg i hver del av rennen.

Til elektronikkenheten er koblet en skriver som registrerer hvor i rennen fisken til enhver tid befinner seg. Med en flerkanal punkt skriver registreres kontinuerlig temperaturen i de 9 rennedelene.



Selve rennen er i et lystett rom mens registreringsinstrumentene er plassert i tilliggende laboratorier.

For å kunne registrere fiskens bevegelser visuelt uten å forstyrre den og som kontroll på instrumentenes funksjon nyttes internt fjernsyn med kamera foran rennen og monitoren plassert i tilliggende laboratorium. Således kan fisken være uforstyrret gjennom hele forsøket. Belysningen over gradientrennen er forholdsvis moderat og består av 9 stk. 15 W lyspærer skjermet slik at ikke lyset faller direkte på rennen. Det er innrettet en automatisk regulering som gir 12 timers lys og 12 timers mørke.

Det første eksperimentene ble gjennomført ved å registrere fiskens posisjoner i rennen visuelt gjennom det interne fjernsyn. Senere ble benyttet den automatiske registreringen. Ved de første av disse eksperimenter ble benyttet hvitt synlig lys mot fotomotstandnene. Senere er det foran lysene satt filter som kun slipper gjennom den infrarøde del av spekteret. Dette gjør at lysnivået i rennen er meget lavt og mer jevnt selv i forsøk uten filter foran lysene ble fisken vant til det høye lysnivået.

Fra fotoene av registreringsurene ble for hver 2-timers periode tiden som fisken hadde vært i de ulike deler av gradienten regnet ut. Med temperaturavlesningene i gradienten ble den gjennomsnittlige temperatur beregnet ut fra frekvensfordelingen av oppholdstid ved de ulike temperaturer. Også standardavvik og konfidensintervall (95% - sannsynlighet) ble beregnet. Alle disse beregninger ble utført med en programérbær elektronisk regnemaskin.

I løpet av eksperimentet forandres fra tid til annen temperaturen i rennen og det observeres hvorvidt fisken f.eks. forflytter seg og "følger etter" visse temperaturer - områder som den måtte foretrekke. Dette er en kontroll på at det ikke er posisjonen i rennen eller andre faktorer, men temperaturen som er bestemmende for den adferd som registreres.

Gradientrennens dimensjoner begrenser hvor stor fisk som kan undersøkes. Hittil er benyttet 0 og 1-gruppe fisk av torsk og hvitting. Dypvannsreke og brisling er også forsøkt i rennen men det var mislykket fordi dypvannsrekene er forholdsvis lite aktive, og

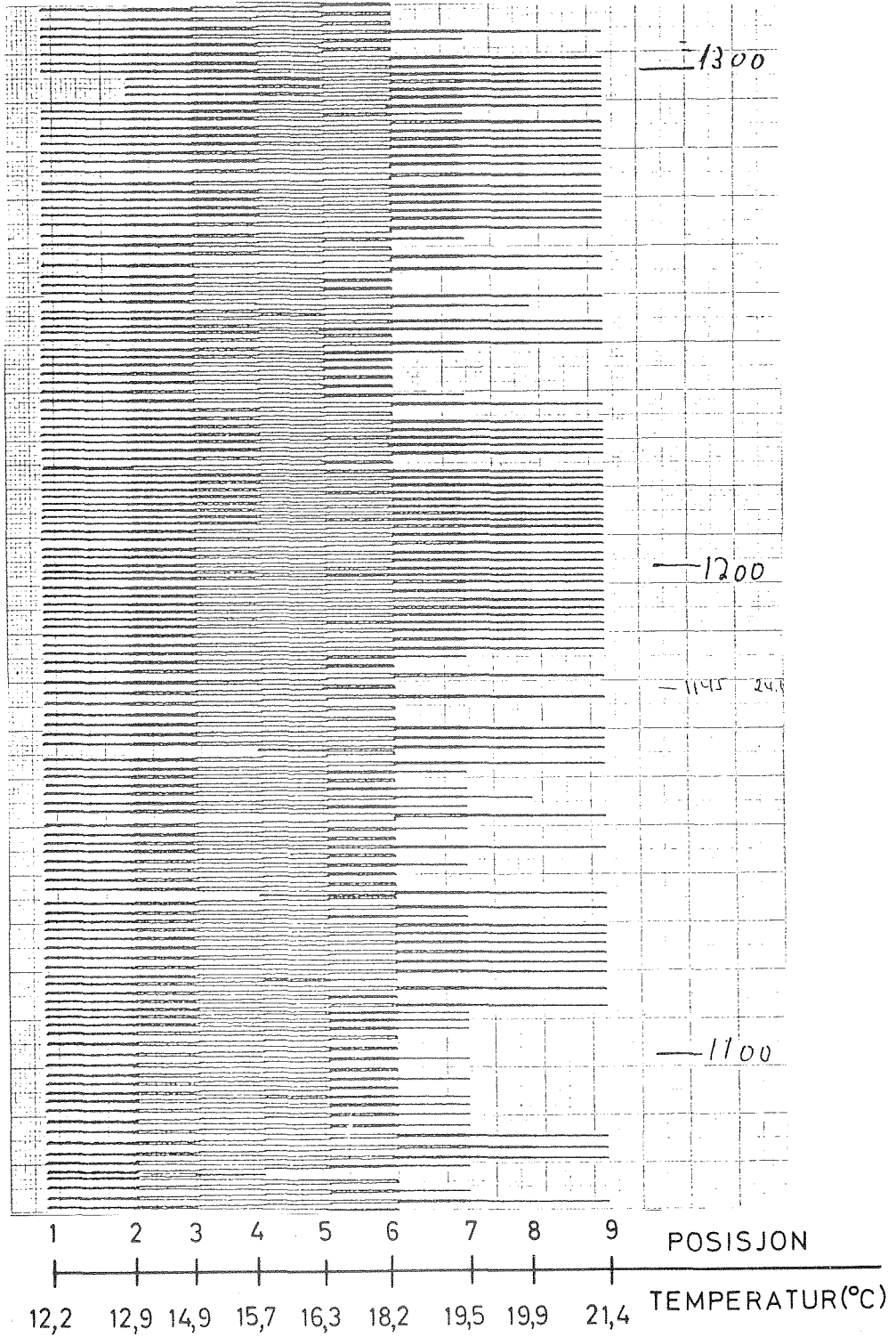


Fig. 2. Eksempel på registrering av fiskens posisjon og bevegelser i temperaturgradienten i en periode med forholdsvis høy aktivitet (periode merket A på Fig. 6).



brisling klarte ikke å avfinne seg med rennens dimensjoner og form. De svømte rundt og virret inntil de døde etter få timer. Til sammenligning har vi hatt mer enn 1000 brisling i 2500 l akvarier i måneder med bare liten dødelighet.

## RESULTATER OG DISKUSJON

Forsøket omfattet en hvitting, fisket i Flødevigen i oktober 1975. Det ble gjennomført i tiden 23. januar til 3. februar 1976. Fisken var på forhånd tilvent  $12^{\circ}\text{C}$ . Fig. 2-4 viser eksempler på adferdsregistrering ved 3 ulike 2 timers perioder. Det er valgt ut perioder da fisken hadde forholdsvis høy aktivitet (Fig. 2), temmelig lav aktivitet (Fig. 3) og ekstrem lav aktivitet (Fig. 4).

På grunnlag av hvilke temperaturer som var i gradienten og fiskens aktivitetsmønster, ble ulike tidsperioder tatt ut for tallmessig behandlig.

Fig. 6 gir en samlet fremstilling av resultatene gjennom hele forsøket. De første timer etter at fisken ble satt i rennen var den urolig og svømte meget frem og tilbake. Dette ga seg utslag i forholdsvis store konfidensintervall for gjennomsnittstemperaturen. Gradientens utstrekning var fra  $9,7$  til  $19,0^{\circ}\text{C}$ . Den neste dag ble temperaturen i rennen øket slik at den gikk fra  $12,3$  til  $21,6^{\circ}\text{C}$ . Det ses at denne delen av eksperimentet var den gjennomsnittlige temperaturen fisken oppholdt seg i vesentlig  $13-16^{\circ}\text{C}$ . I det 4. døgn ble gradientens utstrekning igjen satt på et lavere temperaturnivå, denne gang til  $8,9 - 17,4^{\circ}\text{C}$ . Fisken forflyttet seg da i rennen men foretrakk stort sett de samme temperaturer som tidligere. I det 7. og 8. døgn ble temperaturene igjen hevet og gradientutstrekningen ble  $13,1 - 21,5^{\circ}\text{C}$ . Da flyttet fisken tilbake i rennen igjen, men valgte likevel å oppholde seg i høyere temperatur enn tidligere, ca.  $16-18^{\circ}\text{C}$ . I det 9. og 10. døgn holdt fisken seg i så høy temperatur som  $20-21^{\circ}\text{C}$ .

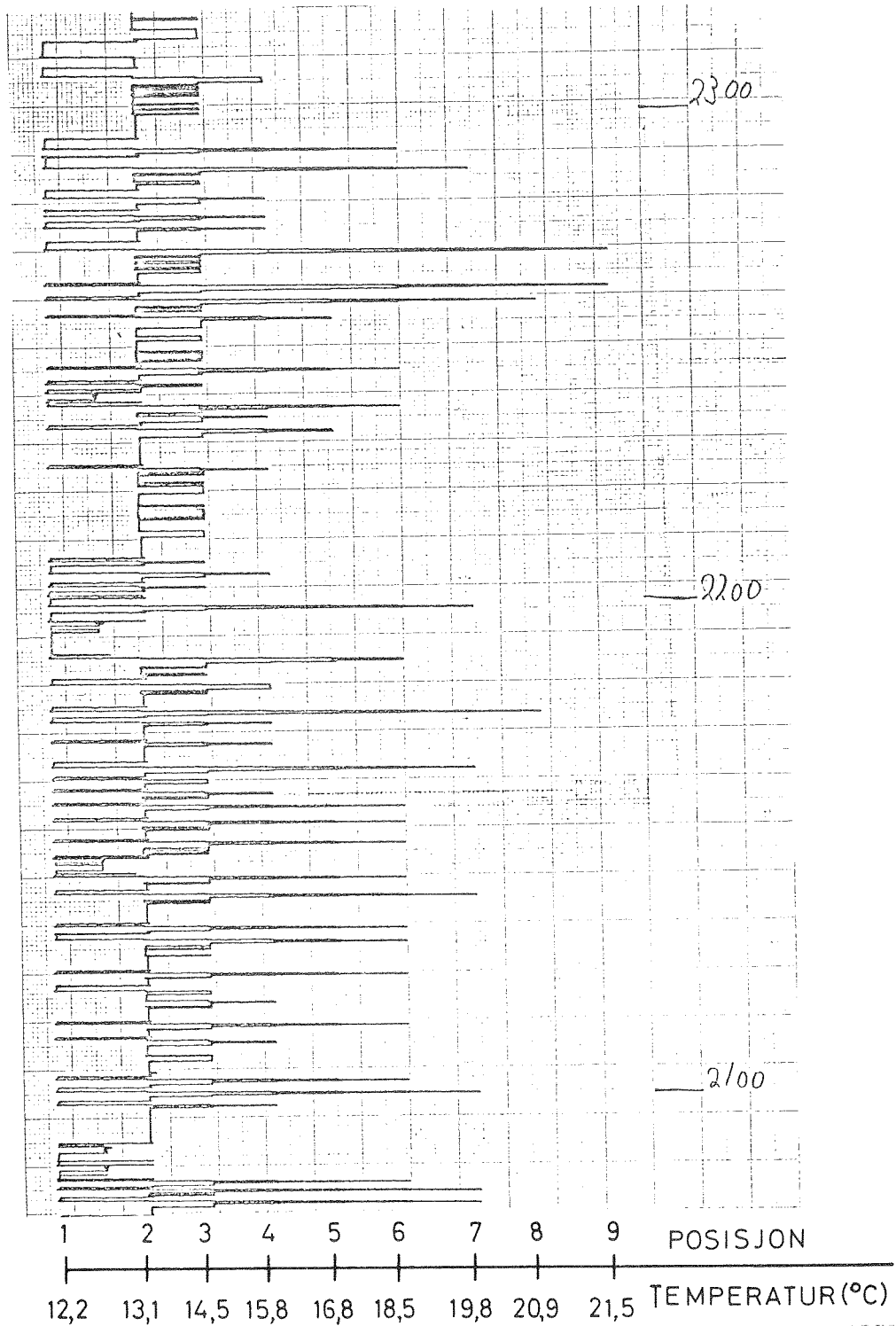


Fig. 3. Eksempel på registrering av fiskens posisjon og bevegelser i temperaturgradienten i en periode med lav aktivitet (periode merket B på Fig. 6).

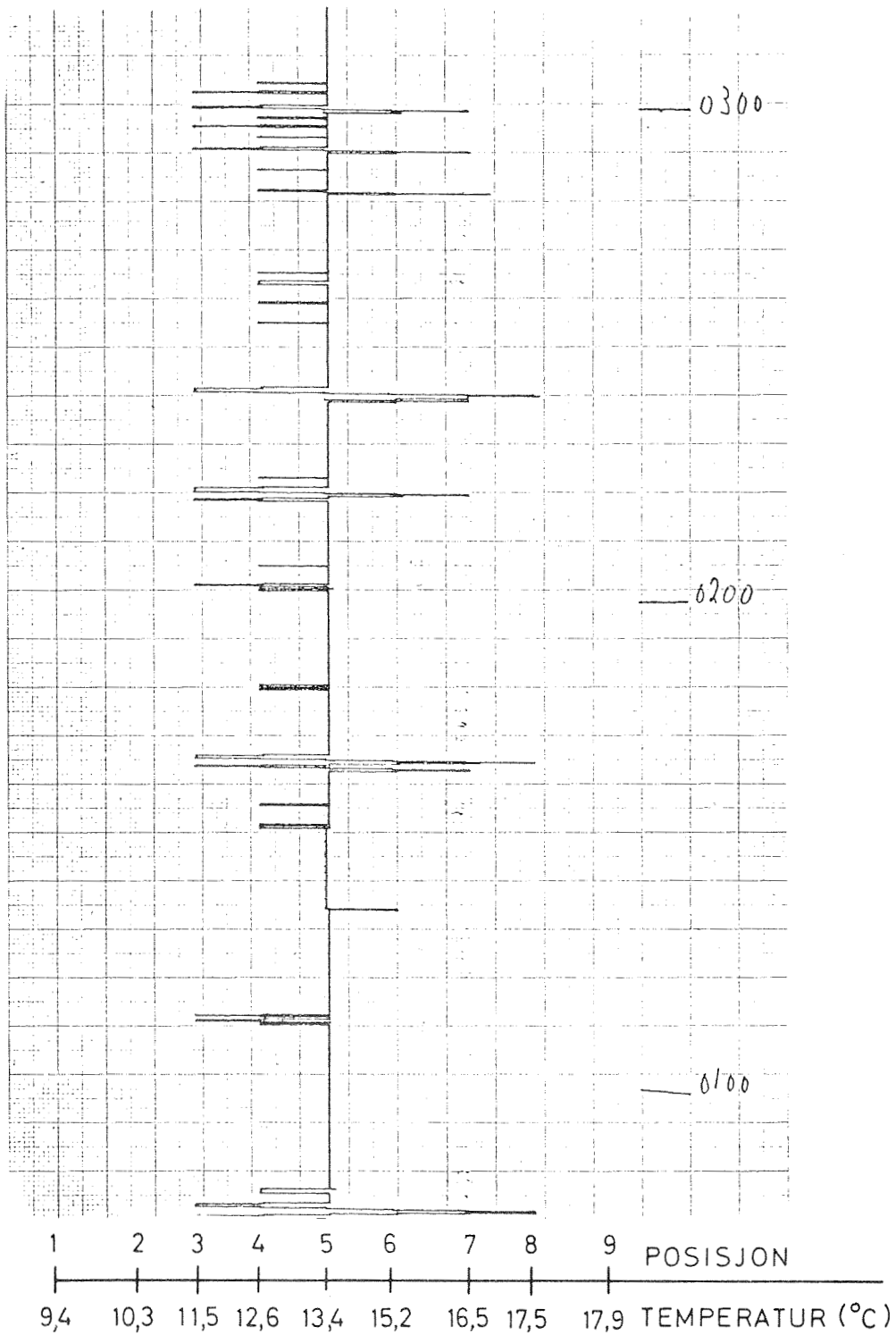


Fig. 4. Eksempel på registrering av fiskens posisjon og bevegelser i temperaturgradienten i en periode med ekstrem lav aktivitet (periode merket C på Fig. 6).

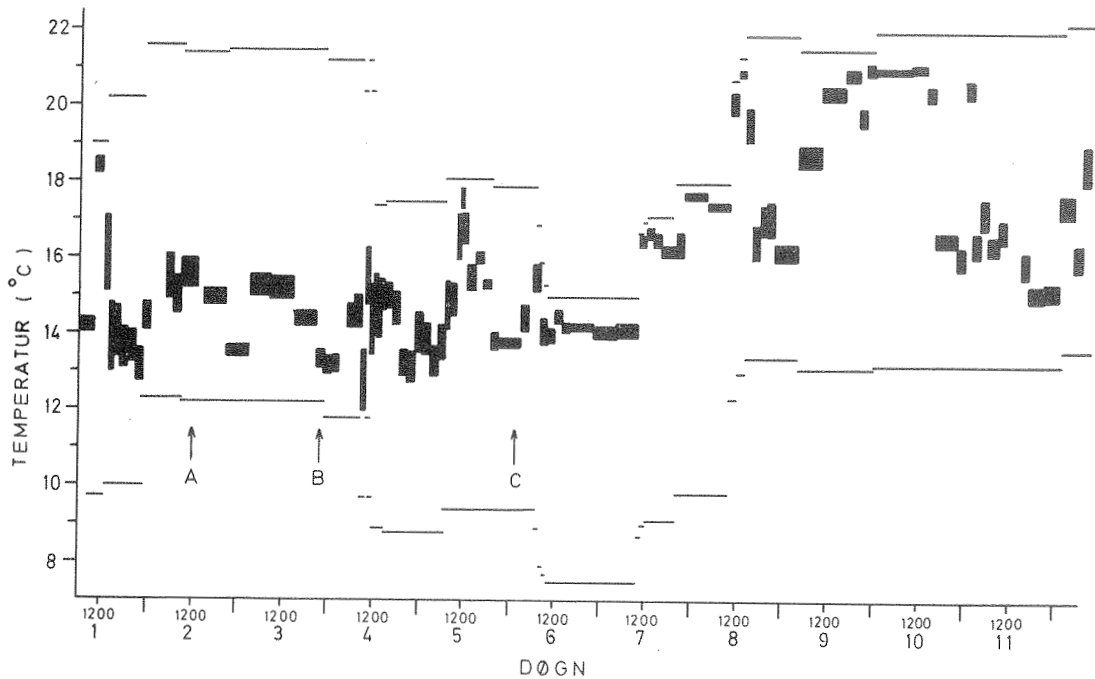


Fig. 6. Konfidensintervall (95% sannsynlighet) for den gjennomsnittlige temperatur fisken har oppholdt seg i perioder gjennom forsøket. Figuren viser også gradientens utstrekning til enhver tid. A, B og C angir de perioder som er fremstilt på Fig. 2, 3 og 4.

Fig. 3 viser at hvittingen i dette eksperimentet tok "avstikkere" mot endene av gradienten men når den fant temperaturen der ugunstig, reagerte den ved å svømme tilbake til det området den foretrakk. Ved visuell observasjon viste det seg å være vanlig at jo lengre vekk fra det aksepterte område fisken svømte, jo hurtigere reagerte og svømte den tilbake til det aksepterte temperatur-område.

De sorte feltene på Fig. 6 kan gi et misvisende inntrykk av at fisken bare beveger seg innen det området. Som vist på Fig. 2-4, er det ikke tilfelle. I de perioder da fisken beveget seg innen et visst temperaturområde, kunne man ane vendetemperaturen, dvs. der hvor fisken snur og svømmer tilbake til mer akseptabel temperatur. Temperaturområdet som omfattes av disse grenser er naturligvis bredere. Av adferdsregistreringene (f.eks. nederst på Fig. 3) kan i endel tilfelle vendetemperaturene grovt anslås.

Fisk har behov for bevegelsesaktivitet - i et område hvor temperaturen er akseptabel. Det er sannsynlig at de prefererte temperaturer i den eksperimentelle gradienten utgjorde et for lite romlig

område dvs. at temperaturstigningen er høy i forhold til hva som forekommer i sjøen. Det kan gjøre at resultatene blir noe utydelige idet den naturlige bevegelsesaktivitet også strekker seg inn i egentlig uakseptable temperaturer. Den kontinuerlige luftboblingen er et unaturlig element for fiskene, men det syntes som om de ikke ble forstyrret av den. Heller ikke hinderne som ledet fisken foran fotocellene syntes å forstyrre fisken nevneverdig. Eksperimentfiskene syntes å venne seg til de forholdsvis sterke lyskildene til fotomotstandene temmelig raskt og svømmebevegelsene var like rolige ved lysene som andre steder.

Flere forskere har understreket betydningen av den temperatur fisken er blitt tilpasset på forhånd - for den påfølgende prefererte temperatur. Grunnet ujevn tilgang på fisk og begrenset mulighet for nedkjøling av sjøvann, er det ikke alltid mulig å få fisken tilpasset den rette temperatur til rett årstid.

Fordi urene bare registrerer hele sekunder, tapes brøkdeler av ett sekund når fisken svømmer fra en gradientdel til en annen. Dette gjør registreringene noe unøyaktig, mer over en 1 mg i ridd vil det utjevnes, og den forholdsvis fordeling av oppholdstid ved de ulike temperaturer vil bli temmelig korrekt. Jo roligere fisken svømmer, jo færre passasjer blir det og jo mindre blir feilene.

FERGUSON (1958) hevdet at de preferansetemperaturer som fremkom ved laboratorieeksperimenter (vertikal gradient), gjerne var høyere enn de temperaturer fisk ble funnet ved i sjøen. Dette gjaldt spesielt for fisk med forholdsvis høye preferansetemperaturer. For fisk med lave preferansetemperaturer, var overenstemmelsen tilfredsstillende. NEILL og MAGNUSON (1974) fant derimot god overenstemmelse mellom de preferansetemperaturer som ble funnet ved eksperimenter med det todelte akvarium ("behaviour thermoregulation") og feltundersøkelser. Ved deres undersøkelse ble det også tatt hensyn til alder (størrelse) på fisken og hvorvidt fangstene av fisk i sjøen var tatt om natten eller om dagen.

Resultatene fra forsøket med hvitting viser at denne art kan ha evne til å finne et bestemt temperaturområde i en gradient. På den annen side synes det som om hvittingen etter hvert foretrakk noe høyere temperatur hvilket er i overenstemmelse med COUTANT (1975). Denne hvitting foretrakk også betydelig høyere temperaturer enn den var tilvent. Det faktum at fisken, ihvertfall i første del av forsøket, "fulgte etter" visse temperaturer ved forandring av gradienten, tyder på at det var temperaturen i seg selv fisken reagerte på i eksperimentet.

#### SAMMENDRAG

For å få ytterligere opplysninger hvorvidt fisk prefererer spesielle temperaturområder, er det blitt eksperimentert med små individer av torsk og hvitting i en horisontal temperaturgradient.

Akvariet er 270 cm langt og temperaturgradienten ble opprettet ved å la sjøvann renne meget sakte over varmeelementer i bunnen. Det totale temperaturforskjell var ca. 10°C.

Ved hjelp av lyskilder, fotomotstander og en elektronikkenhet blir fiskens posisjon i temperaturgradienten registrert kontinuerlig og utskrevet på papir.

Undersøkelsen er kommet igang og i denne midlertidige rapport er vist som eksempel resultatet fra et forsøk med en hvitting. I dette forsøk foretrakk hvitting som var tilvent 12°C oftest 13-16°C. Mot slutten av eksperimentet syntes fisken å foretrekke enda høyere temperaturer i perioden 20-21°C.

Ytterligere resultater og konklusjoner må utstå til flere eksperimenter er gjennomført.

REFERANSER

- BØHLE, B. 1974. Temperaturpreferanse hos torsk (Gadus morhua L.)  
Fisken og Havet Ser. B, 1974 (20): 1-28.
- COUTANT, C.C. 1975. Temperature selection by fish - a factor in  
power plant impact assessments. p. 575-597 in ANON.  
Environmental effects of cooling systems at nuclear  
power plants. IAEA, WIEN.
- FERGUSON, R.G. 1958. The preferred temperature of fish and their  
midsummer distribution in temperature lakes and  
streams. J.Fish.Res.Bd Can., 15: 607-624.
- JAVAID, M.Y. and ANDERSON, J.M. 1967. Thermal acclimation and temp-  
erature selection in Atlantic salmon Salmo salar and  
Rainbow trout, S. Gairdneri. J.Fish.Res.Bd Can.,  
24: 1507 - 1513.
- NEILL, W.H. and MAGNUSON, J.J. 1974. Distributional ecology and  
behavioural thermoregulation of fishes in relation  
to heated effluent from a power plant at Lake  
Montana, Wisconsin Trans.Am.Fish.Soc., 103: 663-710.
- NEILL, W.H., MAGNUSON, J.J. and CHIPMAN, G.G. 1972. Behaviour  
thermoregulation by fishes: A new experimental  
approach. Science, N.Y., 176: 1443-1445.
- OGILVIE, D.M. and ANDERSON, J.M. 1965. Effects of DDT on temperature  
selection by young Atlantic salmon, Salmo salar.  
J.Fish.Res.Bd Can., 22: 503-512.
- TAT'YANKIN, YU.V. 1972. The distribution of juvenile cod (Gadus  
morhua morhua (L)) Pollock (Pollachius virens (L))  
and haddock (Melanogrammus aeglefinus (L)) under  
temperature gradient conditions. J. Ichthyol., 12:  
1002-1011.
- TAT'YANKIN, YU.V. 1974. The effect of the preliminary adaption  
temperature on the distribution of juvenile cod  
(Gadus morhua morhua ) and pollock (Pollachius  
virens) within a temperature gradient. J. Ichthyol.  
14: 755-760.

FISKEN OG HAVET, SERIE B

Oversikt over artikler som finnes i tidligere nr.

- 1976 Nr. 1 Svein Sundby : Oseanografiske forhold i området Malangsgrunnen-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. Wilhelmssen : 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 : Temperaturens innvirkning på hummerens (Homarus gammarus L.) dødelighet og vekst i første leveår.
- 1976 Nr. 6 Einar Dahl, Else Ellingsen og Stein Tveite : Fiskeri-biologiske undersøkelser i Langesundsområdet, august 1974 - oktober 1975.
- 1976 Nr. 7 Bjørn Bøhle : Dødelighet av sei (Gadus virens), hvitting (Gadus merlangus) og brisling (Clupea sprattus) i oppvarmet sjøvann og dødelighet av torsk (Gadus morhua L.) ved korttidseksponering i oppvarmet sjøvann.
- 1976 Nr. 8 Bjørn Bøhle : Temperatureffekt på embryonalutvikling og klekking av egg hos dypvannsreke (Pandalus borealis KRØYER ).