

**Registrering av fisk i Gjersjøen
ved hjelp av hydroakustisk utstyr.**

**Åge Brabrand
Laboratorium for ferskvanns-
økologi og innlandsfiske,
Zoologisk Museum,
Oslo**

**Bjørn Faafeng
Norsk Institutt for Vannforskning,
Oslo**

**Jens Petter Nilssen
Zoologisk Institutt,
Universitetet i Oslo**

FORORD

Som en del av forskningsprosjektet "Biologisk kontroll av algeoppblomstringer" er det foretatt ekkoloddregistreringer i Gjersjøen for å skaffe informasjon om fiskens vertikal- og horisontalfordeling i vannmassene samt fordeling av de ulike lengdegrupper av fisk. Undersøkelsen er finansiert av Norges Teknisk-naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF's utvalg for eutrofiforskning) og Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA).

Utstyret ble utlånt fra Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske ved DKNVS, Zoologisk Museum, Trondheim.

Undersøkelsen er utført i samarbeid med NTNF-industri-stipendiat, cand.real. Torfinn Lindem. Han har stått for analyse av de hydroakustiske data og for den tekniske beskrivelse av ekkoloddet SIMRAD EY-M under kap.2. Han takkes herved for velvillig innsats.

Selve analysen av de hydroakustiske data er utført på en mikrocomputer, og programrutinene som benyttes er utviklet under et industristipend fra Norges Teknisk-naturvitenskapelige Forskningsråd i samarbeid med SIMRAD A/S og Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.

Det rettes takk til dr.philos. Arnfinn Langeland, cand.mag. Finn Løvhøiden, cand.agric. Jan-Olav Styrvold og innlandsfisker Paal Wendelbo, som alle har bidratt til gjennomføringen av undersøkelsen. Videre takkes DVF, Mjøsundersøkelsen ved cand.real. Odd Terje Sandlund for utlån av trål og gjennomføring av fiske.

Oslo, september 1981.

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	5
2.	MATERIALE OG METODER	6
3.	RESULTATER	9
	Ekkogrammer	9
	Avsnitt sør (A)	9
	Innsjøens hovedbasseng (avsnitt B og C)	15
	Variasjon i estimatet	16
	Relativ størrelsesfordeling	18
	Reell lengdefordeling	19
	Totalbestand i pelagialsonen	22
4.	DISKUSJON	25
5.	SAMMENDRAG	31
6.	SUMMARY	33
7.	LITTERATUR	35

1. INNLEDNING

Ved en rekke biologiske undersøkelser er det av stor betydning å kjenne fiskebestandens totalstørrelse og hvordan de ulike størrelsesgrupper av fisk er representert i bestanden. Dette gjelder både undersøkelser i forbindelse med praktisk fiskepleie og i mer forskningsrettet virksomhet. I forbindelse med forskningsprosjektet "Biologisk kontroll av algeoppblomstringer" ble det i Gjersjøen i 1980 foretatt undersøkelse med ekkolodd 5.mai og 18.september. Begge døgn ble det foretatt omfattende registrering på dagtid (kl.12.00 - 17.00) og nattid (kl.23.00 - 02.00) i forskjellige deler av innsjøen. Parallelt med dette ble det foretatt innsamling av fisk med tradisjonell redskap som garn, elektrisk fiskeapparat, trål og not.

Hensikten med denne undersøkelsen var å få kjennskap til fiskens fordeling i de frie vannmasser, spesielt antall fisk (størrelsesgrupper) pr. arealenhet innsjøflate i utvalgte horisontale sjikt. Registreringen gir et øyeblikksbilde av hvor i vannmassene fisken befinner seg, og metoden gjør det derfor mulig å diskutere fiskens vandringer innenfor korte tidsintervall. Bearbeidelse av ekkogrammene er også foretatt for å undersøke variasjon i estimatet langs kursene. Rapporten bør betraktes som en del av den metodeutvikling som foregår på området registrering av fisk ved hjelp av hydroakustisk utstyr.

2. MATERIALE OG METODER

Alle ekkoregistreringer ble gjort med et ekkolodd av type SIMRAD EY-M. Dette ekkoloddet har en tidsvariabel forsterkningskontroll (TVG), som kompenserer for lydpuksens spredning og absorpsjon i vannet. Denne TVG-funksjonen vil gi samme ekkonivå fra en gitt fisk, enten den befinner seg på 10 eller 60 meters dyp, bare den har samme vinkelposisjon i forhold til transduceren (Forbes & Nakken, 1972).

Transduceren har en åpningsvinkel på 11 grader og ekkoloddets vertikale oppløsningsevne er på ca. 80 cm. Det vil si at fisk som er atskilt i dyp med mer enn 80 cm, vil bli registrert som to forskjellige fisker.

Effekten av transducerens strålingsdiagram blir fjernet ved hjelp av en statistisk metode lik den som ble beskrevet av Craig & Forbes (1969). Metoden ser ut til å gi god nøyaktighet når ekkotallet i analysen blir større enn 100. Presisjonen på utstyret er funnet å være bedre enn 10 %.

Under dataregistrering i felt blir alle ekkosignalene innspilt på magnetbånd ved hjelp av en kassettspiller av type Nakamichi 550. Denne båndspilleren vil, sammen med magnetbånd av type Maxell UD XL11, gi nødvendig dynamikk ved innspilling av de amplitudemodulerte ekkosignalene på 10 KHz.

Det analoge ekkosignalet blir senere digitalisert av en mikrocomputer og lagret på floppy-disk. De digitale signalene kan kontrolleres ved at computeren reproducerer et ekkogram fra den aktuelle kursen. Dette ekkogrammet kan så sammenliknes med originalen som ble registrert i felt. Ekkogrammer ble tatt opp på magnetbånd langs kursene angitt i Fig.1.

I lengde-frekvens-histogrammene angis fiskens målstyrke, target strength, i desibel (dB). Disse verdiene kan omregnes til fiskelengde i cm.

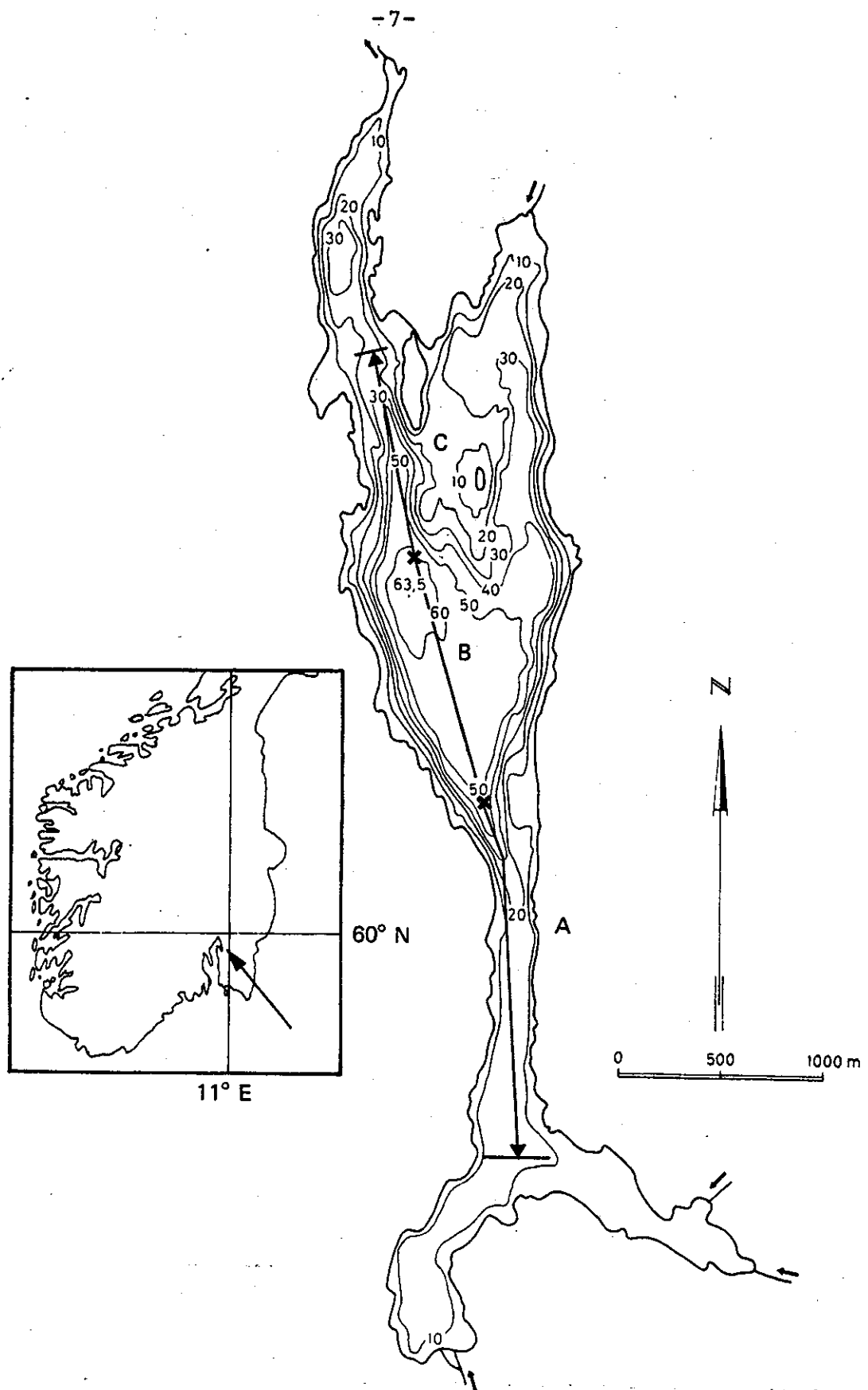


Fig.1. Dybdekart over Gjersjøen med inntegnet kurs (A, B og C) for ekkogramopptak 6.mai og 18.september 1980. *Lake Gjersjøen with profiles (A, B and C) for taped echogram records on 6 May and 18 September 1980.*

Ved begge registreringer ble fisk observert med en ujevn horisontal fordeling. Størst fisketetthet ble funnet i innsjøens dype hovedbasseng. Totalbestanden i innsjøens frie vannmasser ble forsøkt kvantifisert ved stratifisert sampling, d.v.s. at opptak og bearbeidelse av ekkogrammer ble gjort separat for ulike deler av innsjøen. Geografisk avgrensning ble foretatt i hver del av innsjøen med relativt homogen fisketetthet (vurdert visuelt av ekkogrammet i felt), og arealet senere begrenset. Bearbeidelse av ekkogrammet ble foretatt separat for hvert innsjøavsnitt, slik at totalbestanden av pelagisk fisk for hver størrelsesgruppe fremkommer ved summering av antall fisk fra de ulike arealer.

$$\text{Totalbestand: } \sum_{e=1}^i A \cdot A_e + B \cdot B_e + C \cdot C_e + \dots + N \cdot N_e$$

i = eldste/største lengdegruppe

$A, B, C \dots N$ = arealer med tilnærmet homogen fisketetthet

$A_e, B_e, C_e \dots N_e$ = antall fisk pr. arealenhet i størrelsesgruppe e i areal $A, B, C \dots N$.

I tilknytning til ekkoloddregistreringene om natta ble det utført fiske med forskjellige typer redskap. I mai ble det fisket med flytenot brukt som snurrevad. Denne var ca. 60 m lang, 4 m dyp (2 m ved ørene) og maskevidden i posen var 5 mm. I september ble det brukt trål (utlånt fra DVF, Mjøsundersøkelsen) og flytegarn. Trålen hadde åpning på 6 x 12 m, med maskevidde i innerposen på 5 mm. Redskapen ble trukket i overflaten ca. 1000 m i hovedbassenget med 2 båter med hastighet 1 - 2 knop. Avstanden mellom båtene ble holdt konstant på 60 m ved hjelp av tau.

Flytegarnfisket ble utført med 25 x 6 m monofil, 3 lenker á 2 garn med maskevidder 54, 40, 32, 28, 18 og 24 omfar. Garn ble satt 1 m under vannflaten slik at de dekket vannprofilet 1 - 7 m ned.

3. RESULTATER

Ekkogrammer

Utskrift av ekkoloddet på dagtid fra hovedbassenget 6.mai 1980 er vist i Fig. 2A. Det ble påvist lite fisk i de frie vannmasser, både i det grunnere sørlige området og i det dypere hovedbassenget (avsnitt B og C). Nær land på 7 - 10 meters dyp ble det imidlertid påvist til dels store stimer av fisk, noe som fremgår av ekkogrammet. Opptak på magnetbånd ble ikke foretatt på dagtid.

Fordelingen av fisk påfølgende natt er vist i Fig. 2B. De tette stimerne var løst opp, og ekkogrammet viser store mengder pelagisk enkeltfisk. Bearbeiding av opptaket 6.mai 1980 ble gjort langs avsnitt A, B og C for tre forskjellige dybdesjikt: 1 - 5 m, 5 - 10 m og 10 - 15 m, i hovedbassenget også i 2 meters dybdeintervaller fra 2 til 10 meters dyp.

Utskrift fra ekkoloddet på dagtid 18.september 1980 (Fig.3A) viser relativt jevn horisontal fordeling av stimer i de øverste 8 metrene. Dette gjelder både nær land i de grunnere områder i sørlig del og i hovedbassenget. Nattregistreringen viste derimot enkeltfisk fra overflaten og ned til 8 meters dyp, med størst konsentrasjon av fisk mellom 6 og 8 m (Fig.3B). Bearbeiding av opptaket 18.september 1980 ble gjort for dybdesjiktet 1 - 8 m i det sørlige grunnområdet og for dybdesjiktet 1 - 9 m i hovedbassenget. Sistnevnte kurs ble også bearbeidet med henblikk på 2 meters dybdeintervaller fra 2 til 10 meters dyp.

Avsnitt Sør (A)

Kursen omfatter et 1 500 m langt, 200-300 m bredt innsjøavsnitt med maksimalt dyp på ca. 20 m. Her ble det 6.mai 1980 beregnet en gjennomsnittlig fisketetthet på 3 583 fisk/ha. Av disse sto 3 261 i dybdesjiktet 1 - 5 m under overflaten (se Fig. 4), mens 240 fisk/ha og 82 fisk/ha henholdsvis sto i sjiktene 5 - 10 m og 10 - 15 m under overflaten. Langs samme

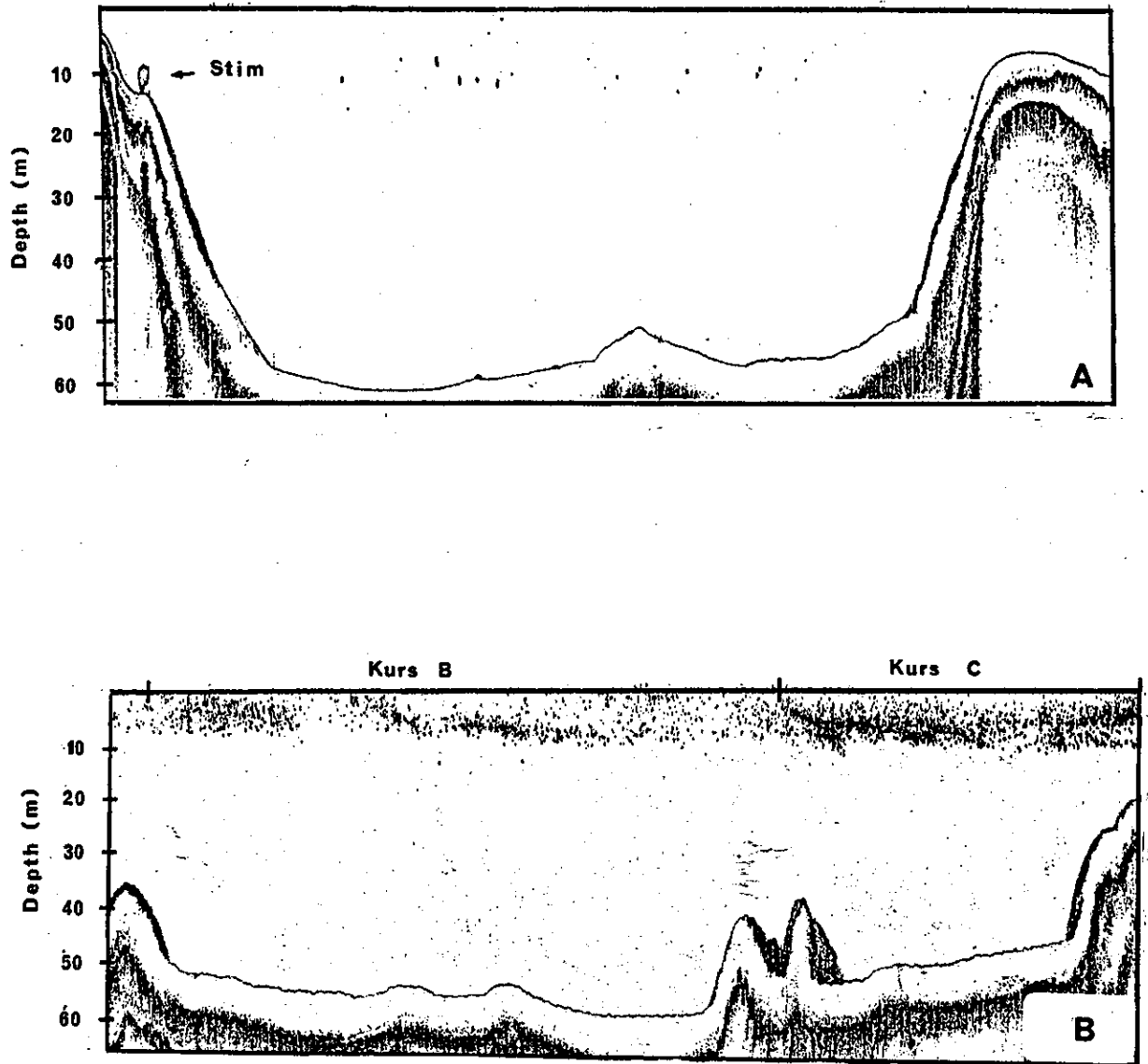


Fig.2. Ekkogram fra hovedbassenget (kurs B og C) i Gjersjøen 6.mai 1980 kl.14.00 (A) og 24.00 (B).
Echograms from the deep area (profile B and C) of Lake Gjersjøen on 6 May 1980 at 1400 h. (A) and 2400 h. (B).

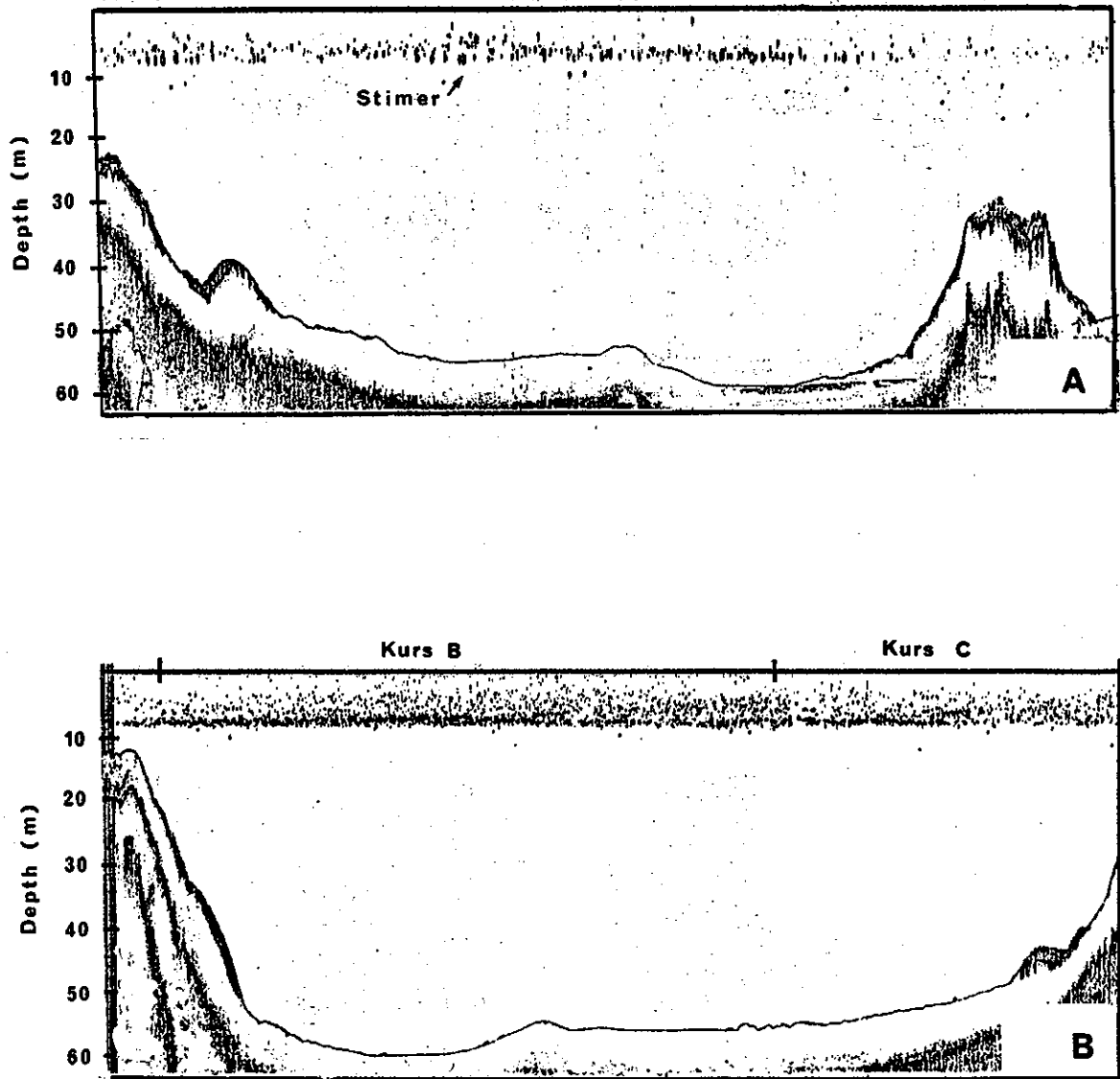
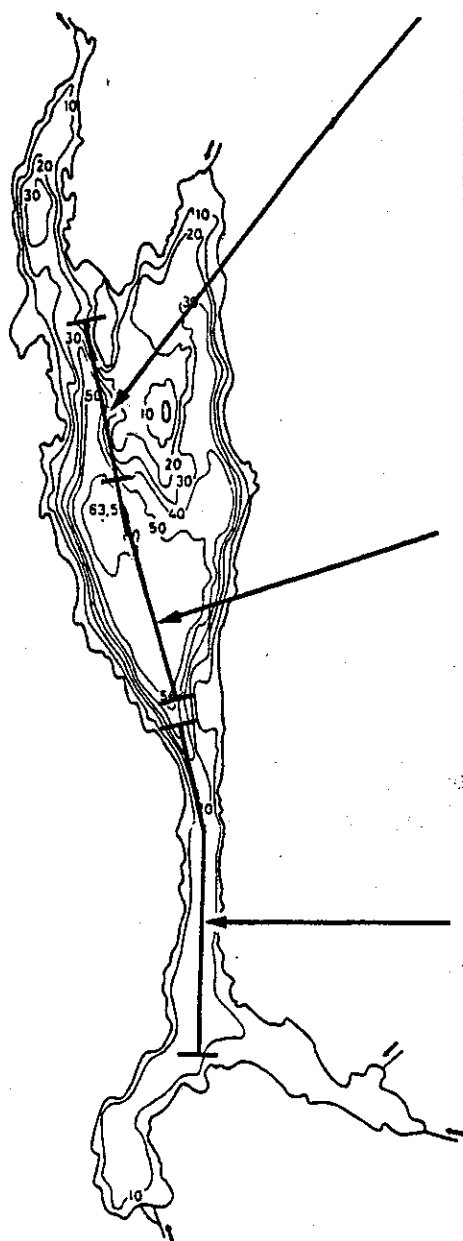
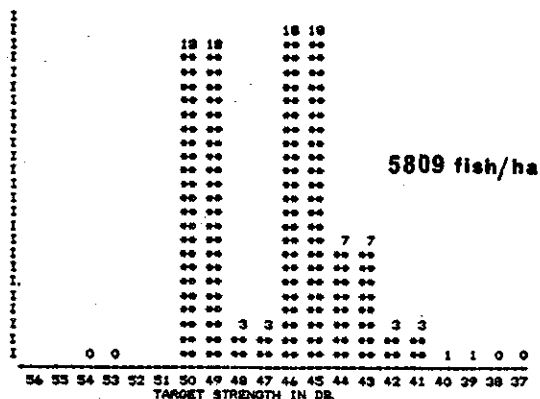


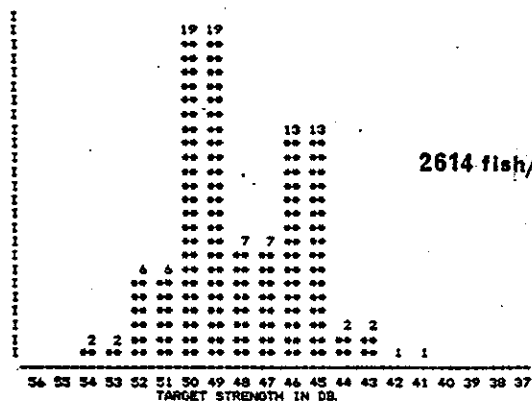
Fig.3. Ekkogram fra hovedbassenget (kurs B og C) i Gjersjøen 18.september 1980 kl.14.00 (A) og 24.00 (B).
Echograms from the deep area (profile B and C) of Lake Gjersjøen on 18 September 1980 at 1400 h. (A) and 2400 h. (B).



HISTOGRAM OVER RELATIV FORDELING AV FISKETETTHET.
(TALLENE ANGIR PROSENT AV TOTAL TETTHET)



HISTOGRAM OVER RELATIV FORDELING AV FISKETETTHET.
(TALLENE ANGIR PROSENT AV TOTAL TETTHET)



HISTOGRAM OVER RELATIV FORDELING AV FISKETETTHET.
(TALLENE ANGIR PROSENT AV TOTAL TETTHET)

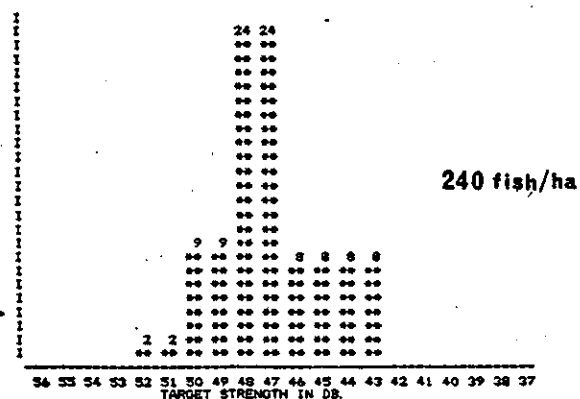


Fig.5. Antall fisk pr ha. innsjøoverflate og registrent relativ lengdefordeling (i dB) av fisk i Gjersjøen 6.5.1980 kl.24.00 langs kursene A, B og C i dybdesjiktet 5 - 10 m.

Number of fish per hectar (lake surface) and observed relative length distribution (in dB) in Lake Gjersjøen on 6 May 1980 at 2400 h. along profiles A, B and C in the water layer 5 - 10 m.

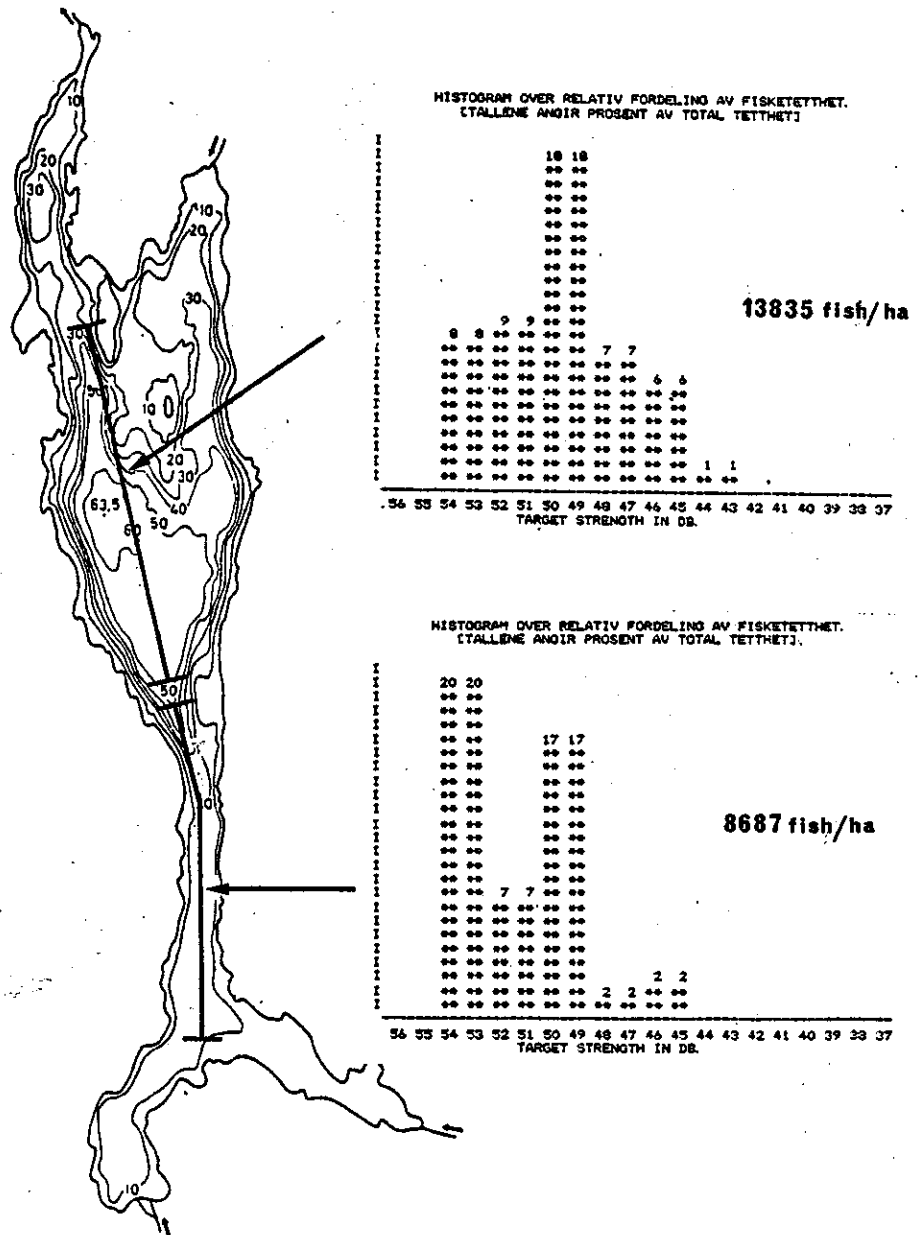


Fig.6. Antall fisk pr ha. innsjøoverflate og registrert relativ lengdefordeling (i dB) av fisk i Gjersjøen 18.9.1980 kl.24.00 langs kursene A og B+C i dybdesjiktet 1 - 8 m.
Number of fish per hectar (lake surface) and observed relative length distribution (in dB) in Lake Gjersjøen on 18 September 1980 at 2400 h. along profiles A and B + C in the water layer 1 - 8 m.

kurs ble det 18. september 1980 beregnet en fisketetthet (\bar{x}) på 8 687 fisk/ha i dybdesjiktet 1 - 8 m (Fig. 6). Ekko-grammet viste at bare meget få fisk sto dypere.

Innsjøens hovedbasseng (avsnitt B og C)

Profilet omfatter innsjøens sentrale dypområde med maksimalt dyp på ca. 60 m. Bearbeidelse av opptak fra 6.mai 1980 ble foretatt separat for avsnitt B og C (Fig. 1). Langs B-avsnittet ble det beregnet en gjennomsnittlig fisketetthet på 11 149 fisk/ha, hvorav 8 495 oppholdt seg i dybdesjiktet 1 - 5 m. Videre sto henholdsvis 2 614 og 40 fisk/ha i dybdesjiktene 5 - 10 m og 10 - 15 m under overflaten.

De største tettheter som ble observert i innsjøen ble funnet langs C-avsnittet 6.mai 1980. Gjennomsnittlig fisketetthet var da hele 26 069 fisk/ha. Av disse sto 19 915 fisk/ha i sjiktet 1 - 5 m, mens henholdsvis 5 809 og 345 fisk/ha sto i dybdesjiktene 5 - 10 m og 10 - 15 m under overflaten. Beregnet antall enkeltfisk vil være et minimumstall, da fisketettheten er så stor at en del enkeltfisk står så tett at de vil bli registrert som stim (multippel-ekko).

I september ble det langs B- og C-avsnittet beregnet en tetthet på 13 835 fisk/ha. Av disse sto 6 823 fisk/ha i sjiktet 1 - 5 m, mens 7 012 fisk/ha sto fra 5 til 9 m under overflaten.

I materialet fra hovedbassenget ble det både for mai og september foretatt en ny bearbeiding for å fremskaffe mer detaljert informasjon om fordelingen av fisk i de øverste 10 metre. Fire dybdesjikt (2 meters dybdeintervaller fra 2 til 10 m) ble undersøkt. Resultatet er vist i Fig. 7, og i alt 1400 ekkosignaler ble analysert. 6.mai 1980 ble i alt 22 774 fisk/ha registrert langs det aktuelle profil i dybdeintervallet 2 - 10 m. Av Fig. 7 fremgår det at bestanden viser en klar tetthetsøkning nær overflaten med i alt 10 686 fisk/ha i dybdesjiktet 2 - 4 m.

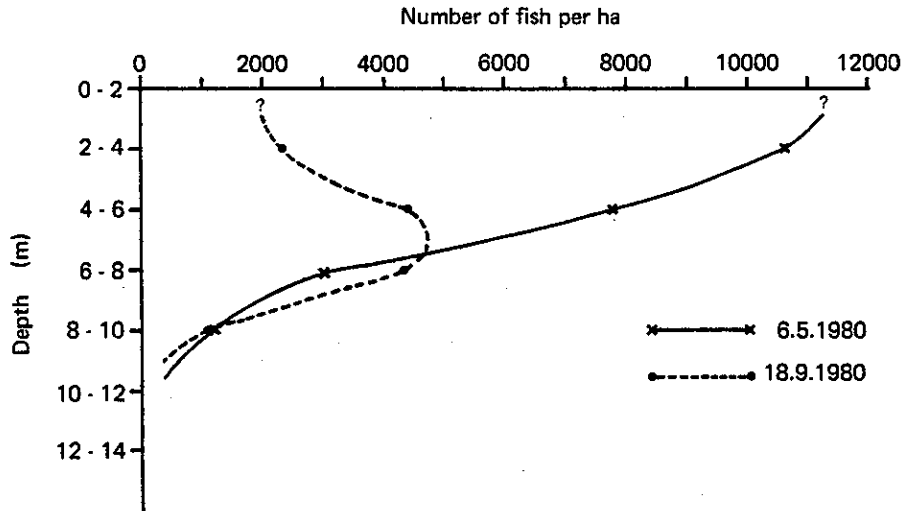


Fig.7. Antall fisk pr. ha. innsjøoverflate i Gjersjøens nordlige dypområde (kurs B og C) i 2 meters dybdeintervaller 6.5. og 18.9.1980 kl.24.00.
Number of fish per hectar (lake surface) in the deep area (profile B and C) at 2 m depth intervals on 6 May and 18 September 1980 at 2400 h.

Langs samme profil ble det 18.september registrert i alt 12 204 fisk/ha i dybdesjiktet 2 - 10 m. Resultatet viser størst tetthet av fisk ved 6 - 8 meters dyp, med i alt 4 425 og 4 350 fisk/ha i dybdesjiktet 4 - 6 m og 6 - 8 m.

Variasjon i estimatet

For hovedbassenget ble det i september foretatt sammenlikning av antall fisk for hele avsnittet (\bar{x}) og med oppdeling av det samme avsnittet i tre omtrent like lange mindre avsnitt, for å undersøke variasjon i relativ lengdefordeling og antall fisk (\bar{x}_1 , \bar{x}_2 og \bar{x}_3) i dybdesjiktet 1 - 9 m. Hele avsnittet viste 13 911 fisk/ha med en lengdefordeling vist i Fig. 8A.

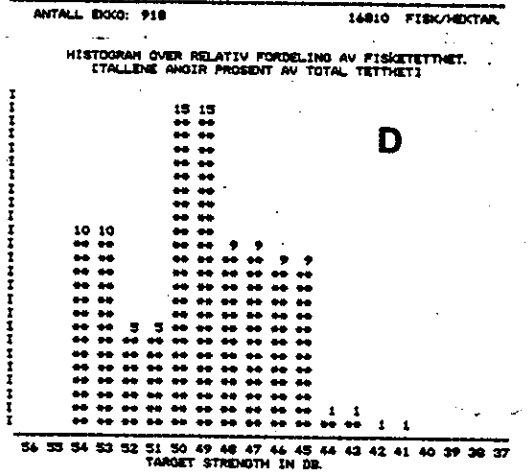
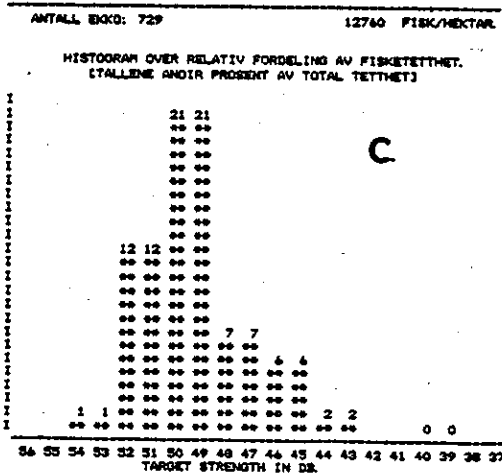
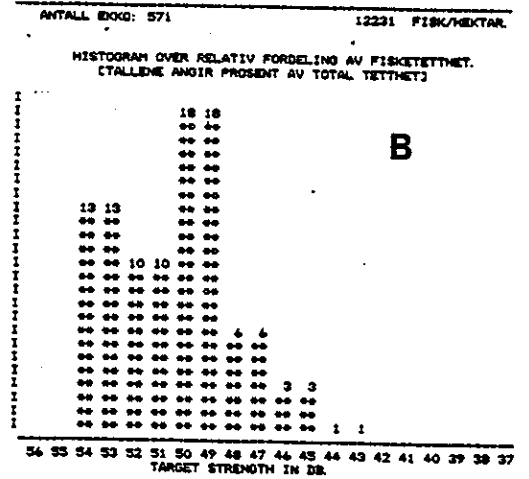
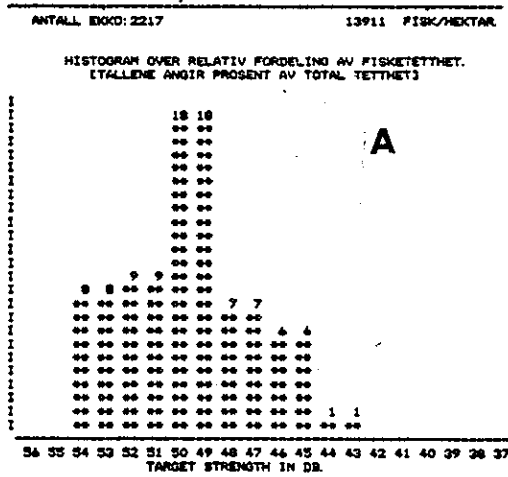


Fig.8. Midlere antall fisk pr ha. og relativ lengdefordeling (i dB) vist for Gjersjøens nordlige dypområde (A) og for samme kurs oppdelt i tre (B, C og D) 18.9.1980 kl.24.00, i dybdesjiktet 1 - 9 m.

Mean fish number per hectar and relative length distribution (in dB) in the deep area of Lake Gjersjøen (A) and for the same profile divided into three (B, C and D) on 18 September 1980 at 2400 h. in the water layer 1 - 9 m.

Histogrammet viste en klar topp ved 50 dB. En oppdeling av avsnittet i tre viste $\bar{x}_1 = 12\ 231$, $\bar{x}_2 = 12\ 760$ og $\bar{x}_3 = 16\ 810$ med lengdefordeling vist i Fig.8 B, C og D. Samtlige histogrammer viste en topp ved 50 dB, men med et noe større innslag av fisk ved 54 dB langs avsnittet x_1 .

Relativ størrelsesfordeling

Den relative størrelsesfordeling av fisk langs avsnittene A, B og C i mai på 1 - 5 meters og 5 - 10 meters dyp er vist i Fig. 4 og Fig. 5. I sjiktet 1 - 5 m i sørlig avsnitt fremkommer eneste topp på 54 dB. Det kan med rimelighet antas at denne toppen representerer småfisk som på dette tidspunkt holder seg på grunt vann. I de nordlige og mer pelagiske områder av innsjøen fremkommer i mai en topp på 50 dB og en på 46 dB langs C-avsnittet i 1 - 5 meters-sjiktet og i 5 - 10 meters-sjiktet langs både B- og C-avsnittet.

Størrelsesfordelingen av fisk 18.september 1980 i sjiktet 1 - 8 m (avsnitt A) og 1 - 9 m (avsnitt B og C) er vist i Fig. 6. I både sørlig og nordlig område var det relative innslaget av småfisk større i september enn i mai.

Den relative størrelsesfordeling av fisk i hovedbassenget (ikke i figur) i 2 meters dybdeintervaller viste for samtlige dybdesjikt 6.mai 1980 en topp ved 50 dB og en ved 46 dB. 18.september 1980 forekom topper ved 54 dB og 52 dB (til dels også 50 dB) i dybdesjiktet 2 - 4 m og 4 - 6 m. Dypere ned uteblir toppen ved 54 dB og 52 dB, mens innslaget ved 50 dB - 46 dB fikk økt relativ betydning.

Reell lengdefordeling

Den reelle lengdefordeling av mort tatt med elektrisk fiskeapparat i Tussebekken (20. - 25.mai 1981) er vist i Fig. 9 . Det ble her tatt både gytefisk og ungfisk, nesten utelukkende av mort. De tre yngste aldersgrupper fremkommer med hver sin topp i histogrammet. 1 vinter gammel mort (1+) hadde da en lengde på 3.59 cm (SD = 0.21), 2+ mort på 6.36 cm (SD = 0.53), mens 3+ mort hadde en lengde på 9.11 cm (SD = 0.55). For mort eldre enn 3 vintre (fisk større enn ca.10 cm) er det ikke mulig å skille ut enkelte aldersgrupper i histogrammet med rimelig sikkerhet, da årlig tilvekst for disse aldersgrupper er betydelig mindre. Denne delen representerer den kjønnsmodne delen av mortebestanden, fordelt på aldersgruppene 4+ opp til 12+ (Brabrand, Faafeng & Nilssen 1980).

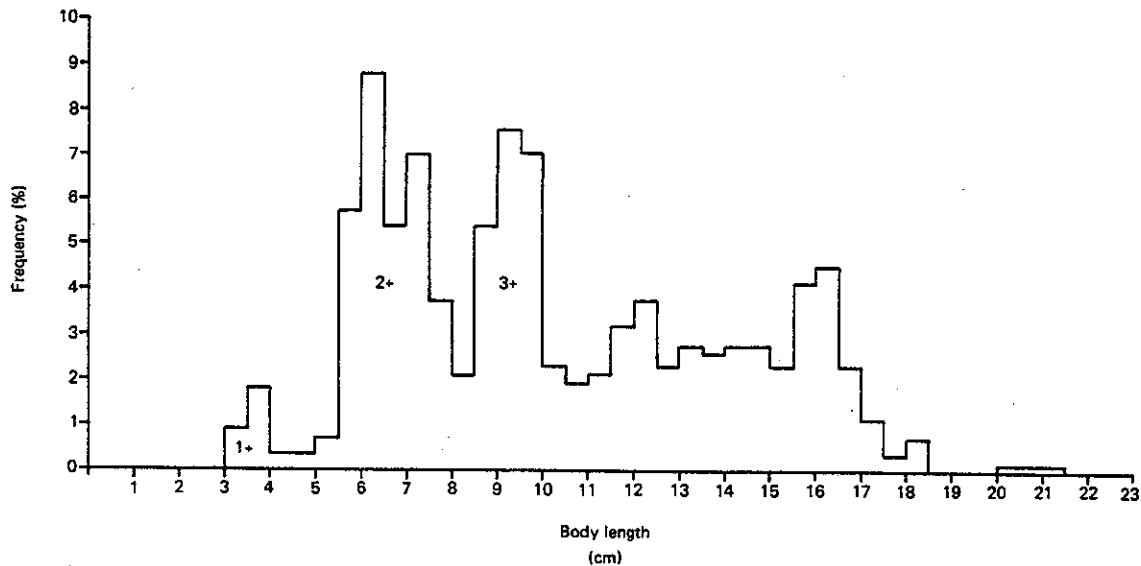


Fig.9. Prosentvis lengdefordeling av mort tatt med elektrisk fiskeapparat 20.-25.5.1980 i Tussebekken, Gjersjøen. *Length distribution (%) og roach caught by electrofishing in the inlet stream Tussebekken on 20-25 May 1980.*

Lengdefordelingen av pelagisk fanget fisk tatt 20 mai 1980 i hovedbassenget er vist i Fig. 10. Fisket ble foretatt i mortens gytetid. Det ble bare tatt mort med dominerende lengdegruppe fra ca. 5.5 til 7.0 cm, representert ved aldersgruppen 2+. Aldersgruppen 3+ forekommer også i histogrammet, mens det ble tatt lite større fisk.

I september 1981 ble det under tråling i hovedbassenget bare tatt mort og abbor, totalt 2 971 fisk. Lengdefordelingen er vist i Fig. 11. For begge arter var fangsten fullstendig dominert av én aldersgruppe. Abbor representerte 24 % av totalfangsten (n = 714) med en gjennomsnitts-

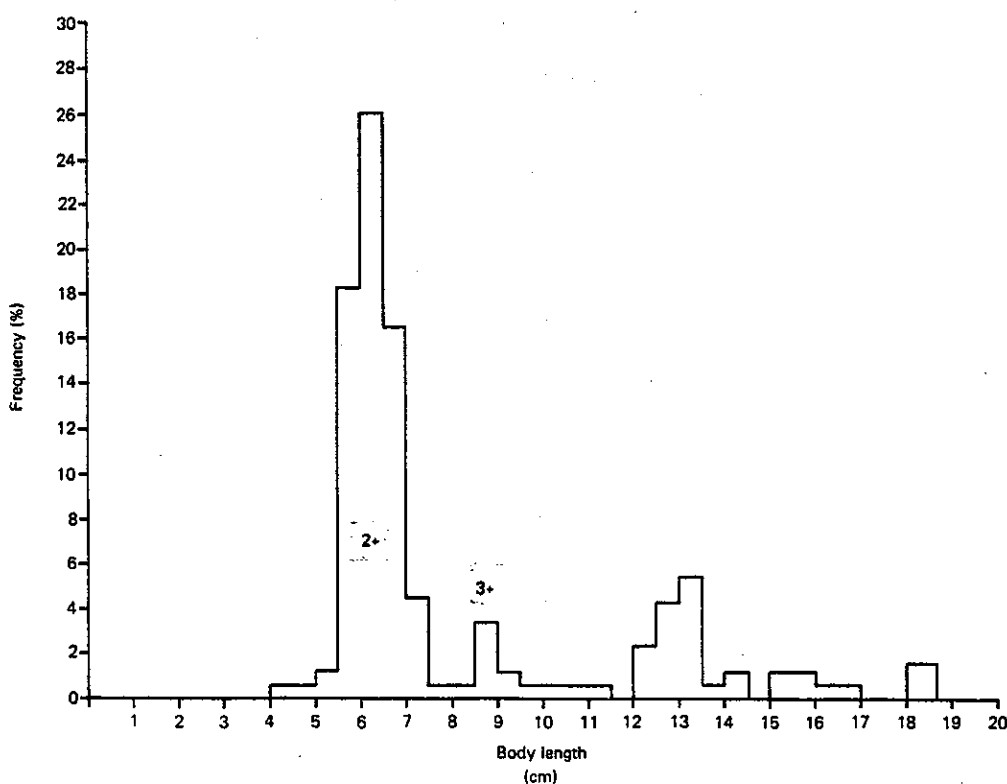


Fig.10. Prosentvis lengdefordeling av mort tatt med snurrevad i Gjersjøens nordlige dybbasseng 20.5.1980. *Length distribution (%) of roach caught by Danish seine in the deep area of Lake Gjersjøen on 20 May 1980.*

lengde på 6.01 cm (SD = 0.27) i aldersgruppen 1+. Mort representerte 76 % med en gjennomsnittslengde på 7.48 cm (SD = 0.53) i aldersgruppen 2+. Enkelte 1+ mort ble også observert i fangsten, men vil på grunn av sitt beskjedne antall ikke fremkomme i histogrammet. Lengdefordelingen av flytegarnfanget fisk i september er vist i Fig. 12. Det ble tatt påfallende få mort, og fangsten over 19.5 cm besto bare av abbor og gjedde. Totalt viser lengdefordelingen av trålfanget og garnfanget fisk liten overlapping.

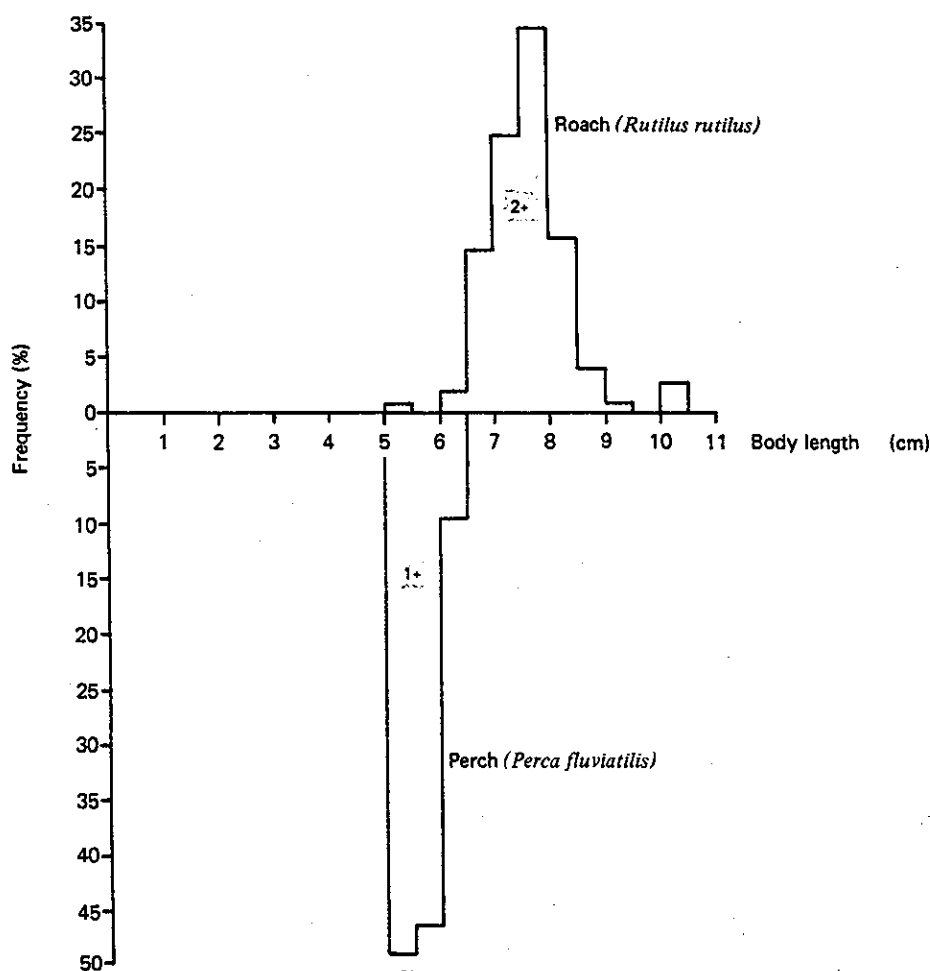


Fig.11. Prosentvis lengdefordeling av mort og abbor tatt med trål i Gjersjøens hovedbasseng i september 1980. Length distribution (%) of roach and perch caught by trawl in the deep area of Lake Gjersjøen during September 1980.

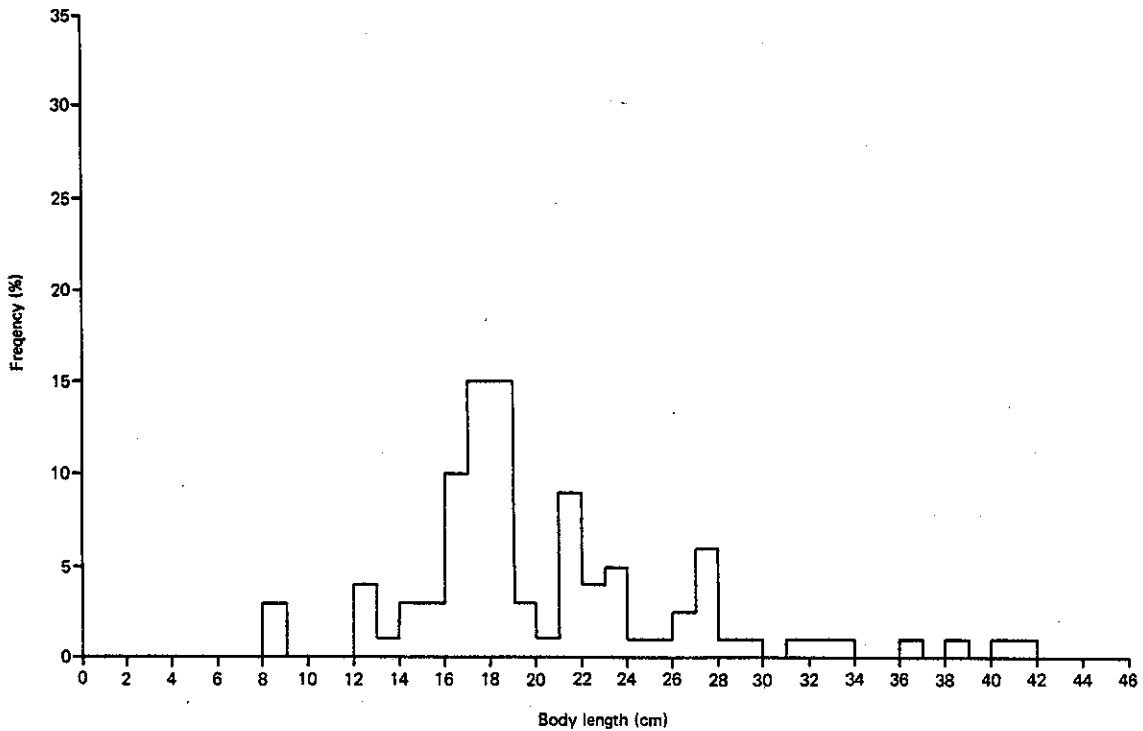


Fig.12. Prosentvis lengdefordeling av totalfangst på flyte-garn i Gjersjøens nordlige dypbasseng i September 1980.

Length distribution (%) of fish caught by floating gill nets in the deep area of Lake Gjersjøen during September 1980.

Totalbestand i pelagialsonen

Beregnet relativ lengdefordeling av pelagisk totalbestand er på grunnlag av opptak på magnetbånd i mai og september vist separat i henholdsvis Fig. 13 og Fig. 14.

Opptaket i mai er gjort umiddelbart før mortens (og øvrige av innsjøens fiskearters) gyting. Den pelagiske bestanden viser på denne tiden et lite antall fisk representert ved 52 - 54 dB, mens store topper fremkommer ved 50 dB og ved 46 dB. Over 46 dB var det jevnt avtak i antall fisk i største gruppe representert ved 38 dB. Pelagisk totalantall for hele innsjøen er beregnet til $3.8 \cdot 10^6$ enkeltfisk.

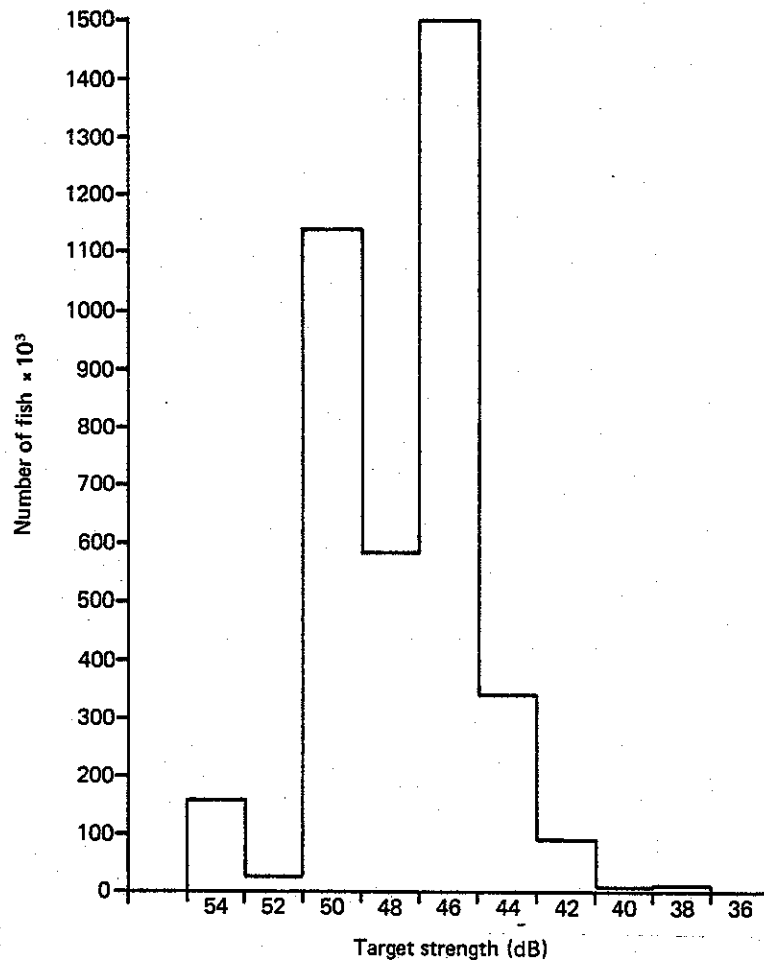


Fig.13. Relativ lengdefordeling (i dB) av pelagisk totalbestand i Gjersjøen beregnet på grunnlag av ekkogramopptak 6.mai 1980.

Relative length distribution (in dB) of total pelagic fish population in Lake Gjersjøen, estimated from echogram records on 6 May 1980.

Den relative lengdefordelingen av pelagisk totalbestand i september viser et langt større innslag av fisk representert ved 52 - 54 dB. Som i mai er det en markert topp ved 50 dB, deretter et avtak i antall fisk opp til største lengdegruppe på 38 dB. Pelagisk totalantall i hele innsjøen er i september beregnet til $3.3 \cdot 10^6$ enkeltfisk.

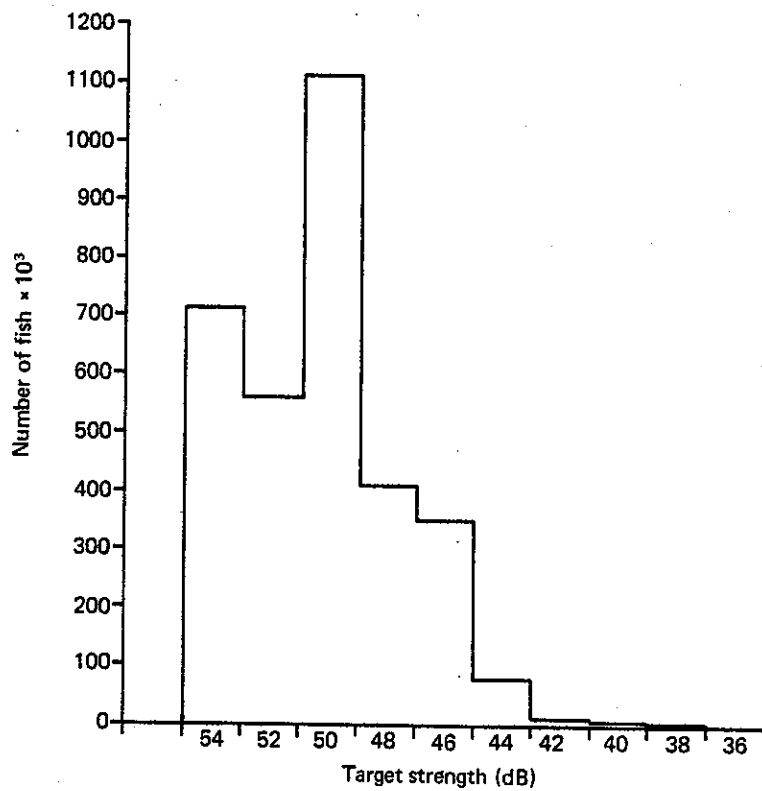


Fig.14. Relativ lengdefordeling (i dB) av pelagisk totalbestand i Gjersjøen beregnet på grunnlag av ekkogramopptak 18 september 1980.

Relative length distribution (in dB) of total pelagic fish population in Lake Gjersjøen, estimated from echogram records on 18 September 1980.

4. DISKUSJON

Hittil utførte registreringer med ekkolodd i Gjersjøen (1980) viser at til dels store mengder fisk beveger seg i innsjøens pelagiske del, og at variasjoner i antall fisk innen korte tidsintervaller (timer) kan være store. Størst variasjon ble funnet i mai i nordlige basseng (avsnitt C) med 26 069 fisk/ha om natten og nær null om dagen. Registreringer utført både i mai og september bekrefter tidligere observasjoner (Marchal & Laurent 1977, EAWAG 1978, Lindem 1978 Sandlund & Lindem 1981) at fisk hovedsakelig går i stim om dagen, og at disse løser seg opp om natten. 6.mai 1980 sto stimene om dagen hovedsakelig littoralt, mens de i september sto mer spredt over hele innsjøen. Imidlertid viser mageprøver fra mort tatt med flytegarn i pelagiske områder et stort innhold av littorale sedimenter og bentiske grønnalger (Brabrand, Faafeng & Nilssen 1980) Dette viser at deler av mortebestanden i løpet av de siste timer må ha oppholdt seg littoralt. Ekkoloddregistreringene bekrefter derfor indikasjoner fra prøvefisket i 1979 om at en betydelig del av mortebestanden veksler mellom å oppholde seg littoralt om dagen og pelagisk om natten.

Både 6.mai og 18.september var det mer fisk i det dype hovedbassenget (totaldyp ca. 60 m) enn i de sørlige områder med maksimaldyp på ca. 20 m). Dette kan vanskelig forklares på annen måte enn at det er reelle forskjeller i fordeling av fisk, da fisken om natten i alle områder av innsjøen ved begge registreringer var sterkt konsentrert til de øverste få metrene, og at skremseffekt fra båt og transduser vil være lik i de forskjellige innsjøavsnitt. En sterk konsentrering av fisk til de øverste få metre øker trolig skremseffekten, uten at dette kan kvantifiseres eksakt. Med lavt siktedyp (1-3 m) kommer trolig den vesentligste skremmingen fra lyd-bølger fra motor og transduserens slep gjennom vannmassene. Spesielt karpefisk har meget god hørsel på grunn av sine "Weberske" høreknokler og bruk av svømmeblæra som resonansorgan (Hoar & Randall 1970).

Det vil også være et spørsmål om skremt fisk vil svømme til

siden eller gå ned. Fordelingen av fisk i de øverste 10 metrene (Fig. 7) viser økt fisketetthet i dybdesjiktet 4 - 8 m i september, noe som vil kunne forklares ved at fisken rømmer ned, men ikke under termoklinen. Imidlertid viser fordelingen i mai størst tetthet i dybdesjiktet 2 - 4 m under transduseren. Det faktum at fisk med svømmeblære ikke på få sekunder kan bevege seg særlig langt vertikalt i vannmassene, spesielt ikke nær vannoverflaten der den prosentvise trykkforskjell vil bli størst, gjør det sannsynlig at fisken vil rømme ut til siden. Med ekkolodd med en åpningsvinkel på bare 11° vil spesielt større fisk lett unngå registrering, og estimatet må derfor sees på som et minimumstall. Med en fordeling som i mai (Fig. 7) vil sannsynligvis den største tettheten av fisk ligge i dybdesjiktet 0 - 2 m under transduseren og i sjiktet fra overflaten og ned til ca. 0.5 m, da transduseren senkes noe ned under registreringen. Imidlertid betraktes dybdefordelingen fra mer enn 2 m under transduseren som et realistisk bilde av hvor i vannmassene bestanden oppholder seg.

Ved begge registreringene sto fisken hovedsakelig i epilimnion. Fordelingen var mer markert i september, da det så å si ikke ble registrert fisk under termoklinen, det vil si under ca. 8 meters dyp. Foruten en termisk gradient (ca. 16° C i epilimnion, 7° C i øvre hypolimnion), var det på denne tiden også sterkt redusert oksygenkonsentrasjon under termoklinen, med under 2 ml O_2 /l (Faafeng 1981). Mort er en euryterm art, men med klare konkurransefordeler i de varmere vannmasser (Svårdson 1976). Arten er også kravstor med hensyn til oksygen sammenliknet med andre karpefisker (Almer 1972, Frank 1973, Milbrink & Johansson 1975). Dette kan til en viss grad forklare den markerte fordelingen i september. Imidlertid kan dette ikke forklare den økende fisketetthet i dybdesjiktet 4 - 8 m og heller ikke at fisken også i mai sto nær overflaten før termoklinen var etablert og med høy oksygenmetning også dypere ned. Fordelingen av zooplankton om natten vil spille en viktig rolle for hvor i vannmassene fisk vil oppholde seg. Undersøkelser gjennom

døgnet i september viste at de største tettheter av zoo-plankton finnes fra 4 m ned til ca. 10 meters dyp (Brabrand, Faafeng og Nilssen in prep.).

Et av de mest interessante aspekter ved praktisk bruk av hydroakustisk utstyr er om signalene kan relateres til dokumenterte arter og lengdegrupper av fisk. En av vanskelighetene ligger her i at de tradisjonelle metoder for innhenting av fisk er sterkt størrelses-selektive (se Fig. 11 og 12).

Sammenholdt med flytegarnefangstene gir ekkolodd og tråling et forskjellig bilde med hensyn til dominerende lengdegrupper og til dels også av arter. Mens flytegarne foruten mort ga fangst av gjedde, abbor og enkelte brasme og sørv (Brabrand, Faafeng og Nilssen 1980) over 10.5 cm, ga trål bare fangst av fisk under denne størrelsen. Det vises til pågående diskusjon mellom W.Wurtsbaugh og P.A.Lane i *Nature* 292(1981): 779-780, om "Fish versus zooplankton in lakes", angående problemet med prøvetaking av juvenile stadier av pelagisk fisk.

Gjedde tatt pelagisk hadde imidlertid stort innhold av småmort og småabbor, trolig 1+, noe som viser at disse er til stede der predatoren har oppholdt seg i løpet av de siste timer. Større fisk vil bli underrepresentert ved tråling nær overflaten på grunn av forstyrrelsen fra motoren (Sandlund 1980). Imidlertid vil kombinasjonen flytegarne (for fisk over ca. 10 cm) og finmasket trål gi et rimelig grunnlag for vurdering av dominerende arter og lengdegrupper i mange innsjøer.

For å korrelere dB-verdier fra ekkoloddregistreringer med aktuelle fiskelengder har Sandlund og Lindem (1980) i sitt arbeid på krøkle i Mjøsa angitt likningen:

$$TS = 20 \cdot \log_{10} L_m - 28$$

der TS er fiskens målestyrke (target strength) i dB og L_m er fiskens lengde. Erfaringer med lengdegrupper og til-

svarende TS-fordeling for mort gir i Gjersjøen systematisk noe lavere fiskelengde for tilsvarende dB-verdi enn den nevnte likning for krøkle. Betrakter en bare de verdier som er fulgt opp med måling av fiskemateriale, synes forskjellen å være av størrelsesorden 0.5 - 1.0 cm i redusert fiskelengde sammenliknet med krøkle.

Ekkoloddregistrering i mai 1980 i Gjersjøen ble utført før gyting for samtlige forekommende arter, og yngste aldersgruppe må derfor på denne tiden være én vinter gammel fisk (1+). Med stor sannsynlighet tilsvarende denne aldersgruppen toppen på 54 dB i det sørlige området.

Lengdeforskjellen mellom de aktuelle arter (særlig mort, men også abbor og brasme) for 1 vinter gammel fisk vil i denne sammenheng være liten, og samtlige arter vil i mai før påfølgende vekstsesong ligge i lengdegruppen 3 - 4.5 cm, for mort 3.59 cm (SD = 0.21).

Videre er det i mai en markert topp på 50 dB langs begge avsnitt i hovedbassenget både i sjiktet 1 - 5 m og 5 - 10 m. Den 20.mai ble det under trekk med snurrevad i samme området i dybdesjiktet 1 - 7 m bare tatt mort, med en markert dominans av 2 vintre gammel mort (lengde 6.36 cm, SD = 0.53). Det antas at 50 dB korresponderer med denne aldersgruppen av mort. At det ikke ble tatt flere større mort er trolig forårsaket av at dette var midt under mortens gyting, og at den kjønnsmodne delen av bestanden oppholdt seg littoralt og i tilløpsbekkene. Imidlertid var den kjønnsmodne delen av bestanden også opplagt til stede under opptaket og fremkommer sannsynligvis i intervallet 44 - 48 dB. Med hele 26 000 fisk/ha i hovedbassenget 6.mai 1980 må den vesentligste delen av dette være kjønnsmoden mort. Det er uvisst om dB-toppen på 46 dB kan korrespondere med tre vintre gammel mort (3+) med lengde 9.11 cm (SD = 0.55).

Den sikreste dokumentasjon av småfisk ble foretatt i september med trål i hovedbassenget. To vintre gammel mort (2+) og

1+ abbor dominerte fangsten fullstendig med gjennomsnittlig lengde for mort i denne aldersgruppen på 7.48 cm (SD = 0.53) og abbor på 6.01 cm (SD = 0.27). På denne tiden vil det imidlertid også være til stede yngel klekket sist vår. Enkelte mort fra aldersgruppen 1+ ble funnet i tråltrekket, men vil bli sterkt underrepresentert på grunn av maskevidden i trålposen. I Fig. 6 og 8 vil trolig årsyngel (fisk under 4 cm) og én vinter gammel fisk være representert ved ca. 54 dB, mens to vintre gammel mort og abbor (1+) dominerte trålfangsten vil ligge på ca. 50 dB.

En oppdeling av kursen i hovedbassenget viste at estimatet langs enkeltkursene x_1 , x_2 og x_3 ikke varierte særlig mye, og at det langs alle tre kursene var en markert topp i histogrammet ved 50 dB. Det synes derfor mulig å avgrense arealer med homogen fisketetthet ut fra ekkogrammet direkte, og at opptak på magnetbånd for totalestimering derved kan gjøres samtidig.

For beregning av totalbestanden må det presiseres at det ikke dreier seg om innsjøens totale fiskebestand, men om den delen av bestanden som oppholder seg pelagisk (og under ca. 2.5 meters dyp under vannoverflaten). Det antas at dB-området 54 - 42 hovedsakelig er representert ved mort, og at abbor antallsmessig først og fremst er til stede som 1+, eventuelt 0+.

I mai ble det registrert lite fisk i området 52 - 54 dB. Med stor sannsynlighet er dette 1+ mort/abbor som på denne tiden hovedsakelig holder seg littoralt. Toppen ved 50 dB representerer trolig to vintre gammel mort og delvis 1+ abbor (se Fig. 13), mens toppen på 46 dB sannsynligvis ikke har reelt grunnlag i bestanden på grunn av klumpet fordeling i gytemoden fisk i areal C. Antall fisk registrert i dette arealet i området 46 dB er svært høyt, og det skal små arealforskyvninger til for at det gir stort utslag på totalestimatet.

I september var antall pelagisk småfisk (området 52 - 54 dB, fisk under ca. 5 cm) betydelig større, og en vesentlig del av dette er trolig pelagisk årsyngel av mort (og abbor?). Histogrammet viser dessuten en topp ved 50 dB som er mort (1+), delvis abbor (1+) (jfr. trålfangst), som i løpet av vekstsesongen har vokst fra under 5 cm (52 -54 dB) til henholdsvis 7.53 cm og 6.01 cm, representert ved området 50 dB. Det er verdt å merke seg at tilsvarende topp på 50 dB i mai (sannsynligvis 2+ mort) ikke observeres i september. 2+ mort vil i september være ca. 9 cm lang og skulle gi en topp på under 50 dB. En slik topp uteblir i histogrammet. Morten i Gjersjøen ser ut til å ha et mer pelagisk levevis i sin tredje vekstsesong (fra en alder av 2+) og vil sannsynligvis bli mer utsatt for predasjon fra gjedde og abbor som er påvist også oppholder seg pelagisk og ernærer seg av 2+ mort (Brabrand, Faafeng og Nilssen 1980). Dette kan være årsaken til at en topp på under 50 dB uteblir i histogrammet fra september.

5. SAMMENDRAG

I forbindelse med pågående eutrofieringsundersøkelser i Gjersjøen ble det 6.mai og 18.september 1980 foretatt dag- (kl.14.00-16.00) og natt- (kl.23.00-02.00) registreringer med ekkolodd av typen SIMRAD EY-M. Ekkoloddet gir muligheter for innspilling av ekkosignaler på magnetbånd for seinere analysering av en mikrocomputer.

Hensikten med denne undersøkelsen var å få kjennskap til fiskens fordeling i vannmassene, spesielt antall fisk av de ulike størrelsesgrupper (pr arealenhet innsjøoverflate) i utvalgte horisontale sjikt. For å relatere relativ lengdefrekvensdiagrammer til dokumenterte fiskearter og lengdegrupper, ble det i mai fisket med flytenot (fineste maskevidde: 5 mm) i de fri vannmasser og med elektrisk fiskeapparat (maksimal spenning: 1600 V, puls frekvens 80 Hz) i en av gytebekkene. I september ble det fisket med pelagisk trål (fineste maskevidde: 5 mm) og flytegarn (maskevidde i mm: 10, 16.5, 19.5, 22.5, 26, 35).

På dagtid ble fisk ved begge registreringer bare observert i stim. I mai ble disse hovedsakelig registrert nær land på 7 - 10 meters dyp, mens de i september ble funnet jevnt over hele innsjøen fra overflaten ned til ca 8 meters dyp. Om natten ble det både i mai og september observert enkeltfisk over hele innsjøen ned til ca 8 meters dyp. Største tetthet i mai ble funnet i nordlig dybbasseng med gjennomsnittlig tetthet på ca 26 000 fisk pr ha. i dybdesjiktet 1 - 15 m, med sterk økning i fisketettheten svært nær overflaten innen dette dybdesjiktet. I sørlig grunnområde var observert fisketetthet ca 3 500 fisk pr ha. i dybdesjiktet 1 - 10 m, også her med en sterk konsentrasjon nær overflaten. I september var antall observerte enkeltfisk mer jevnt fordelt over innsjøen. I sørlig grunnområde ble antall fisk pr ha. registrert til ca 8 700 (dybdesjikt 1 - 8 m), mens den i nordlig dybbasseng var ca 13 800 pr ha. (dybdesjikt 1 - 9 m). I sistnevnte område var fisketettheten størst i dybdesjiktet 4 - 8 m.

Innsamling av fisk i nordlig dypbasseng med pelagisk not i mai og med pelagisk trål i september ga hovedsakelig fangst av mort, dominert av aldersgruppen 2+ (lengde i mai: 6.36 cm, SD = 0.53, lengde i september: 7.48 cm, SD = 0.53). På flytegarn ble det i september tatt relativt lite fisk og bare meget få fisk under 10 cm. Fisk opptil ca 22 cm besto hovedsakelig av mort, mens fisk over ca 22 cm besto av abbor og gjedde med mageinnhold fullstendig dominert av 2+ mort.

Relativ lengdefordeling (i dB) fremkommet på grunnlag av behandlet ekkogramopptak viser i mai en markert topp på 54 dB i sørlig grunnområde (dybdesjikt: 1 - 5 m). Toppen antas å reflektere yngste forekommende årsklasse som før gyting i midten av mai er én vinter gammel (under ca 4 cm, for mort 3.59 cm, SD = 0.21). I september fremkommer dB-området 52-54 dB svært markert både i sørlig grunnområde og nordlig dypbasseng i flere dybdesjikt, noe som sannsynligvis henger sammen med mer pelagisk opphold for 1+ mort og forekomst av årsyngel (mort, abbor?) klekket i mai/juni. Mort i aldersgruppen 2+ antas å korrespondere med topp ved 50 dB, mens den kjønnsmodne delen av mortebestanden trolig ligger i området 44 - 48 dB.

Pelagisk totalantall av fisk for hver lengdegruppe ble forsøkt beregnet. Dette ble gjort ved å behandle deler av innsjøen som ut fra ekkogrammet hadde tilnærmet homogen fisketetthet. Pelagisk totalantall for hver størrelsesgruppe fremkommer ved summasjon mellom antall fisk i de ulike arealer. Beregnet pelagisk totalantall ble i mai ca 3.9 mill., mens det i september ble ca. 3.3 mill.

6. SUMMARY

In the eutrophication project in Lake Gjersjøen the fish populations were investigated on 6 May and 18 September 1980 during the day (1400 - 1600 h.) and night (2300 - 0200 h.) with the echosounder SIMRAD EY - M. With this sounder the echo signals can be recorded on magnetic tapes and subsequently analyzed on a microcomputer.

The aim of this work was to obtain information about the distribution of fish in the lake, especially the number of fish of different size classes (per unit lake surface) in the different horizontal water layers. To relate the relative length-frequency diagrams to known fish species and size classes, fishing was carried out during May in the pelagic zone with Danish seine nets (mesh size: 5 mm) and by electro-fishing (max. voltage: 1500 V, puls frequency: 80 Hz) in one of the spawning tributaries. During September a pelagic trawl (mesh size: 5 mm) and pelagic gill nets were used (mesh size in mm: 10, 16.5, 19.5, 22.5, 26 and 35).

In May and September during the day the fish were only observed in schools in the echograms. In May the schools were mainly observed near the shores at a depth of 7 - 10 m, while in September the schools were scattered all over the lake from the surface to a depth of about 8 m.

At night the schools dispersed and single fish were observed all over the lake down to a depth of about 8 m. In May the highest fish density was found in the deep area of the lake (northern part) with mean density of about 26 000/ ha. in the water layer 1 - 15 m. The fish density increased markedly very near the surface, and the number of fish along this profile must be a minimum estimate. In the more shallow area of the lake (southern part) the mean density was about 3500/ ha. (water layer 1 - 10 m), also with increasing density near the lake surface. In September the fish population was more evenly dispersed (horizontally) throughout the lake, with a

fish density in the southern area of about 8700/ha. (water layer 1 - 8 m) and in the northern deep area of about 13 800/ha. (water layer 1 - 9 m). In the latter area the density of fish was highest in the water layer 4 - 8 m.

In May and September fish catches in the northern deep area were dominated by 2+ roach (mean body length in May: 6.36 cm, SD = 0.53; September: 7.48 cm, SD = 0.53). Catches in the pelagic gill nets during September were small, and only very few fish less than 10 cm were taken. Fish longer than 22 cm were perch and pike whose gut contents were dominated by 2+ roach.

The relative length distribution (in dB) calculated from the echogram records in May shows a peak at 54 dB in the shallow area in the south (water layer 1 - 5 m). The peak is assumed to reflect the youngest age group (1+ roach, size: 3.59 cm, SD = 0.21) in the lake before spawning occurred in the middle of May.

In September the 52 - 54 dB interval was more dominant, probably due to the more pelagic habit of the 1+ roach and occurrence of 0+ roach fry. Roach of 2+ are assumed to correspond to the peak of 50 dB, while the adult part of the roach population lies in the 44 - 48 dB interval.

The total pelagic number of fish in each length group was estimated.

The different areas of the lake with almost homogenous densities of fish (based directly on the echograms) were handled separately and the numbers from these areas summed. In May the number of pelagic fish was calculated to be 3.9×10^6 and in September 3.3×10^6 .

7. LITTERATUR

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. *Inf. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 1972 no.12: 1-47.*
- Bagenal, T.B. 1981. Fishing gear experiments in Finland. *Rep. Freshwat. biol. Ass. U.K. 49: 26-31.*
- Brabrand, Å., Faafeng, B., Nilssen, J.P. 1980. *Biologisk kontroll av algeoppblomstringer. Fagrapport, 1979.* Norsk institutt for vannforskning/Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd, Oslo. 74s.
- Brabrand, Å., Faafeng, B., Nilssen, J.P. in prep. *Pelagic enclosures in a deep, eutrophic lake : a methodological approach.*
- Craig, R.E., Forbes, S.T. 1969. A sonar for fish counting. *FiskDir. Skr. Ser. Havundersøkelser 15: 210-219.*
- EAWAG 1978. *Jahresbericht 1978.* 103pp.
- Forbes, S.T., Nakken, O. (eds) 1972. *Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2: The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation.* FAO, Roma.
- Frank, S. 1973. Abhängigkeit der Entwicklung der Embryonen der Plötze, *Rutilus rutilus* (Linnaeus 1758) von der Wasserhärte. *Vest. dsl. Spol. zool. 37: 14-20.*
- Hoar, W.S., Randall, D.J. 1970. *Fish physiology, vol.IV.* Academic press, New York.
- Lindem, T. 1978 a. *Registrering av fisk i Mjøsa ved hjelp av hydroakustisk utstyr. Rapport.* Universitetet i Oslo, Fysisk institutt. 18s.

- Lindem, T. 1978 b. *Registrering av fisk i Randsfjorden ved hjelp av hydroakustisk utstyr*. Stensil. 15s.
- Marchal, E., Laurent, P.J. 1977. Première estimation de la population piscicole du Lac Lemane par échointégration. *Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Hydrobiol.* 11: 3-16.
- Milbrink, G., Johansson, N. 1975. Some effects of acidification on roe of roach, *Rutilus rutilus* L. and perch, *Perca fluviatilis* L., with special reference to the Åvaå lake system in eastern Sweden. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 54: 52-62.
- Sandlund, O.T., Klyve, L., Hagen, H., Næsje, T.F. 1980. Krøkle i Mjøsa : alderssammensetning, vekst og ernæring. *Dir. Vilt Ferskvannsf. Mjøsunders. Rapp. 2*: 1-70.
- Sandlund, O.T., Lindem, T. 1981. *Forsøk med pelagisk trål og hydroakustisk utstyr i Mjøsa, 1977 - 1980*. *Arbeidsnotat*. 11s.
- Svårdson, G. 1976. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 55: 144-171.