

7 8673

Chapl. 2.

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

PRESISJON VED AKUSTISK MENGDEBEREGNING
AV FISK

Hovedfagsoppgave i fiskeribiologi

av

Asgeir Aglen

Institutt for fiskeribiologi
Universitetet i Bergen
Våren 1979

FORORD

Denne hovedfagsoppgaven er basert på akustiske målinger på brisling (Clupea sprattus, Linné) i Hardangerfjorden og Nordfjord og på sild (Clupea harengus, Linné) og brisling i Lindåspollene. Målingene er foretatt i perioden september 1977 - mars 1978.

Målingene i Hardangerfjorden og Nordfjord er gjort på oppdrag fra Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt og er gjennomført i samarbeid med forsker Odd Nakken.

Målingene i Lindåspollene er utført i samarbeid med amanuensis Magnar Aksland ved Institutt for fiskeribiologi, og er en del av et samarbeidsprosjekt mellom Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Institutt for marinbiologi og Institutt for fiskeribiologi.

Måleresultatene har gjort det aktuelt å klargjøre hvilken betydning en del utstyrsparemetere har for presisjonen ved akustisk mengdeberegning av fisk. Jeg har funnet det nødvendig å behandle dette i oppgavens første del, før resultatene presenteres.

For å sammenlikne disse målingene med målinger oppnådd med bedre akustisk utstyr, har jeg også tatt med data innsamlet med F/F "G.O.Sars" på 5 loddetokt i Barentshavet i perioden 1974 - 1978.

I N N H O L D

I.	INNLEDNING	3
II.	EN DEL UTSTYRSPARAMETRE OG DERES BETYDNING FOR PRESISJONEN	7
	1. Definisjoner	7
	2. Ekkointegrering generelt	9
	3. Integratorens dynamikk	11
	4. Konsekvenser av en ugunstig minimumsterskel	13
	4.1 Retningsavhengighet	13
	4.2 Terskeeffekt og terskelfaktor	15
	4.3 Terskelfaktorens avhengighet av fisketetthet og fiskefordeling	20
	4.4 Terskelfaktorens dybdeavhengighet	21
	4.5 Terskelens betydning for C-verdi- bestemmelser	21
	4.6 Minimering av terskeeffekten	24
	4.7 Krav til integratordynamikk	26
	5. Tilfeldige feil i integrert ekkomengde	28
III.	MATERIALE OG METODER	29
	1. Toktopplegg	29
	2. Akustisk utstyr	34
	2.1 Tekniske data	34
	2.2 Vurdering av anvendt utstyr	53
	3. Hydrografi	61
	4. Fangsting	61
	5. Vurdering av ekkogrammer	65
	6. Fiskeprøver	66
	7. Bearbeidelse og beregningsmetoder	67

IV.	HYDROGRAFI OG ATFERD	72
	1. Resultater	72
	2. Diskusjon	81
V.	VARIASJONER I AKUSTISKE TETTHETSESTIMAT	84
	1. Resultater	84
	1.1 Døgnvariasjoner	84
	1.2 Årstidvariasjoner	88
	1.3 Variasjoner fra dekning til dekning	90
	2. Diskusjon	90
VI.	VEKST, KONDISJON OG FETTINNHold HOS BRISLING	110
	1. Resultater	110
	2. Diskusjon	119
VII.	SAMMENDRAG	122
VIII.	TAKK	124
IX.	LITTERATUR	125
	APPENDIX A	131
	APPENDIX B	149

I. INNLEDNING

En fornuftig regulering av fiskeriene krever gode bestandsmål. Mange mengdeberegningsmetoder er i dag i bruk, men ingen er god for alle fiskebestander. Metodene må tilpasses fiskeart og utbredelsesområde.

Den akustiske mengdeberegningsmetoden ble utviklet i 1960-åra og anvendes i dag på en rekke viktige fiskebestander over hele verden. En kort historisk oversikt over utviklinga av metoden finnes i FORBES & NAKKEN (1972). Metoden reknes som særlig god for pelagiske fiskearter med svømmeblære. For bunnfisk er den noe mer usikker, men i mange tilfelle anvendes den fordi den antas å være den metoden som gir best presisjon i forhold til innsatsen.

Det finnes ingen statistisk variansestimator som ut fra målte parametre gjør det mulig å beregne varians til et enkelt akustisk mengdeestimat. Følgelig er det vanskelig å si hvor mye innsats som må legges i et akustisk tokt for å oppnå en ønsket presisjon.

Faktorer som åpenbart har betydning for presisjonen er:

- egenskaper ved anvendt utstyr
- fiskens atferd og fordeling
- kursnettets struktur og tetthet

Denne hovedfagsoppgaven skal belyse en del av de nevnte faktorer. Formålet kan sammenfattes i 3 punkter:

1. Utrede en del utstyrsparemetres betydning for presisjon.
2. Undersøke kurstetthetens betydning for presisjon.
3. Undersøke atferd og vekst hos brisling i Hardangerfjorden i vinterhalvåret.

II. EN DEL UTSTYRSPARAMETRE OG DERES BETYDNING FOR PREISISJONEN

1. Definisjoner

Jeg har valgt å bruke norske betegnelser for de ulike begrep innen akustikken. Matematiske symboler og forkortelser refererer seg imidlertid til engelsk terminologi. Følgende liste viser symboler brukt for de forskjellige begrep. Varianter av disse symboler er nærmere definert i teksten.

- $b(\theta, \phi)$ - Retningsavhengighetsfunksjonen (directivity pattern function) Se Kap. II 4.1.
- c - Lydhastighet (ca. 1470 m/s i 35% sjøvann ved 5°C).
- C - Konstant som angir forholdet mellom overflatetetthet av fisk og integrert ekkomengde.
- EL - Ekkonivå (Echo level) = $10 \log I$, angis i dB.
- ENL - Effektivt støynivå. - Nivå for mottatt uønsket lyd.
- f - Frekvens.
- I - Lydintensitet, ekkointensitet.
- l - Fiskelengde.
- L - Utseilt distanse.
- M - Integrert ekkomengde (summert lydintensitet) $M=C\phi$ (Angis vanligvis som mm integratorutslag pr. n.mil.) *Kvadratt
sprø*
- N - Volumtetthet av fisk.
- P - Antall ping): antall utsendte lydimpulser.
- p - Pingrate (Angis vanligvis som antall ping pr. minutt).

- R - Dybde (range), egentlig avstand fra svingeren.
- SL - Kildenivå (source level) angis i dB// 1 μ Bar ref 1 m.
- TS - Målstyrke (target strength) angis i dB.
- T - Terskelnivå, angis i dB
- TV - Orienteringsvinkel, aspektvinkel (tilt angle).
- U - Spenning.
- v - Båtfart (vanligvis angitt i knop).
- α - Absorpsjonskoeffisient for lyd i sjøvann, angis i dB pr. m.
- β - 0,23 α
- θ - Vinkel ut fra akustisk akse.
- λ - Bølgelengde. *em*
- ρ - ~~Over~~^Fflatetetthet av fisk (angis vanligvis som hl pr. (n.mil)²).
- $\frac{\sigma}{4\pi}$ - Akustisk tverrsnitt (acoustic cross section) for et lydreflekterende mål.
- τ - Pulsvarighet, angis i millisekund.
- ϕ - Vinkel i forhold til et definert retningsplan lagt gjennom akustisk akse.
- Ω - Romvinkel (solid angle), angis i steradianer.

Oppløsningsvolum: Volumet innenfor en halv pulslengde.

TVG - Dybdeavhengig forsterkning (Time varied gain).

log er konsekvent brukt som betegnelse for den Briggske logaritme.

Vp Mottakersystemets falskanal.

2. Ekkointegrering generelt

Jeg vil kort gå gjennom hovedpunktene for teorien som ligger til grunn for elektronisk ekkointegrering. Gjennomgangen bygger på FORBES & NAKKEN (1972).

Betrakt en forekomst av fisk med samme målstyrke. Fiskene er tilfeldig fordelt med en midlere tetthet på N fisk pr. m^3 . Mottatt ekkointensitet fra en enkelt fisk er ifølge sonarlikninga:

$$(1) \quad I = I_0 \cdot \frac{\sigma}{4\pi} \cdot \frac{e^{-2\beta R}}{R^4} b^2(\theta, \phi)$$

der I_0 er lydintensiteten for den utsendte lydimpuls. Innenfor romvinkelen Ω vil det i dybdeintervallet ΔR være $N \cdot R^2 \cdot \Delta R \Omega$ antall fisk som er tilfeldig fordelt i strålen. Lar I_T representere alle ekko som mottas i tidsintervallet $\tau/2$. D.v.s. at I_T er summen av alle ekko som mottas fra dybdeintervallet $\Delta R = c\tau/2$. Dette kan uttrykkes v.h.a. likning (1):

$$I_T = I_0 \frac{\sigma}{4\pi} \cdot \frac{e^{-2\beta R}}{R^4} \int_{\Omega} N R^2 c\tau/2 b^2(\theta, \phi) d\Omega$$

(2) $\int_{\Omega} b^2(\theta, \phi) d\Omega = \text{konstant} = \Omega_0$ for en gitt svinger og tilsvarende romvinkelen for en ekvivalent ideell stråle. Dette innsatt i likning (2) gir:

$$I_T = I_0 \cdot \frac{N\sigma}{4\pi} \cdot \frac{e^{-2\beta R}}{R^2} \cdot \frac{c\tau}{2} \cdot \Omega_0$$

Når svingeren mottar ekkointensiteten I_T , genereres en elektrisk intensitet, U_m^2 , (se Fig. 1) som er proporsjonal med I_T .

$$U_m^2 = k I_T = k I_0 \cdot \frac{N\sigma}{4\pi} \frac{e^{-2\beta R}}{R^2} \frac{c\tau}{2} \Omega_0$$

hvor k står for svingerens mottakerfølsomhet. Før integrering blir denne intensiteten forsterket med $20 \log R + 2\alpha R$ i tillegg til lineær forsterkning i mottaker og integrator. Den forsterkede intensiteten blir da

$$U_f^2 = g \cdot \frac{R^2}{e^{-2\beta R}} \cdot U_m^2,$$

hvor g er lineær forsterkning og $R^2/e^{-2\beta R}$ er dybdeavhengig forsterkning. Uttrykket for U_m^2 innsatt i denne likninga gir

$$(3) \quad U_f^2 = C \cdot N \quad \text{hvor}$$

$$C = k \cdot g \cdot I_0 \cdot \frac{c\tau}{2} \cdot \Omega_0 \cdot \frac{\sigma}{4\pi}$$

Integrert elektrisk intensitet generert av ekko fra fisk i dybdeintervallet ΔR , summert over P ping blir

$$\checkmark \quad M' = \sum_0^P \int_{\Delta R} U_f^2 dR \cdot P = \bar{N} \cdot C \cdot \Delta R \cdot P, \text{ der } \bar{N}$$

er gjennomsnittlig volumtetthet av fisk i ΔR over P ping. M er i de videre betraktninger betegnet som integrert ekko-

mengde eller integratorverdi. $P = \frac{p \cdot L}{v}$. Når integratoren automatisk kompenserer for p/v , blir integratorverdien:

$$(4) \quad M = \frac{M'}{\frac{p}{v} \cdot L} = \bar{N} \cdot \Delta R \cdot C = C \cdot \rho, \quad \text{hvor}$$

(5) $\rho = \bar{N} \cdot \Delta R$ er gjennomsnittlig overflatetetthet av fisk langs den utseilte distansen L .

Hvis all mottatt ekkomengde fra fisk blir integrert, er altså integrert ekkomengde et mål for overflatetettheten av fisk.

3. Integratorens dynamikk

Fig. 1 viser skjematisk et elektronisk ekkointegreringsutstyr. Nærmere beskrivelse finnes i VESTNES & NAKKEN (1970) og ANON. (1975).

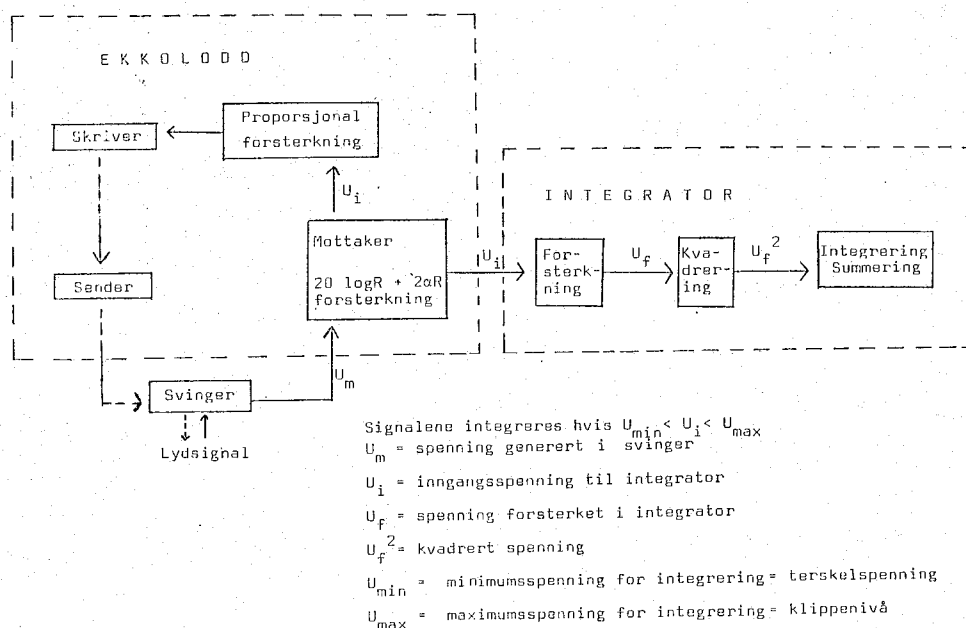


Fig. 1. Signalgangen i elektronisk ekkointegreringsutstyr.

Det er ønskelig å integrere bare de signaler som dannes av ekko fra levende organismer. Systemet mottar derfor lyd innenfor et smalt frekvensområde som svarer til frekvensbåndet for den utsendte lydimpuls. Likevel vil en alltid motta en del uønsket lyd. Nivået (ENL) for mottatt uønsket lyd er bestemt av støy fra omgivelsene, svingerens frekvens- og retningsavhengighet og etterklang i omgivelsene (URICK 1967 og GERHARDBSEN, BORUD, PETERSEN & SØRLAND 1968).

For å unngå å integrere støysignal, settes en inngangster-skel på integratoren. Den settes slik at

(6) $T_{\min} > ENL$, hvor T_{\min} er laveste lydnivå som fører til integrering. U_{\min} (Fig. 1) er den tilsvarende terskelspenning på kalibrert uttak.

Det er også en øvre grense, U_{\max} , for hvor store signal som kan integreres. Når signalene er større enn U_{\max} , går integratoren i metning. U_{\max} avhenger av integratorforsterkningen og er størst ved laveste forsterkning. Ved laveste integratorforsterkning vil i praksis U_{\max} være den største signalspenning som ikke fører til klipping i mottakeren. (Når det anvendes en bunnstopp-funksjon på integratoren, gjelder disse betraktningene om U_{\max} bare hvis bunndiskriminatorens er stilt tilstrekkelig lavt.)

Integratorens dynamikk målt i dB blir da

(7) $20 \log U_{\max} - 20 \log U_{\min} = T_{\max} - T_{\min}$, hvor

T_{\max} er det høyeste lydnivå som ikke fører til klipping.

Alle signal som er kraftigere enn U_{\max} , vil bli integrert som om de var bare U_{\max} , mens signal svakere enn U_{\min} mistes helt. Problemet med reduksjon av store signal kan vanligvis overkommes ved å anvende riktig integratorforsterkning. Problemet med tap av svake signaler har en imidlertid mindre kontroll over.

4. Konsekvenser av en ugunstig integratorferskel

4.1 Retningsavhengighet

Enhver ekkoloddsvinger har et gitt retningsdiagram. Retningsavhengigheten er den samme for sending og mottak. Hvis en gjenstand med fast målstyrke plasseres under svingeren i forskjellige posisjoner som alle er like langt fra svingeren, vil målt ekkointensitet fra gjenstanden avhenge av posisjonen etter et mønster som vist i Fig. 2.

-1 dB linja representerer alle posisjoner hvor målt ekkointensitet er 1 dB lavere enn ved akustisk akse, -2 dB linja representerer posisjonene hvor ekkointensiteten er 2 dB lavere enn ved akustisk akse o.s.v.

Fig. 3 er en kurve for mottatt ekkointensitet, $I(i)$, plottet mot antall dB-linjer, i , ut fra akustisk akse.

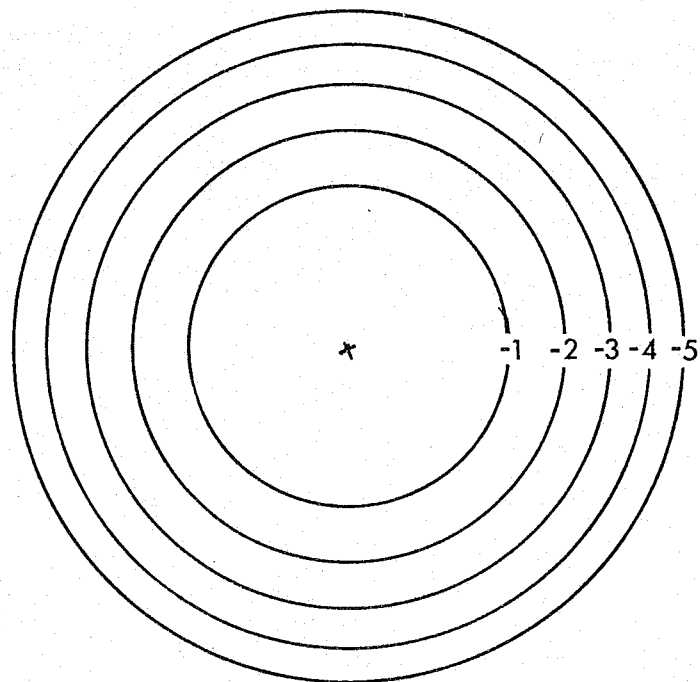
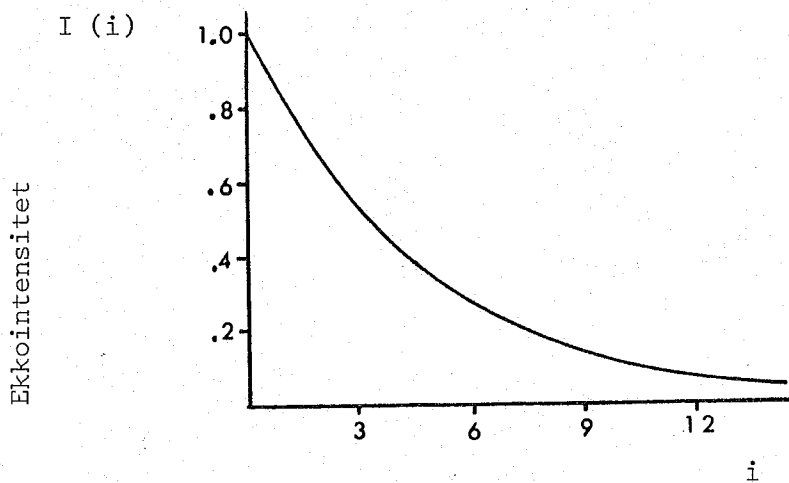


Fig. 2. Idealisert tverrsnitt av en sirkulær lydstråle. Sirklene er isolinjer for to-veis retningsavhengighet. Tallene angir ekkointensiteten mottatt fra en fisk plassert på isolinjene (i dB relativt ekkointensiteten mottatt fra samme fisk på akustisk akse).

x : Akustisk akse.



Antall dB-linjer ut i retningsdiagrammet

Fig. 3. Mottatt ekkointensitet fra en fisk med fast målstyrke som funksjon av fiskens posisjon i forhold til akustisk akse. Posisjonen er angitt i antall dB-linjer ut i to-veis retningsdiagram.

Funksjonen, $I(i)$, er gitt ved dB-definisjonen:

$$10 \log \frac{I(i)}{I(o)} = -i \text{ dB}$$

der $I(o)$ er ekkointensiteten ved akustisk akse.

$$(8) \quad \text{Det gir } I(i) = I(o) \cdot 10^{-0,1 i}$$

For de videre betraktninger settes $I(o) = 1$. Da er $I(i)$ et mål på svingerens retningsavhengighet. Vanligvis angis retningsavhengigheten som en funksjon av vinkelen θ ut fra akustisk akse og vinkelen ϕ ut fra et definert retningsplan lagt gjennom akustisk akse. Toveis retningsavhengighet angis da som $b^2(\theta, \phi)$.

Det betyr at

$$(9) \quad I(i) = b^2(\theta, \phi)$$

$$(10) \quad i = -20 \log b(\theta, \phi)$$

4.2. Terskeleffekt og terskelfaktor

Betrakt samme fiskefordeling som i avsnitt 2. Anta at vi integrerer ekkoene fra bare de fiskene som faller innenfor dB-linje nr. i_t .

Det betyr at uttrykket

$$\int_{\Omega} b^2(\theta, \phi) d\Omega \text{ i likning(2) reduseres til}$$

$$\int_{\Omega_t} b^2(\theta, \phi) d\Omega \text{ hvor } \Omega_t \text{ er romvinkelen som svarer } \Omega=0$$

til arealet innenfor i_t . Antar så at arealet innenfor i -te dB-linje er proporsjonal med i . D.v.s. $\Omega = ai$ (se Kap. III 2.2).

Ifølge likning (9) er da
$$\int_{\Omega=0}^{\Omega_t} b^2(\theta, \phi) d\Omega = a \int_{i=0}^{i_t} I(i) di$$

Uttrykket for integrert ekkomengde blir

$$(11) \quad M(i_t) = C\rho \frac{1}{\Omega_0} a \int_{i=0}^{i_t} I(i) di$$

Når $i_t \rightarrow \infty$ er $a \int_{i=0}^{i_t} I(i) di = \Omega_0$

Dette innsatt i likning (11) gir

$$(12) \quad M(i_t) = C\rho \frac{a \int_{i=0}^{i_t} I(i) di}{a \int_{i=0}^{\infty} I(i) di} \quad \text{og } M(\infty) = C\rho$$

$$\text{og } \frac{M(i_t)}{C\rho} = \frac{\int_{i=0}^{i_t} I(i) di}{\int_{i=0}^{\infty} I(i) di}$$

$$(13) \quad \text{Etter som } I(0) = 1, \text{ er } \frac{M(i_t)}{C\rho} = 1 - I(i_t)$$

En fisk i oppløsningsvolumet

Antar en tilfeldig fiskefordeling som er spredt nok til at vi aldri får mer enn en fisk i oppløsningsvolumet. Etter tilstrekkelig mange ping kan vi regne med å ha hatt tilnærmet like mange fisk innenfor alle deler av strålen. Når dette antallet tilsvarer N pr. m^3 , skal integrert ekkomengde summert over alle ping være $M = C_p$ ifølge likning(4). Ved en slik enkeltfiskfordeling vil imidlertid en integratorterskel som svarer til ekkoet fra en fisk plassert på dB-linje nr. i_t , føre til at bare de fiskene som faller innenfor i_t , gir integratorbidrag. Integrert ekkomengde, $M(i_t)$, i forhold til teoretisk mottatt ekkomengde (C_p) er da gitt ved likning (13):

$$\frac{M(i_t)}{C_p} = 1 - I(i_t)$$

n fisk i oppløsningsvolumet

Når flere fisk faller innenfor samme oppløsningsvolum, vil ekkoene fra disse overlape. Resultant-ekkoet vil avhenge av faseforskjellen mellom enkelt-ekkoene. Når faseforskjellen er tilfeldig, er forventet resultattekko fra n fisk i oppløsningsvolumet for en ideell stråle lik $n \cdot I_e$, der I_e er ekko-intensitet fra en enkeltfisk. Ved bruk av en ikke-ideell stråle vil terskelen overskrides når det i et gitt oppløsningsvolum er tilstrekkelig mange fisk tilstrekkelig gunstig plassert (både med hensyn på stråledirektivitet og faseforskjell). Betydningen av en gitt terskel vil altså avhenge av sannsynligheten for å ha tilstrekkelig mange fisk tilstrekkelig gunstig plassert i et gitt oppløsningsvolum.

For å illustrere hvordan terskeeffekten kan avhenge av antallet (n) fisk i oppløsningsvolumet, har jeg antatt en situasjon hvor de n fiskene har samme posisjon. Da vil terskelen overskrides hvis de n fiskene faller innenfor dB-linje nr. $i_t + 10 \log n$, (når terskelen svarer til ekkoet fra en enkeltfisk plassert på dB-linje nr. i_t). Etter mange ping vil da integrert ekkomengde i forhold til mottatt ekkomengde være

$$(14) \quad \frac{M(i_t, n)}{C_p} = \frac{\int_{i=0}^{i_t + 10 \log n} I(i) di}{\int_{i=0}^{\infty} I(i) di} = 1 - \frac{I(i_t)}{n}$$

eller

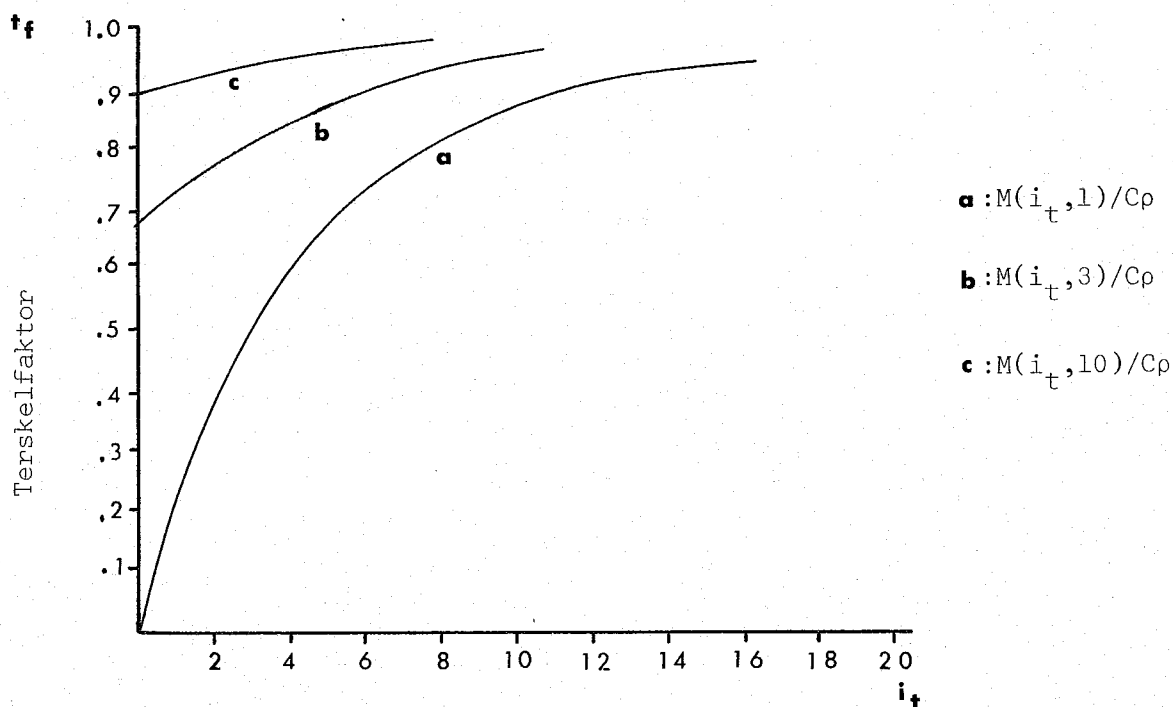
$$(15) \quad M(i_t, n) = C_p t_f, \quad \text{der} \quad t_f = 1 - \frac{I(i_t)}{n}$$

t_f angir hvor stor andel av ekkomengden som integreres og blir i det følgende benevnt som terskelfaktoren. $I(i_t)/n$ er et relativt mål for hvor mye som tapes på grunn av terskelen. Fig. 4 viser terskelfaktoren plottet mot i_t for tre verdier av n , og Fig. 5 viser terskelfaktoren plottet mot n for tre ulike verdier av i_t . Selv om figurene forutsetter en spesiell fiskefordeling, viser de en generell tendens: Terskelfaktoren går asymptotisk mot 1 når n øker, og den går raskere mot 1 når i_t er stor.

Kurven for $n = 1$ i Fig. 4 viser hvor stor del av den mottatte ekkomengde som kommer fra arealet innenfor dB-linje nr. i_t plottet mot i_t . Den innerste del av strålen betyr

altså mest for integrert ekkomengde. Det er derfor naturlig å definere den betydelige del av strålen til å være den delen som ligger innenfor den dB-linja hvor $M(i_t, 1)/C\rho$ begynner å flate ut.

To-veis retningsdiagram for de fleste svingere viser at sidesløyfene ligger 25-40 dB lavere enn akustisk akse, -altså utenfor den betydelige del av strålen. Jeg har derfor sett bort fra sidesløyfene ved disse betraktningene.



Ytterste dB-linje hvor enkeltfisk-ekko overskrider terskelen.

Fig. 4. Terskelfaktoren plottet mot i_t for tre forskjellige antall fisk i oppløsningsvolumet, når terskelen svarer til ekkoet for en fisk plassert på dB-linje nr. i_t . Figuren forutsetter at alle fisk i et gitt oppløsningsvolum har samme posisjon.

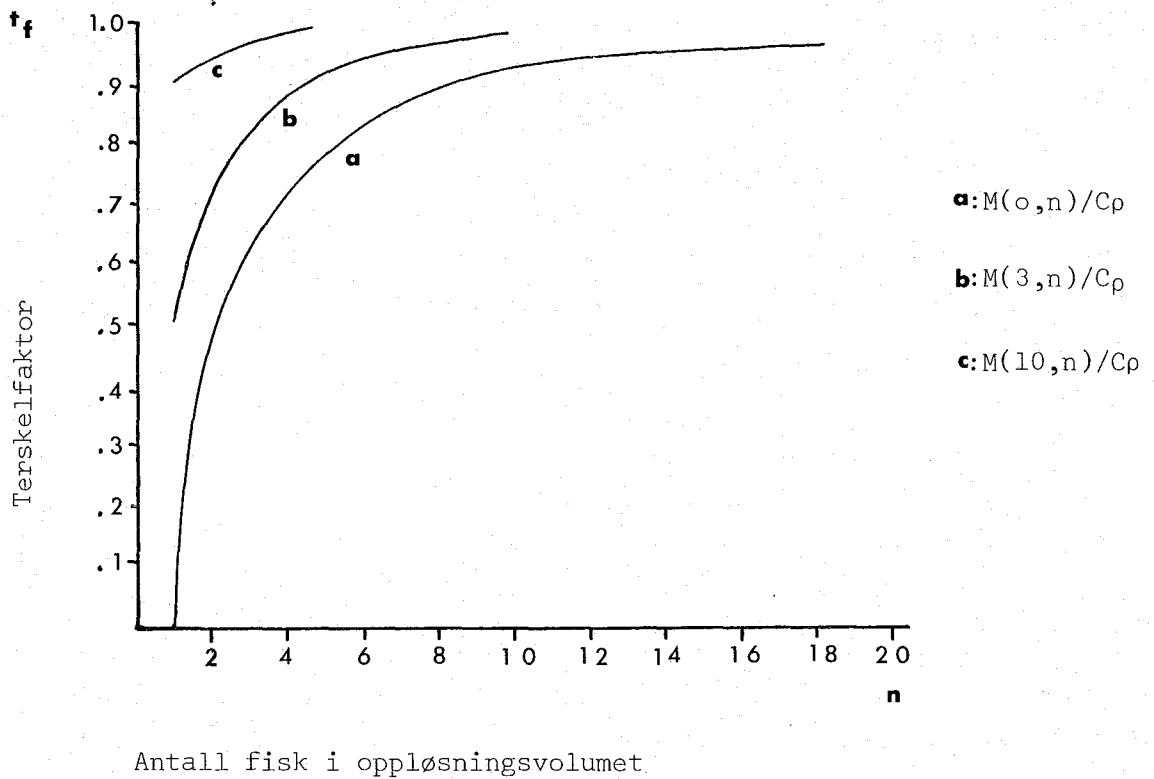


Fig. 5. Terskelfaktoren plottet mot antall fisk i oppløsningsvolumet for tre verdier av i_t , som er den ytterste dB-linje hvor et enkeltfiskekko overskrider terskelen. Figuren forutsetter at alle fisk i et gitt oppløsningsvolum har samme posisjon.

4.3 Terskelfaktorens avhengighet av fisketetthet og fiskefordeling

Sannsynligheten for mange fisk i et gitt oppløsningsvolum avhenger av volumtettheten av fisk, slik at terskelfaktoren går mot 1 når volumtettheten er stor. Ved en gitt overflate-tetthet av fisk vil volumtettheten avhenge av fiskens fordeling. En vertikalt spredt fiskefordeling som gir en terskelfaktor lik null, kan samle seg i et tett slør eller i stimer og gi en terskelfaktor tilnærmet lik 1. Når terskelen er ugunstig, vil altså integrert ekkomengde fra en gitt overflatetetthet av fisk være sterkt avhengig av fiskefordelinga.

4.4 Terskelfaktorens dybdeavhengighet

Ved integrering anvendes en $20 \log R + 2\alpha R$ dybdeavhengig forsterkning. Det betyr at TVG-forsterket ekkointensitet for en enkeltfisk avtar med $20 \log R$, fordi totalt sprednings- og absorpsjonstap er $40 \log R + 2\alpha R$. En terskel som tilsvarer ekkoet fra en fisk plassert 6 dB ut i strålen i et dyp, vil derfor tilsvare ekkoet fra samme fisk plassert på akustisk akse i det dobbelte dyp. Fig. 6 er et plott over alle posisjoner hvor ekkoet fra en fisk med fast målstyrke overskrider terskelen ved forskjellige dyp.

Hvis det aldri er mer enn en fisk i oppløsningsvolumet, vil altså terskelfaktoren minke med R^2 .

En vertikalt homogen fiskefordeling, som gir en stor sannsynlighet for flere fisk i oppløsningsvolumet, vil føre til at antall fisk i oppløsningsvolumet øker med R^2 , på grunn av arealøkninga av strålen. I en slik situasjon er terskelfaktoren uavhengig av dypet.

4.5 Terskelens betydning for C-verdi-bestemmelser

Vi har hittil bare sett på mulige feil i integrert ekkomenngde. Det er imidlertid ønskelig å uttrykke fisketettheten i antall fisk (eller antall hl fisk) pr. areal sjøoverflate. Vi har at $\rho = \frac{M}{C}$. Det er derfor viktig å kunne bestemme C så nøyaktig som mulig. Fra likning (3) har vi at $C = k \cdot g \cdot I_0 \frac{\sigma}{4\pi} \frac{ct}{2} \Omega_0$. Måling av en del av disse størrelsene er dessverre beheftet med så store feil at det er nødvendig å bruke andre metoder for å bestemme C (NAKKEN pers. medd.).

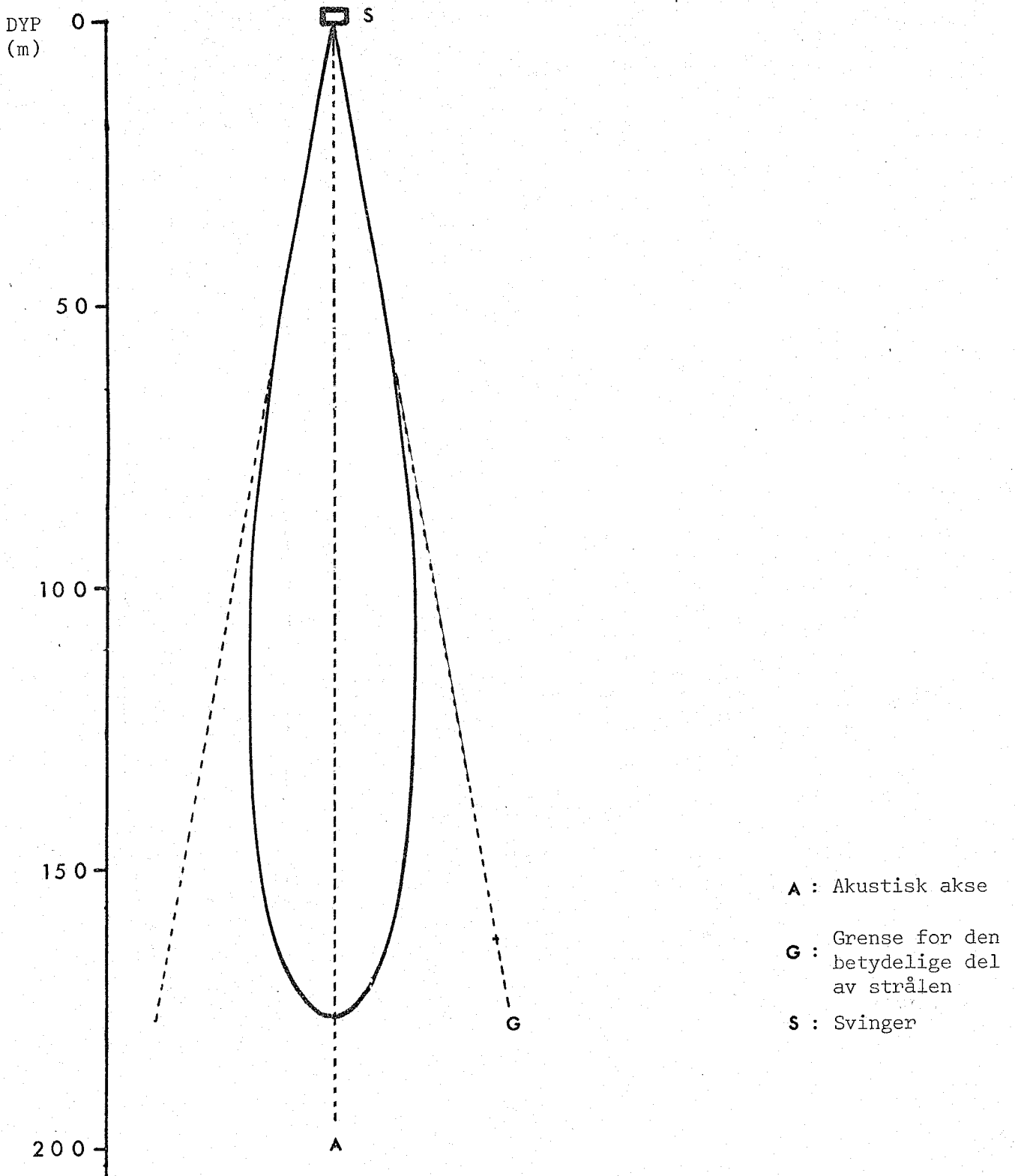


Fig. 6. "Terskelposisjon" for enkeltfisk plottet mot dyp. Den heltrukne linja viser hvor langt ut fra akustisk akse en enkeltfisk kan være for å gi et ekko som overskrider en gitt terskel.

Det er i dag i bruk to metoder som har vist seg å gi brukbare verdier. Den ene metoden er å måle på kjente fisketettheter i en nær eller et bur, slik at en får etablert en direkte sammenheng mellom M og ρ (RØTTINGEN 1975 og JOHANNESSEN & LOSSE 1977).

Den andre metoden er en feltmetode. Den går ut på å telle antall enkeltfisk innenfor en bestemt vinkel av strålen og innenfor et bestemt dybdeintervall, samtidig som en integrerer ekkomengden fra samme dybdeintervall (MIDTTUN & NAKKEN 1971 og 1977). Tellinga foregår da på et ekkolodd innstilt på $40 \log R + 2\alpha R$ TVG og integreringa på et lodd med $20 \log R + 2\alpha R$ TVG. En vertikalt homogen fiskefordeling vil da gjøre at antall registrerte fisk med $40 \log R + 2\alpha R$ TVG vil øke med kvadratet av dypet, mens integrert ekkomengde (oppnådd med $20 \log R + 2\alpha R$ TVG) skal være uavhengig av dypet. Antall registrerte fisk må derfor divideres på det samplingsvolumet som strålen dekker i det aktuelle dybdeintervall, for å gi den volumtetthet av fisk som samsvarer med integrert ekkomengde.

Likning (15) gir at $\frac{M}{\rho} = Ct_f$. Det betyr at begge metodene egentlig estimerer Ct_f . En terskeeffekt av betydning, vil medføre at ingen av metodene gir en C-verdi som er riktig for alle volumtettheter av fisk. Tellemetoden kan gi en C-verdi som er for liten ved alle fisketettheter som ikke gir rene enkeltfisk-registreringer. En burmåling utført på store fisketettheter kan derimot gi en C-verdi som er for stor ved liten volumtetthet av fisk.

Terskeeffektens dybdeavhengighet tilsier dessuten at en C-verdi bestemt på grunne enkeltfisk-registreringer kan være riktig også for større fisketettheter, selv om en C-verdi bestemt ut fra dype enkeltfisk-registreringer vil være for lav ved store fisketettheter.

Alle disse beregningene er basert på fisker med samme målstyrke. Det er klart at en fisk med stor målstyrke vil gi integratorbidrag som enkeltfisk lenger ut i strålen enn en fisk med liten målstyrke. Ved en gitt frekvens vil målstyrken avhenge av art, størrelse og aspektvinkel (NAKKEN & OLSEN 1973). De forskjellige organismer som finnes i havet vil følgelig dekke et vidt målstyrkeområde. I de aller fleste situasjoner er det derfor svært vanskelig å beregne den aktuelle terskelfaktoren. Når visse krav til den anvendte utstyr er oppfylt, er imidlertid terskeeffekten uten betydning for ekkointegreringa.

4.6 Minimering av terskeeffekten

Terskeeffekten er ikke av betydning når følgende krav er tilfredsstilt:

Selv den minste enkeltfisk av interesse skal i alle posisjoner innenfor den betydelige del av strålen gi et ekko som overskrider inngangsterskelen på integratoren. Dette skal være tilfelle selv når fisken er på sitt maksimale dyp og inntar sin mest ugunstige orienteringsvinkel.

Med den betydelige del av strålen menes den del av strålen som ligger innenfor den dB-linja, i_g , som gjør $M(i_g, 1)/C_0 \sim 1$ (se Fig. 4). Denne grenselinja er definert ved alle kombinasjoner av vinklene θ og ϕ som gjør $20 \log b(\theta, \phi) = -i_g$ (jfr. likn. 10). Dette er i de videre betraktninger betegnet med $20 \log b_g$.

Kravet er $EL_{\min} > T_{\min}$ der EL_{\min} er det minste ekkonivå av interesse. EL_{\min} kan uttrykkes ved sonarlikninga, og T_{\min} kan beregnes ut fra terskelspenning (U_{\min}), mottakerfølsomhet (V_R , angitt i dB), proporsjonal forsterkning (G , angitt i dB) og dybdeavhen-

1 volt per mb

gig forsterkning ($20 \log R + 2\alpha R$). Det gir

$$(16) \quad SL + TS_{\min} - 40 \log R_{\max} - 2\alpha R_{\max} + 20 \log b_g > \\ 20 \log U_{\min} - V_R - G - 20 \log R_{\max} - 2\alpha R_{\max}$$

der TS_{\min} er den minste målstyrke av interesse, og R_{\max} er det største dyp av interesse.

Terskelen bør settes slik at U_{\min} er lik signalspenningen for støy som har gjennomløpt en dybeavhengig forsterkning på $20 \log R_{\max} + 2\alpha R_{\max}$. Da er høyre side av ulikhet (16) lik det effektive støynivå (ENL). Kravet blir da

$$(17) \quad SL + TS_{\min} - 40 \log R_{\max} - 2\alpha R_{\max} + 20 \log b_g > ENL$$

Dette viser at en eventuell terskeleffekt kan elimineres eller reduseres på flere måter:

- 1) Redusere ENL - kan oppnås ved å redusere støy fra omgivelsene (f.eks. propellstøy), øke svingerens direktivitet eller redusere båndbredden for mottak.
- 2) Øke SL. Det kan gjøres ved å øke svingerens utgangseffekt og virkningsgrad eller ved å redusere svingerens åpningsvinkel. Økt pulslengde gir også økt SL. (Samtidig øker oppløsningsvolumet, noe som øker sannsynligheten for tidsoverlappende ekko, slik at terskeleffekten blir ytterligere redusert).

- 3) Øke TS_{\min} . Denne er fiskeavhengig og vanskelig å påvirke.
- 4) Redusere α - oppnås ved å bruke lavere frekvens.
- 5) Minke R_{\max} - kan oppnås ved bruk av tauet svinger.
- 6) Øke b_g - ved å anvende en mer ideell svinger.

Man må imidlertid være klar over at en del av disse metodene kan komme i konflikt med andre ønsker.

4.7 Krav til integratordynamikk

Ved integrering av ekko fra små fisk på store dyp kan en oppfyllelse av kravet om minimering av terskeeffekten medføre problemer, særlig hvis en samtidig skal integrere ekko fra tette stimer som står grunt. Når integratorens dynamikk er $20 \log U_{\max} - 20 \log U_{\min}$, kreves det at

$$20 \log U_{\min} - V_R - G - 20 \log R_{\max} - 2\alpha R_{\max} < EL < 20 \log U_{\max} \\ - V_R - G - 20 \log R_{\min} - 2\alpha R_{\min}$$

Venstre ulikhet er nettopp behandlet. Den største sannsynlige verdi for EL kan uttrykkes ved sonarlikninga, slik at høyre ulikhet blir

$$(18) \quad SL + TS_{\max} - 40 \log R_{\min} - 2\alpha R_{\min} + 20 \log b(0,0) < \\ 20 \log U_{\max} - V_R - G - 20 \log R_{\min} - 2\alpha R_{\min}$$

R_{\min} er det minste dyp for integrering, og

TS_{\max} er målstyrken for den tetteste stim

av interesse. $20 \log b(0,0) = 0$

Differansen mellom ulikhetene (18) og (16) gir da kravet til integratorens dynamikk:

$$(19) \quad 20 \log U_{\max} - 20 \log U_{\min} > (TS_{\max} - TS_{\min}) + 20 \log \frac{R_{\max}}{R_{\min}} + 20 \log b_g$$

$$(TS_{\max} - TS_{\min}) = \text{Målstyrkedynamikk}$$

$$20 \log \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \text{Dybdedynamikk}$$

$$20 \log b_g = \text{Retningsdynamikk}$$

God informasjon om fiskens atferd vil i mange tilfelle redusere kravene til målstyrkedynamikk og dybdedynamikk. Kravene kan reduseres når

- bare en ubetydelig andel av fiskene har en orienteringsvinkel eller størrelse som tilsier TS_{\min}
- de største fisker står dypest og de minste står grunnest
- fiskene danner stimer eller tette slør når de står dypt og danner løsere slør når de står grunt.

5. Tilfeldige feil i integrert ekkomengde

MOOSE & EHRENBERG (1971) og BOHOLT (1977) har behandlet tilfeldige feil i integrert ekkomengde og vurdert en del utstyrsparametres betydning for slike feil.

De har betraktet tilfeldige feil som skyldes:

- tilfeldig faseforskjell i ekko fra fisk i samme oppløsningsvolum
- varierende antall fisk i oppløsningsvolumet
- varierende målstyrke.

De har implisitt forutsatt at kravene til integratorens dynamikk og inngangsterskel er tilfredsstilte.

Deres konklusjon er at den tilfeldige feilen i integrert ekkomengde over mange ping er liten, og at den minker med økende fisketetthet, med økende åpningsvinkel og med minkende pulslengde. Dessuten vil feilen minke med økende antall ping. Det betyr at variansen for integrert ekkomengde pr. nautiske mil vil avta med økende pingrate.

Tilfeldige feil som skyldes kursnettets struktur i forhold til fiskens fordeling er delvis behandlet i diskusjonen i Kapittel V.

III. MATERIALE OG METODER

1. Toktopplegg

Hovedformålet med måleserien var å få et mål for hvordan tilfeldige feil i et akustisk mengdeestimat kan avhenge av den anvendte kurstetthet. Dette skulle oppnås ved gjentatte mengdemålinger på samme fiskeforekomst i et tydelig avgrenset område.

Hardangerfjorden har vist seg som en ganske årvisst brislingfjord. Tidligere observasjoner tyder på at brislingen vandrer lite omkring i fjorden i vinterhalvåret (BAKKEN 1971). Det ble derfor bestemt at en skulle gjennomføre en måleserie på brisling i Hardangerfjorden. Det ble planlagt et tokt av en ukes varighet hver måned fra oktober 1977 til mars 1978. Denne perioden ble betraktet som mest gunstig for en slik måleserie. I sommerhalvåret vandrer brislingen mer omkring. Samtidig er det innvandring av 0-gruppe brisling (SUND 1911, LJØEN 1962, BAKKEN 1966). Dessuten foregår det et periodevis intensivt fiske på fjordbrisling om sommeren og høsten.

F/F "Peder Rønnestad" ble benyttet til målingene. Det første toktet (24.-29. oktober 1977) viste at ingen områder i Hardangerfjorden hadde store brislingforekomster. De beste områdene var Samlafjorden og Eidfjord. På de øvrige tokt ble derfor målingene konsentrert om disse områdene. For å få endel målinger fra tettere forekomster, ble det i tillegg gjennomført to tokt til Nordfjord, et i desember og et i februar. På tokt med F/F "Johan Hjort" og F/F "Johan T. Ruud" ble det nemlig påvist betydelige brislingforekomster i Nordfjord i november 1977. Målingene i Nordfjord ble konsentrert i området Gloppen-Utfjord-Innvikefjord.

I begynnelsen av hvert tokt ble det gått et løst kursnett langs hele fjorden, for å få et inntrykk av den horisontale fordeling av brislingforekomstene. Ut fra dette ble et mindre område valgt for mer detaljerte undersøkelser. I løpet av hvert tokt ble dette området dekket gjentatte ganger med forskjellig kurstetthet og kursnett-struktur (se Appendix A). Målingene i november og desember var delvis forhindret av is.

Kart over områdene er vist i Fig. 7, 8 og 9. Beskrivelse av topografi og hydrografi i Hardangerfjorden finnes i SÆLEN (1962). Nordfjord er beskrevet i WIDERØE (1956).

Tilsvarende målinger ble også foretatt på sild og brisling i Lindåspollene i september - oktober 1977 og mars 1978. Til disse målingene ble det leid to mindre båter - M/B "Hans Reusch" og M/S "Daffy". Beskrivelse av hydrografi, topografi og sildas biologi i Lindåspollene finnes i AURE (1972), DAHL, ØSTVEDT & LIE (1973) og FUREVIK (1976). De anvendte kursnett er gjengitt i Appendix A.

Oppgaven inneholder også endel beregninger basert på resultater fra 5 høstloppetokt med F/F "G.O.Sars" i Barentshavet i årene 1974-1978. Dette er tatt med for å sammenlikne resultater oppnådd med forskjellig akustisk utstyr. Toktene er beskrevet i BUZETA, DALEN, DOMMASNES, HAMRE & NAKKEN (1975), DOMMASNES, NAKKEN & RØTTINGEN (1976), DOMMASNES & RØTTINGEN (1977), MONSTAD & RØTTINGEN (1977) og DOMMASNES, LOENG & MONSTAD (1979).

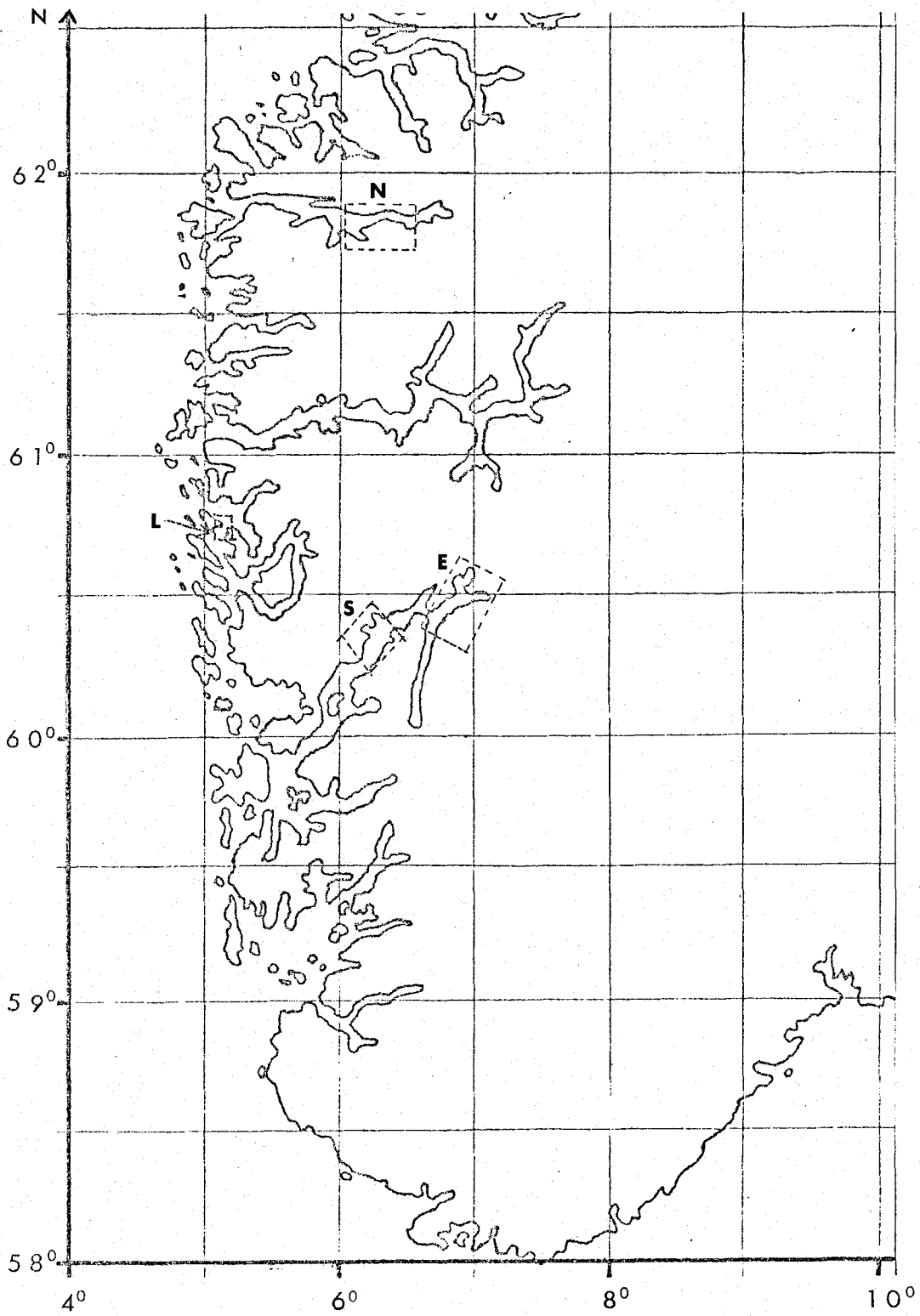


Fig. 7. Oversiktskart med målelokalitetene innrammet.

N = Nordfjord, L = Lindåspollene, S = Samlafjord, E = Eidfjord.

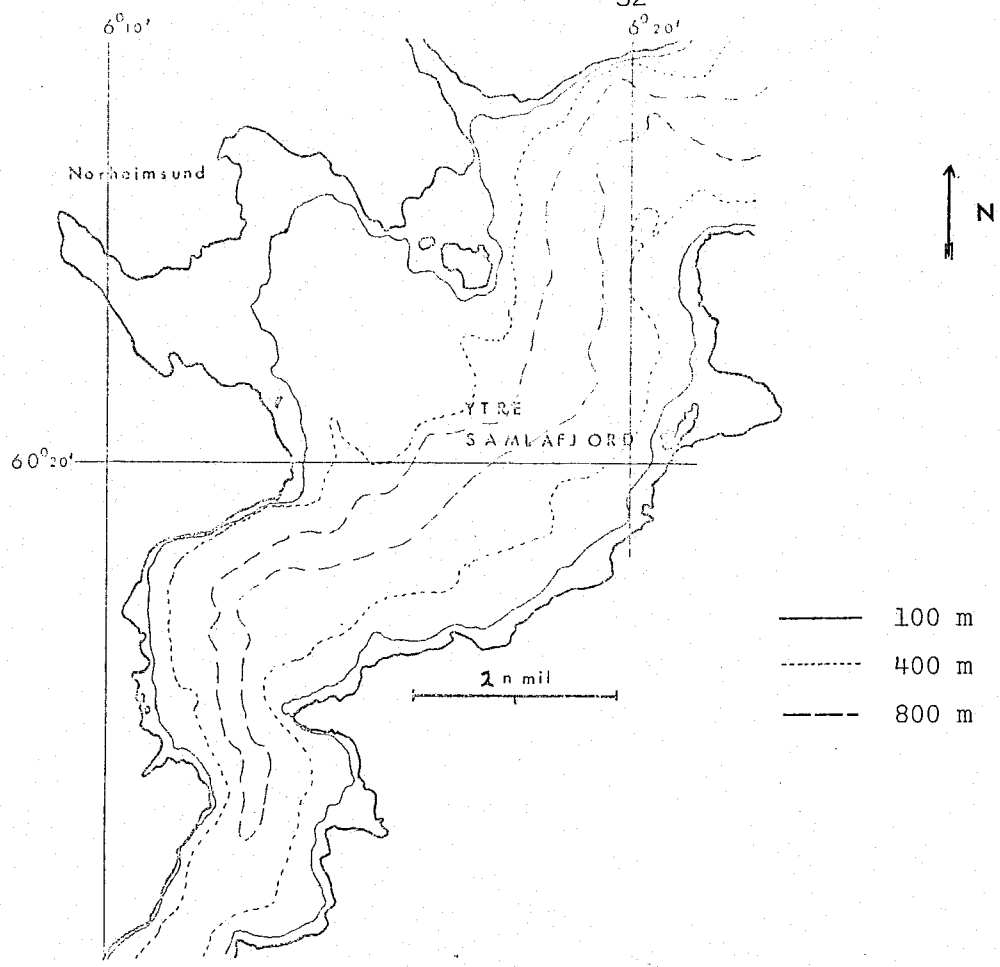


Fig. 8a. Ytre Samlafjord.

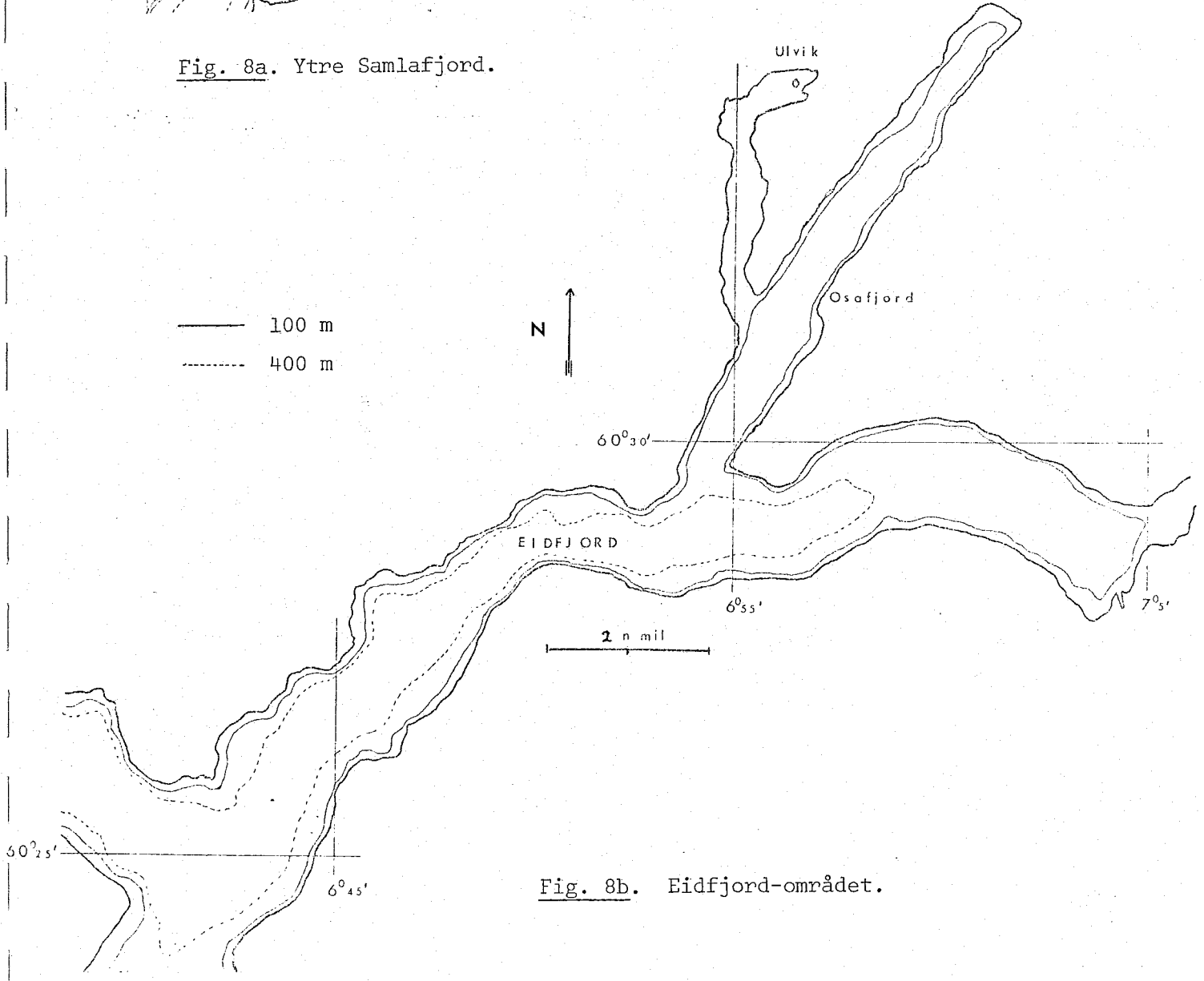


Fig. 8b. Eidfjord-området.

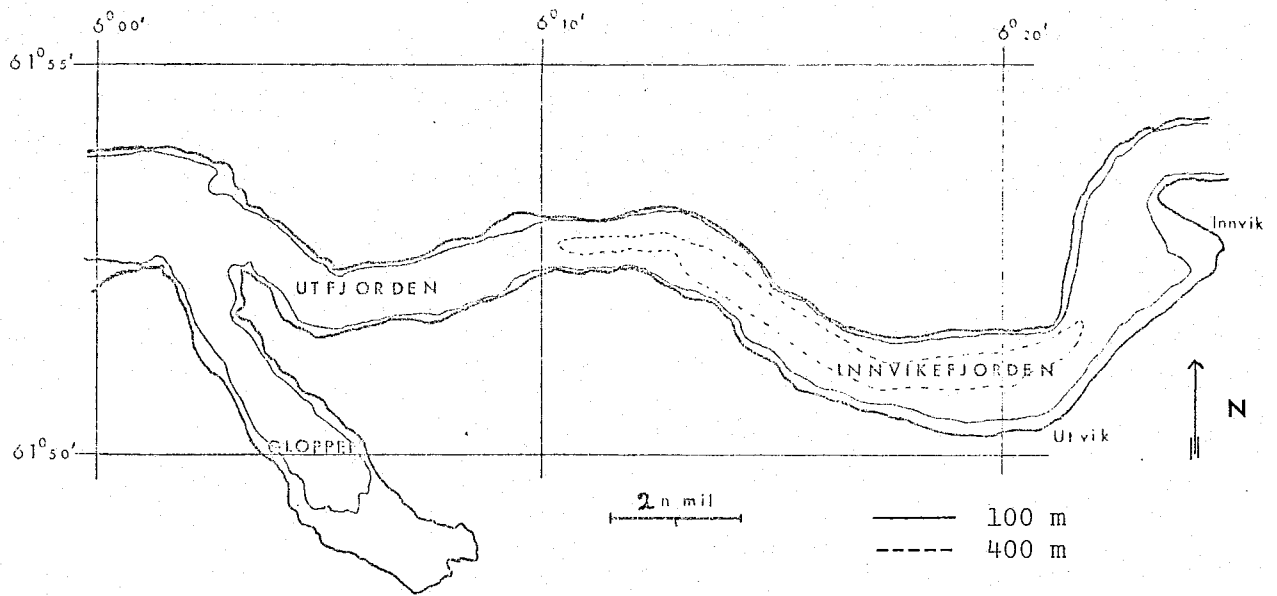


Fig. 9a. Måleområdet i Nordfjord.

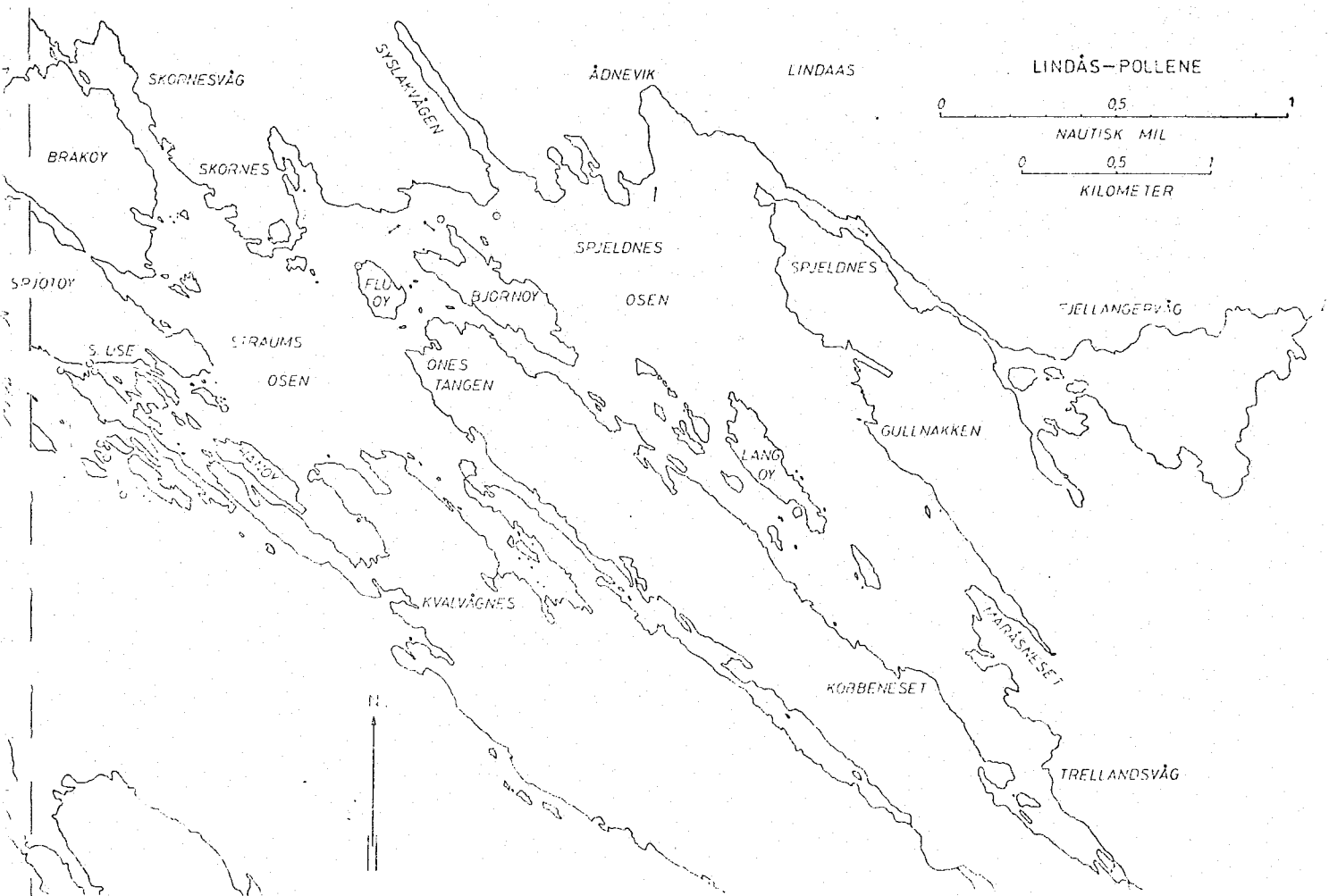


Fig. 9b. Lindåspollene.

2. Akustisk utstyr

2.1 Tekniske data

F/F "Peder Rønnestad"

På F/F "Peder Rønnestad" ble det benyttet en Simrad ekkointegrator, QM II, koplet til et Simrad vitenskapelig ekkolodd, EK50A. Følgende innstilling ble benyttet:

Dybdeområde:	0-125 m eller 0-250 m
Frekvens:	50 kHz
Svinger:	$14^{\circ} \times 7^{\circ}$
Utgangseffekt:	1/1
Dybdeavhengig forsterkning:	$20 \log R + 2\alpha R + 0 \text{ dB}$
Skriverfor- sterkning:	6
Båndbredde:	1 kHz
Pulslengde:	0,6 m sek.
Integratorfor- sterkning:	30 dB eller 40 dB
Inngangsterskel- innstilling:	0 for begge kanaler
Dybdeintervall for integring:	Variierende

Utstyret ble kalibrert på Florvåg (Askøy) 9.11.1977. Kalibreringsmetoden var som anvist i FORBES & NAKKEN (1972). Kalibreringa ga ved den aktuelle innstilling følgende verdier:

Kildenivå (SL):	115,2 dB// μBar ref. 1 m
Mottakerfor- sterkning(RG):	85 dB// 1 Volt ved utløpt TVG
Mottakerfølsom- het (V_R):	-5,4 dB// 1 Volt pr. μBar

Ved hjelp av disse kalibreringsdata kan $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ beregnes ut fra målt signalspenning, U , ("peak" spenning) på kalibrert uttak. Når $40 \log R + 2 \alpha R$ TVG anvendes, er:

$$(20) \quad TS + 20 \log b(\theta, \phi) = 20 \log U - V_R - SL + 40 \log R_u + 2 \alpha R_u - 3 \text{ dB}^{1)}$$

hvor R_u er dybden for utløpt TVG. ANON. (1975).

Simrad oppgir at $R_u = 200 \text{ m}$ og $\alpha = 0,0158 \text{ dB/m}$ ved 5°C . Det betyr at $TS + 20 \log b(\theta, \phi) = 20 \log U - 14,4 \text{ dB}$ når $40 \log R + 2 \alpha R$ TVG anvendes. Fig. 10a viser $20 \log U$ plottet mot $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$. Fig. 10b viser korreksjon for ulike dyp når $20 \log R + 2 \alpha R$ TVG anvendes.

Simrad A/S oppgir at terskelinnstilling 0 på integratoren svarer til en signalspenning som er mindre enn 0,01 Volt (peak).

Den laveste spenning, U_{\min} , som ga integratorutslag ble imidlertid funnet å være 0,03 Volt (peak), ved 40 dB integratorforsterkning. Det observerte avvik fra den oppgitte verdi kan skyldes unøyaktig integratorkalibrering og elektronisk drift i instrumentene.

U_{\min} er tegnet inn på Fig. 10a. Signaler større enn $U_{\max} = 7 \text{ Volt (peak)}$ blir klippet i ekkoloddet. Fig. 10a viser da at systemets totale dynamikk er 47,4 dB, og at minste målstyrke som integreres er $-44,9 \text{ dB}$ når $40 \log R + 2 \alpha R$ TVG anvendes, eller $(-44,9 + 20 \log \frac{R}{R_0}) \text{ dB}$

1) -3 dB er korreksjon ved bruk av "peak" spenning, U_p , i stedet for effektiv spenning, U_{rms} , fordi $20 \log U_{\text{rms}} = 20 \log U_p - 3 \text{ dB}$.

F/F "PEDER RØNNESTAD"

SIMRAD

... EK 50A

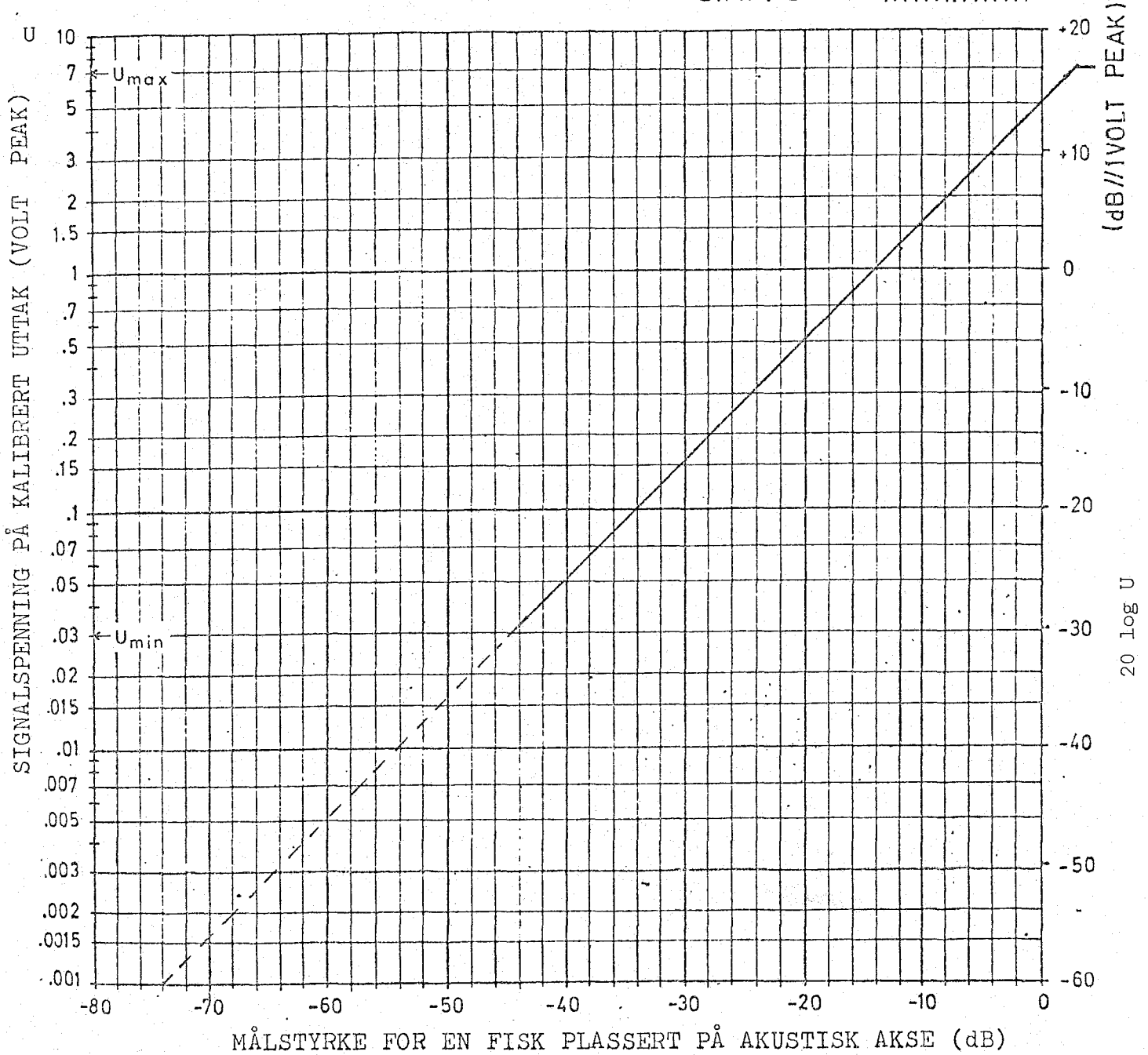


Fig. 10a. Diagram til beregning av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$. Det vil si beregning av målstyrken (TS) når fisken er på akustisk akse. Diagrammet gjelder for:

Utgangseffekt: 1/1
Mottakerforsterkning: 0 dB
Svinger: $7^\circ \times 14^\circ$
TVG: $40 \log R + 2\alpha R$
Dybdeintervall: 3-200 m

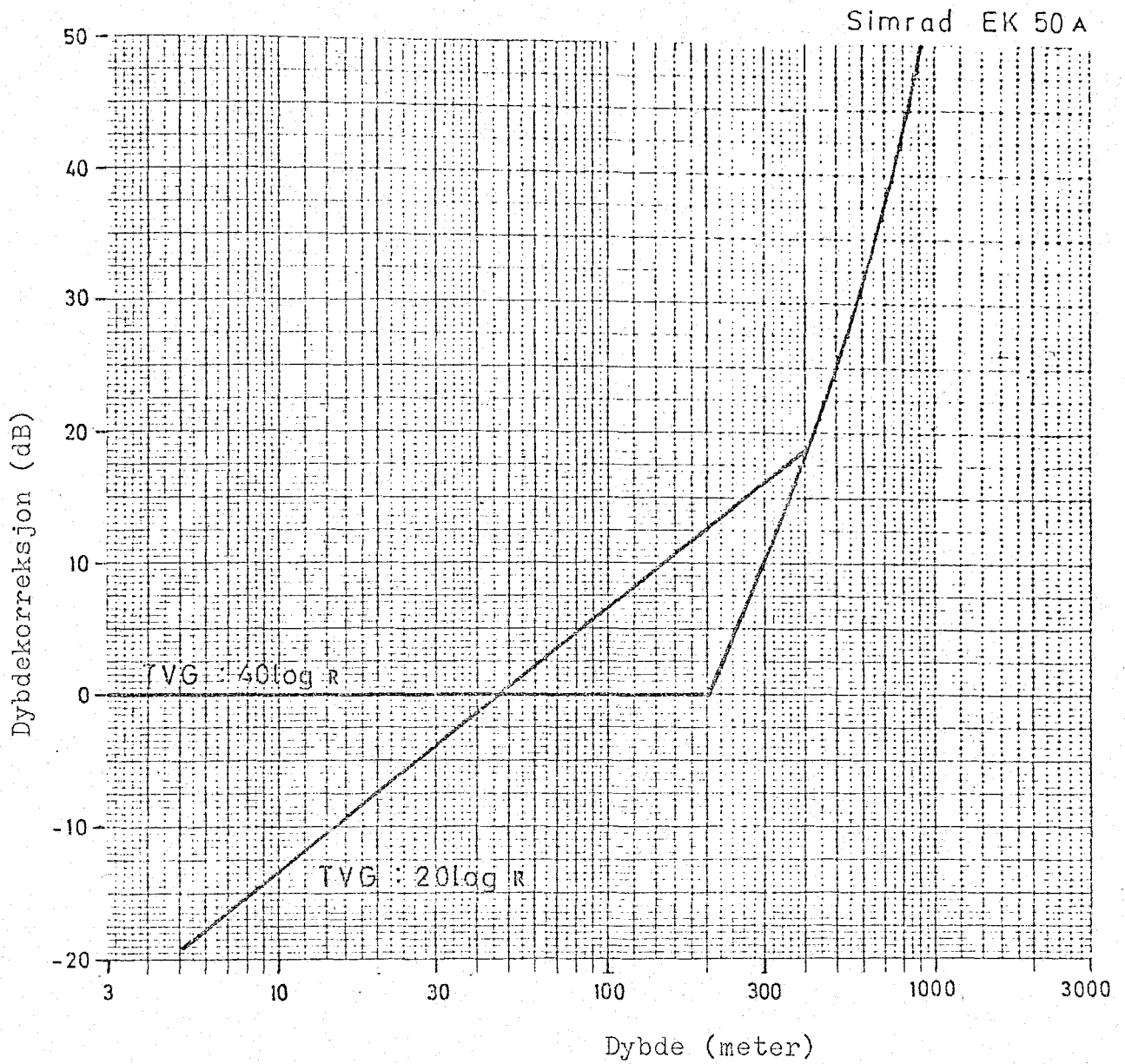


Fig. 10b. Dybdekorreksjon (dB) for målstyrkebestemmelser utført med Simrad EK 50A, F/F "Peder Rønnestad".

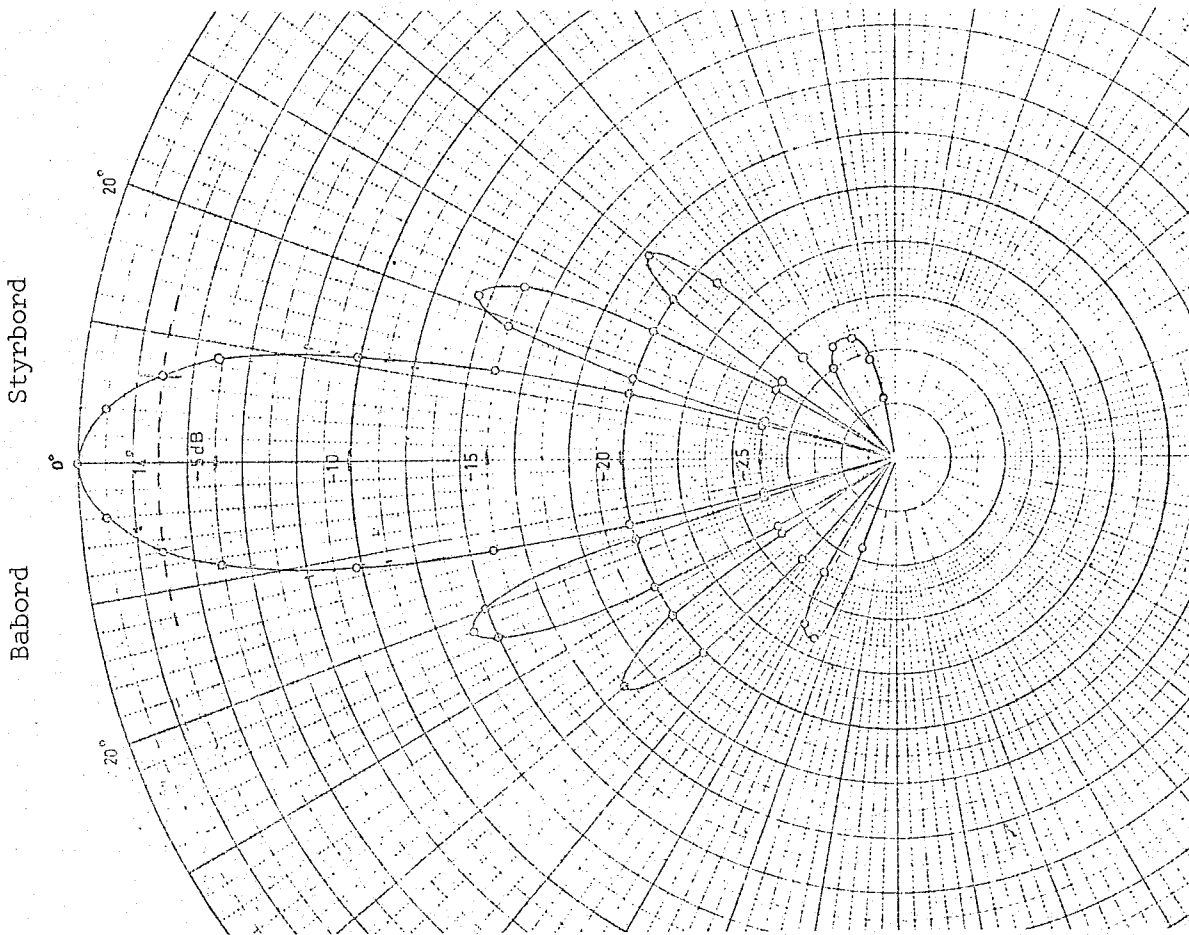
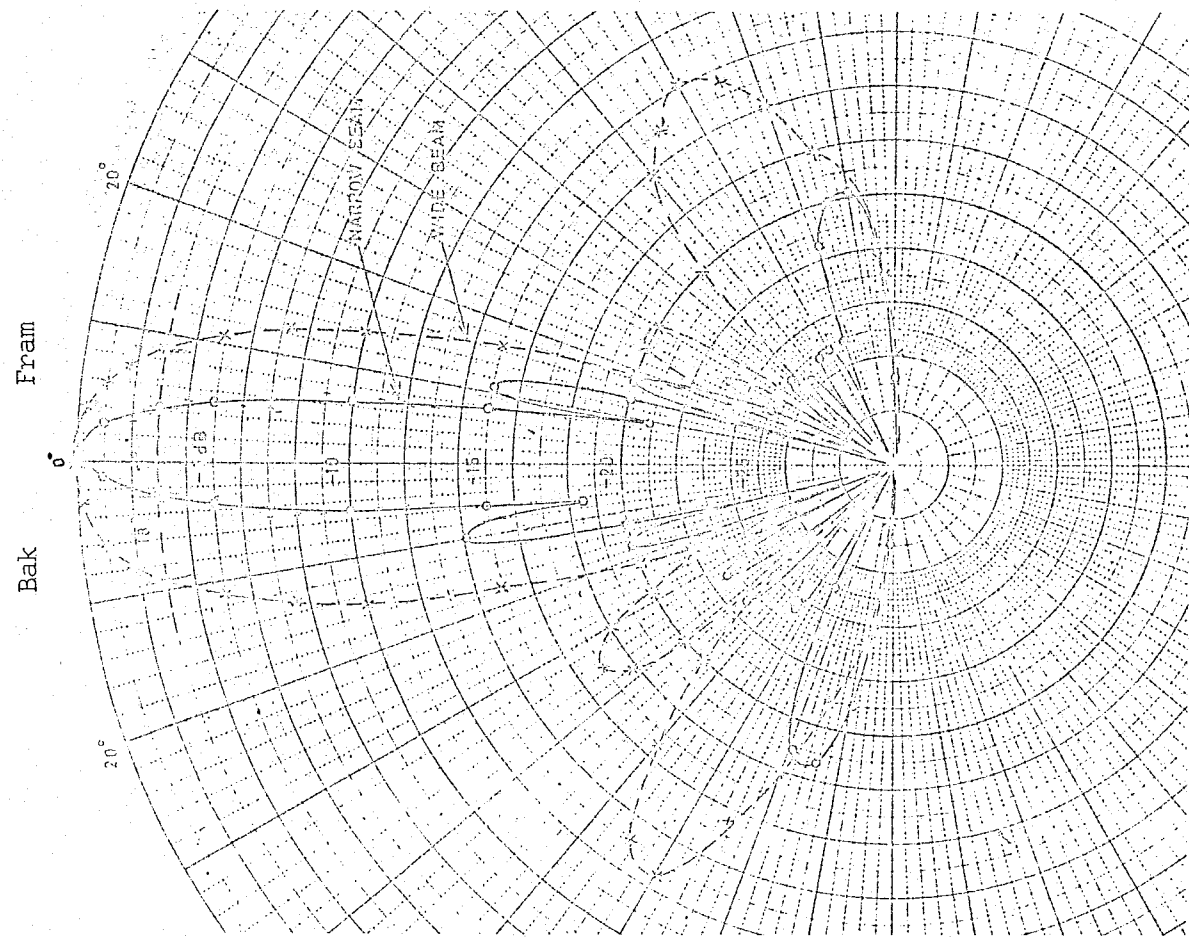


Fig. 11a. En-veis retningsdiagram for svingeren til Simrad EK 50A på F/F "Peder Rønnestad". Sirklene angir lydnivå (dB) og de radiære linjene angir vinkel ut fra måleaksen. Til venstre: målt langskips. Til høyre: målt tverrskips.

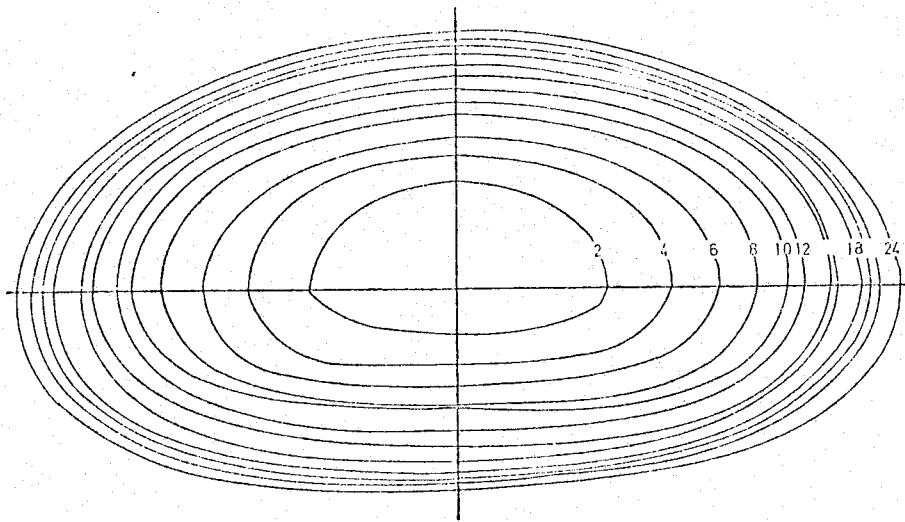


Fig. 11b. Tverrsnitt av lydstrålen til EK 50A, F/F "Peder Rønnestad". Tallene angir dB-linje nr. for to-veis retningsavhengighet.

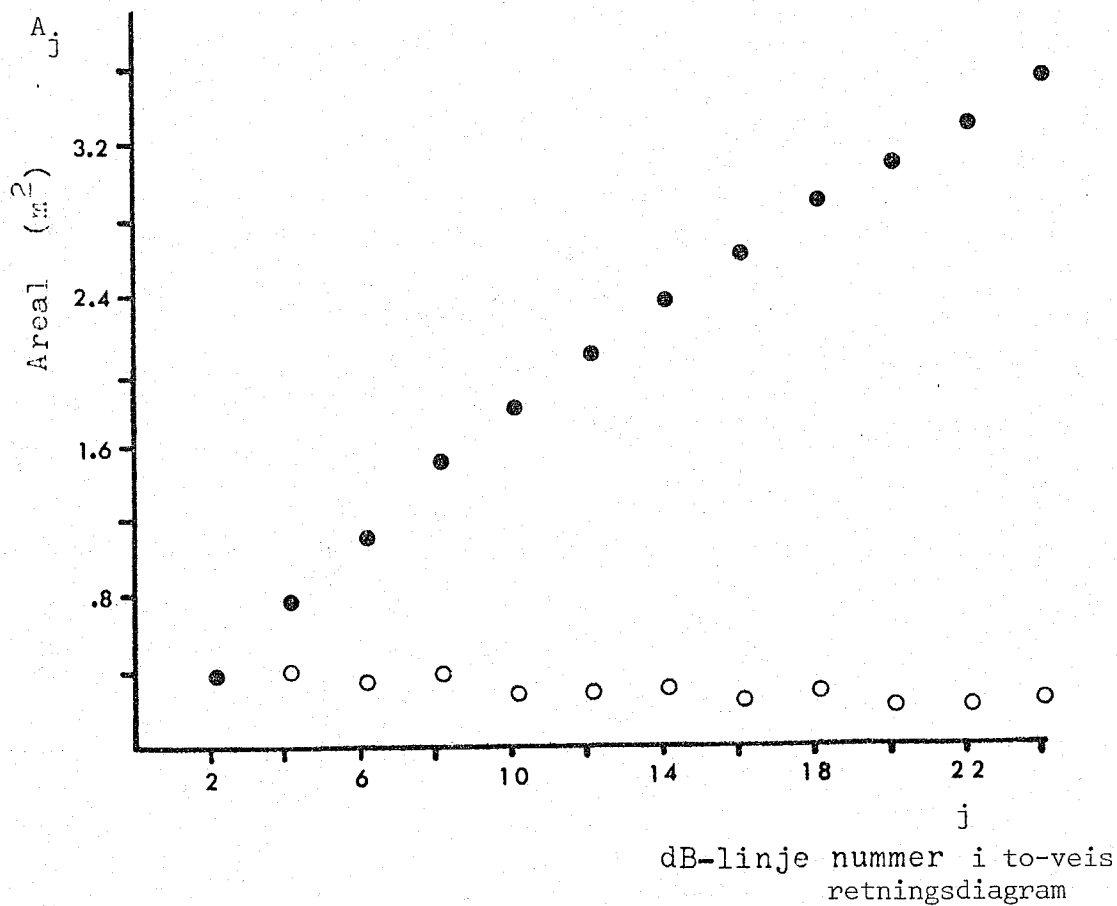


Fig. 11c. Beregnete areal i tverrsnitt av strålen 7 m fra svingeren for EK 50A, F/F "Peder Rønnestad".

- : Areal innenfor dB-linje nr. j.
- : Areal mellom dB-linje nr. j og j-2.

når $20 \log R + 2\alpha R$ TVG anvendes. (R' er det dyp hvor $40 \log R$ og $20 \log R$ TVG er like, se Fig. 10b.)

Fig. 11a viser enveis retningsdiagram for svingeren til EK50A. På grunnlag av dette har jeg i Fig. 11b tegnet et tverrsnitt av lydkjeglen hvor isolinjer for punkter med samme direktivitet, $20 \log b(\theta, \phi)$, er inntegnet. Figuren viser altså to-veis retningsavhengighet. Arealet innenfor hver isolinje er beregnet med planimeter og plottet mot $-20 \log b(\theta, \phi)$ i Fig. 11c.

F/F "G.O. Sars"

På loddetoktene med F/F "G.O.Sars" ble det benyttet to eller tre Simrad integratorer, Q M II, koplet til et Simrad vitenskapelig ekkolodd, type EK38R. Ut fra anvendt innstilling (se referanser s.30) og kalibreringsdata er $TS + 20 \log b(\theta, \phi) = 20 \log U - 26,2$ dB når $40 \log R + 2\alpha R$ TVG anvendes. (Beregningene er utført analogt med beregningene for EK50A.) $20 \log U$ er plottet mot $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ i Fig. 12a. Dybdekorreksjon ved anvendelse av $20 \log R + 2\alpha R$ TVG er vist på Fig. 12b. På toktene ble det for det meste benyttet integratorforsterking på 30 dB og inngangsterskelinnstilling 1. Det tilsier at signalspenning på kalibrert uttak må være minst 0,005 Volt (peak) for å gi integratorbidrag. Øvre grense for signalspenning er 7,0 Volt. Disse verdier er inntegnet på Fig. 12a og viser at utstyrets dynamikk er på 62,9 dB, og at minste målstyrke som kan gi integratorbidrag ved $40 \log R + 2\alpha R$ TVG er $-72,2$ dB, eller $(-72,2 + 20 \log \frac{R}{R'})$ dB ved $20 \log R + 2\alpha R$ TVG. R' er det dyp hvor $20 \log R$ og $40 \log R$ TVG er like.

Ut fra svingerens retningsdiagram (Fig. 13a) har jeg tegnet et tverrsnitt av strålen (Fig. 13b) og beregnet arealet innenfor hver direktivitetsisolnasje. Arealene er plottet mot $-20 \log b(\theta, \phi)$ i Fig. 13c.

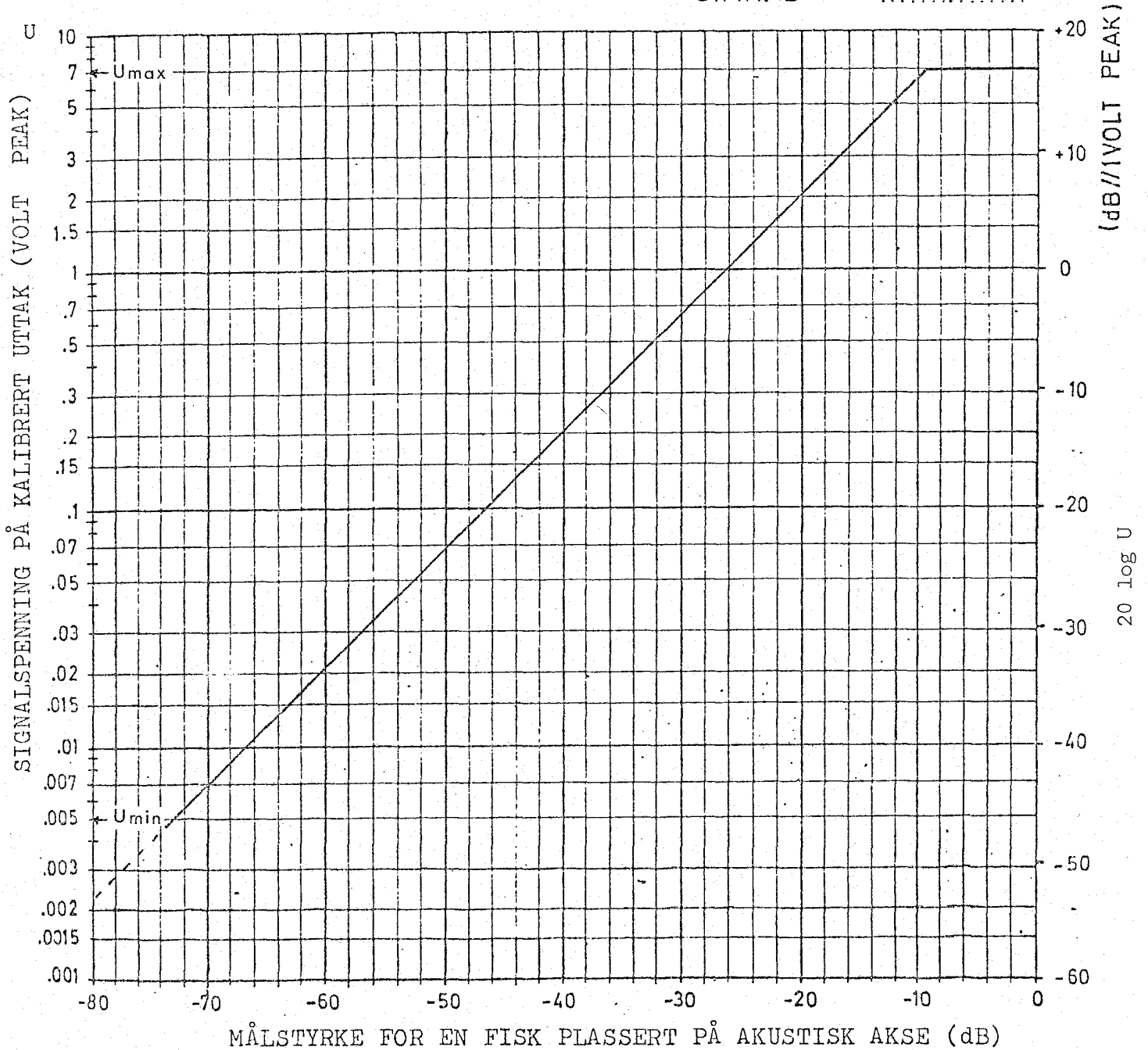


Fig. 12a. Diagram til beregning av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$. Det vil si beregning av målstyrken (TS) når fisken er på akustisk akse. Diagrammet gjelder for:

- Utgangseffekt: 10/1
- Mottakerforsterkning: -20 dB
- Svinger: $5^\circ \times 5^\circ$
- TVG: $40 \log R + 2\alpha R$
- Dybdeintervall: 3 - 230 m

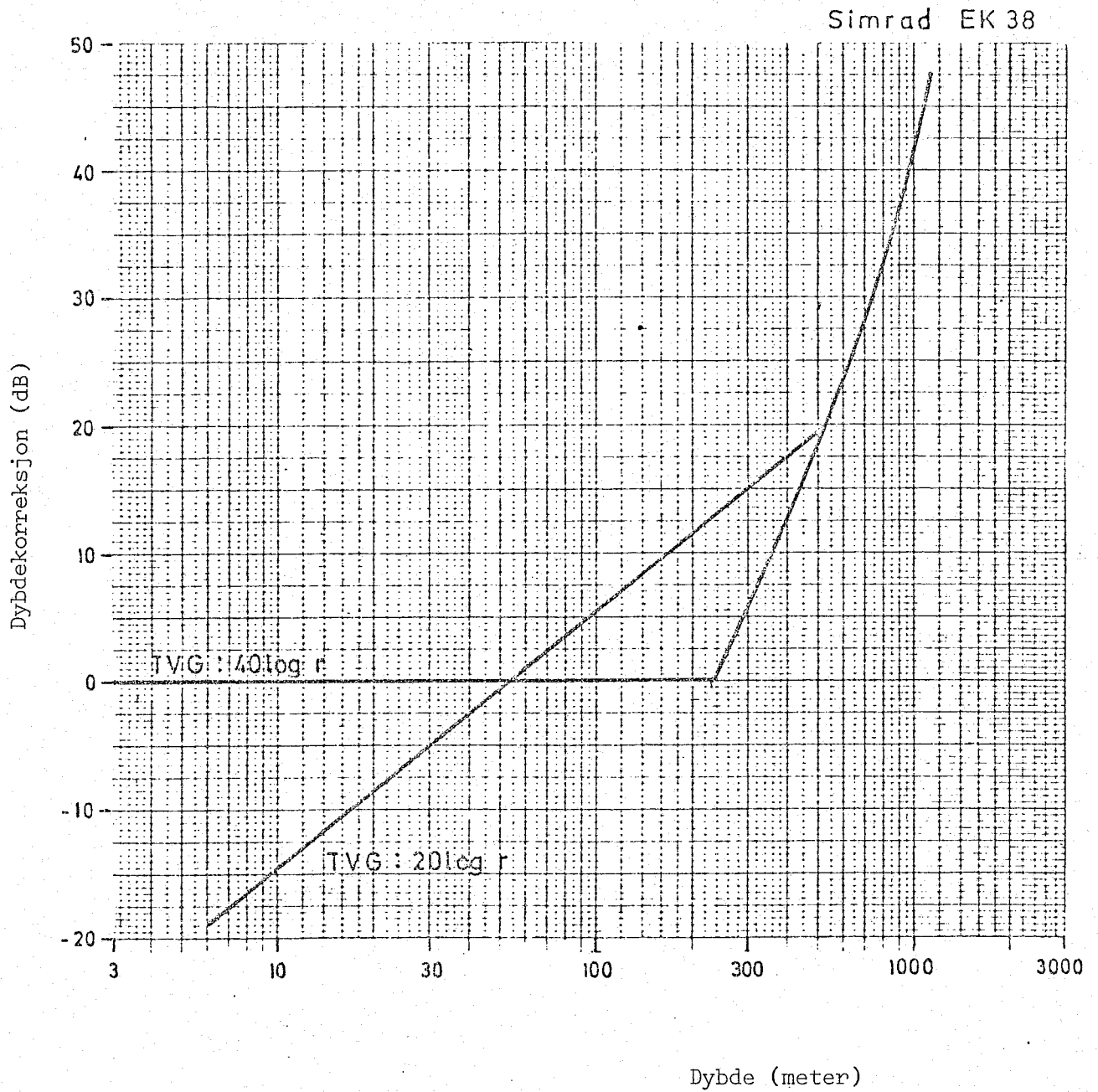


Fig. 12b. Dybdekorreksjon (dB) for målstyrkebestemmelser utført med Simrad EK 38R, "G.O.Sars".

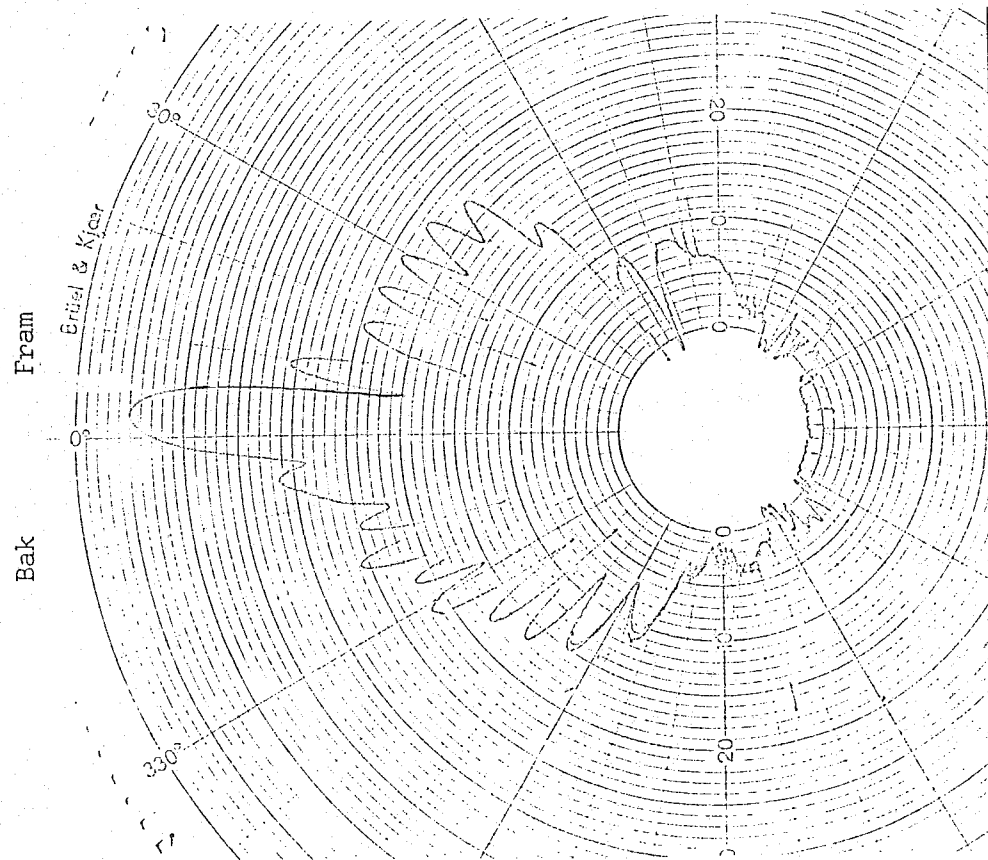
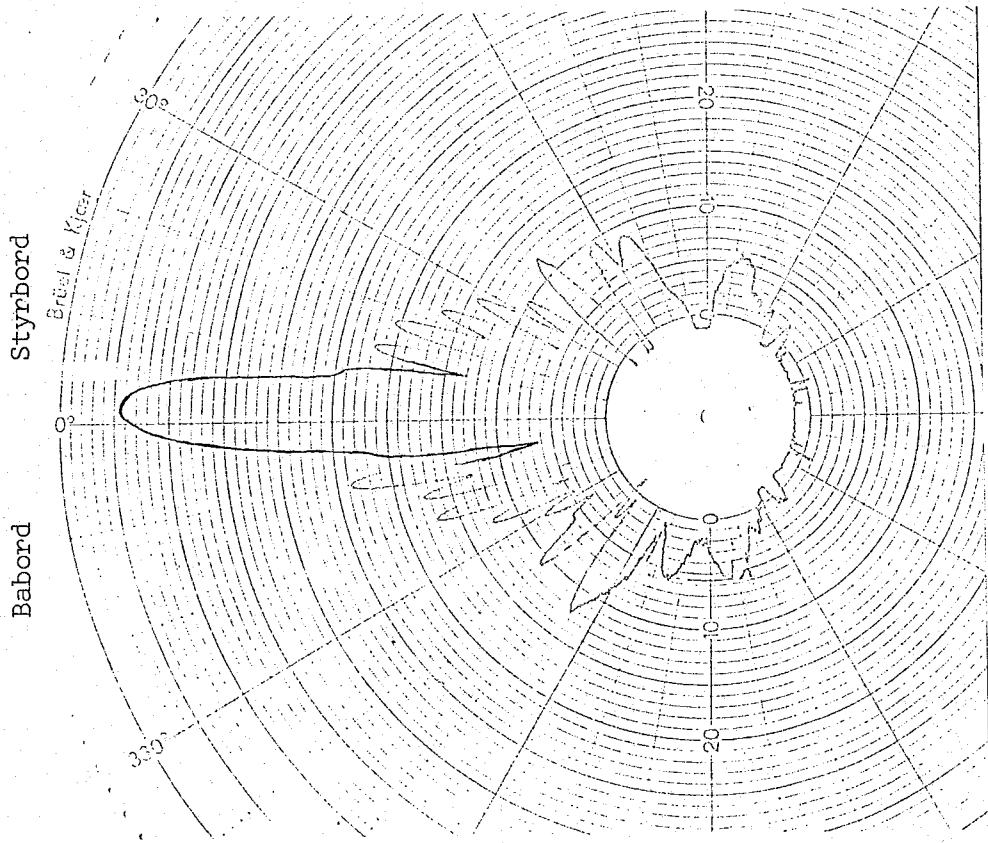


Fig. 13a. En-veis retningsdiagram for svingeren til Simrad Ek 38, "G.O.Sars". Sirklene angir lydnivå (dB) og de radiære linjene angir vinkel ut fra måleaksen. Til venstre: målt langskips. Til høyre: målt tverrskips.

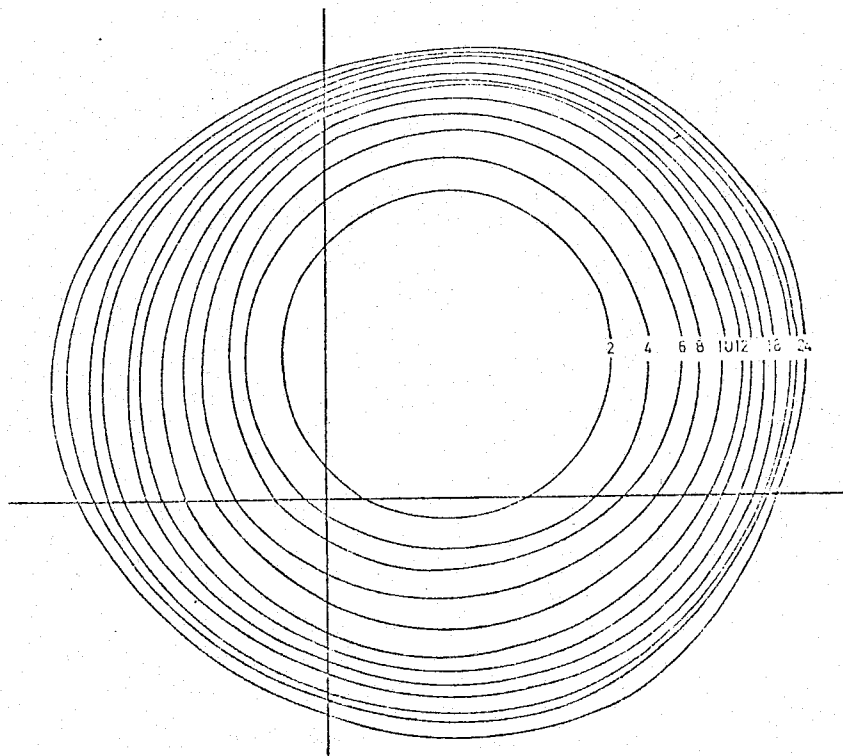


Fig. 13b. Tverrsnitt av lydstrålen til Ek 38R, "G.O.Sars". Tallene angir dB-linje nr. for to-veis retningsavhengighet.

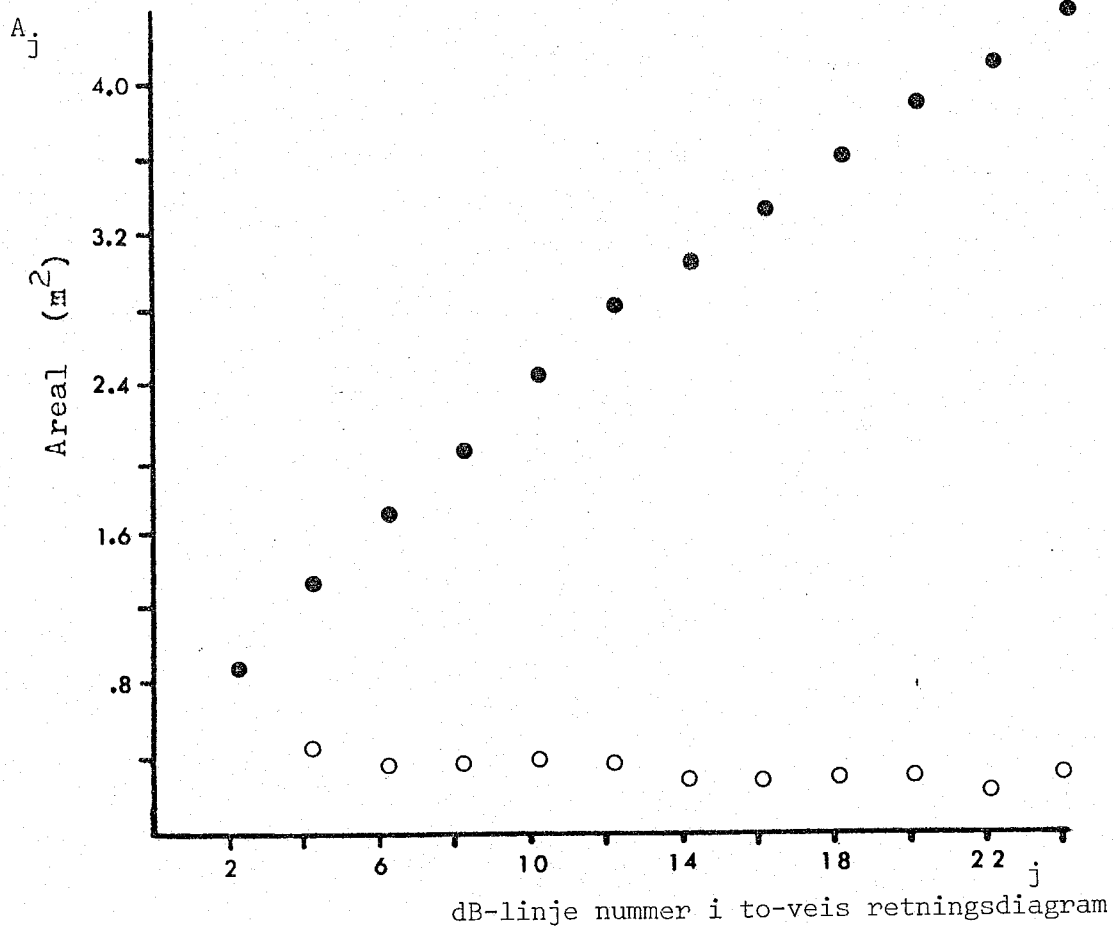


Fig. 13c. Beregnete areal i tverrsnittet av strålen 7 m fra svingeren for EK 38R, "G.O.Sars".

- : Areal innenfor dB-linje nr. j
- : Arealet mellom dB-linje nr. j og j-2

M/B "Hans Reusch" og M/S "Daffy"

Til målingene i Lindåspollene ble det benyttet et Simrad vitenskapelig ekkolodd av typen EY70M. Til dette var det koplet en kassett-båndopptaker (Nachamichi 550) og et oscilloscoop (Telequipment S 22). Utstyret er utviklet og utprøvd av T. Lindem i samarbeid med Simrad A/S (LINDEM 1978).

Alle signal fra signaluttak på ekkolodd ble spilt inn på lyd-båndkassett og ble senere integrert ved hjelp av en NORD-10 datamaskin ombord i F/F "Johan Hjort". Maskina er beskrevet i EIDE, HELLE & KNUTSEN (1975). Fig. 14 viser et blokkdiagram over integreringsutstyret.

Ekkoloddet har en innebygd frekvensomformer slik at frekvensen på kalibrert uttak er 10kHz, hvilket er en gunstig innspillingsfrekvens for kassettpilleren.

Den lineære forsterkning på dette ekkoloddet virker både på signalene til skriver og signaluttak. Forsterkninga kan reguleres i 10 trinn, hvert på ca. 3 dB.

Kassettpillerens innspillingsnivå kan varieres trinnløst. Det er da nødvendig å ha en kjent referanse for hver innspilling. En fast referansetone er derfor innebygd i ekkoloddet. Denne kan spilles inn på kassett hver gang innspillingsnivået endres.

Før innspilling startet ble alltid utstyret innstilt etter følgende prosedyre:

1. Valgte den høyeste lineære forsterkning som ikke førte til at de kraftigste fiskeekko ble klippet i mottakeren.

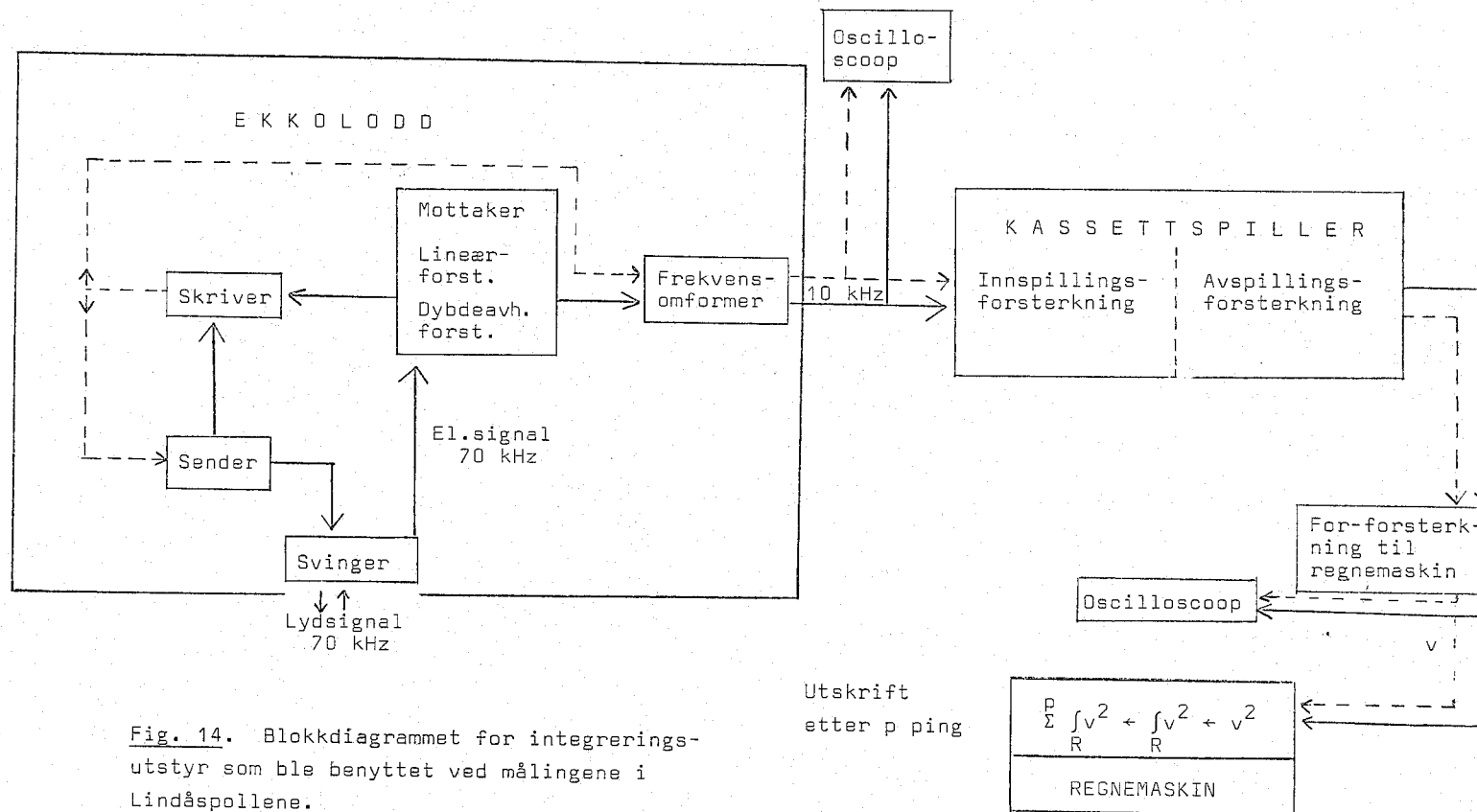


Fig. 14. Blokkdiagrammet for integrerings-
utstyr som ble benyttet ved målingene i
Lindåspollene.

---> Triggersignal
 —> Signal generert av
 mottatt ekko

2. Satte innspillingsnivået på kassettspilleren slik at de kraftigste fiskeekko ikke ga overstyring på båndet.
3. Spilte inn ekkoloddets kalibreringstone i ca. 1 min. ved det valgte innspillingsnivå.
4. Startet innspilling langs et fastlagt kursnett.

Ved avspilling fra kassett til regnemaskin ble et fast avspillingsnivå valgt. Det avleste nivå for referansetonen ble så brukt til å standardisere regnemaskinberegningene av integrert ekkomengde.

Ved målingene ble følgende ekkoloddinnstilling anvendt:

Dybdeområde: 0-60 m eller 0-120 m.
Frekvens: 70 kHz, omformet til
10 kHz på signaluttak
Svinger: $11,5^{\circ} \times 12^{\circ}$
Dybdeavhengig
forsterkning: $20 \log R + 2\alpha R$.
Lineær for-
sterkning: Trinn 5 eller 7.
Båndbredde: 2,2 kHz
Pulslengde: 0,6 m sek.

Oppgitt fra Simrad A/S:

Svingerens følsomhet som sender
 $93,9 \text{ dB// } 1\mu\text{Bar pr. W ref 1 m.}$
Utgangseffekt: 69,8 W
Mottakerfølsomhet: $V_R = 8,6 \text{ dB// } 1V \text{ pr. } \mu\text{Bar.}$
TVG:område: 3-100 m, både for $40 \log R$
og $20 \log R$.
 $\alpha = 0,025 \text{ dB/m ved } 5^{\circ}\text{C}$

Dette gir $SL = (93,9 + 10 \log 69,8) \text{ dB// } 1 \mu\text{Bar ref } 1 \text{ m}$
 $= 112,3 \text{ dB// } 1 \mu\text{Bar ref } 1 \text{ m}$

Ifølge likning (20) er da

$$TS + 20 \log b(\theta, \phi) = 20 \log U - 38,8 \text{ dB}$$

Likningen gjelder for en ideell $40 \log R + 2\alpha R$ TVG-funksjon og for lineær forsterkning 10. $20 \log U$ er plottet mot $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ for ulike forsterkningstrinn i Fig. 15a. Korreksjon for de aktuelle TVG-funksjoner er gitt i Fig. 15b.

Den laveste signalspenning som gir sverting på ekkoloddpapiret er $U_{\min} = 0,08 \text{ Volt (peak)}$. Ved integreringa var terskelen lagt slik at bare de signal som hadde gitt sverting på ekkoloddpapiret ble integrert. Signal større enn $U_{\max} = 1,25 \text{ Volt (peak)}$ klippes i mottakeren i ekkoloddet. U_{\min} og U_{\max} er tegnet inn på Fig. 15a og viser at ved en gitt forsterkning er dynamikken 24,0 dB. Minste målstyrke som gir bidrag vil være $-60,7 \text{ dB} + (10-G) \cdot 3 \text{ dB}$ når $40 \log R + 2\alpha R$ TVG anvendes og $-60,7 \text{ dB} + (10-G) \cdot 3 \text{ dB} + 20 \log \frac{R'}{R}$, når $20 \log R + 2\alpha R$ anvendes. G angir anvendt forsterkningstrinn. R' er det dyp hvor $20 \log R$ og $40 \log R$ TVG er like.

Enveis retningsdiagram for den anvendte svingeren er gjengitt i Fig. 16a. Ut fra dette har jeg tegnet et tverrsnitt av strålen (Fig. 16b) og beregnet arealet innenfor hver direktivitetsisolinje. Arealene er plottet mot $-20 \log b(\theta, \phi)$ i Fig. 16c.

SIMRAD

....EY.70M....

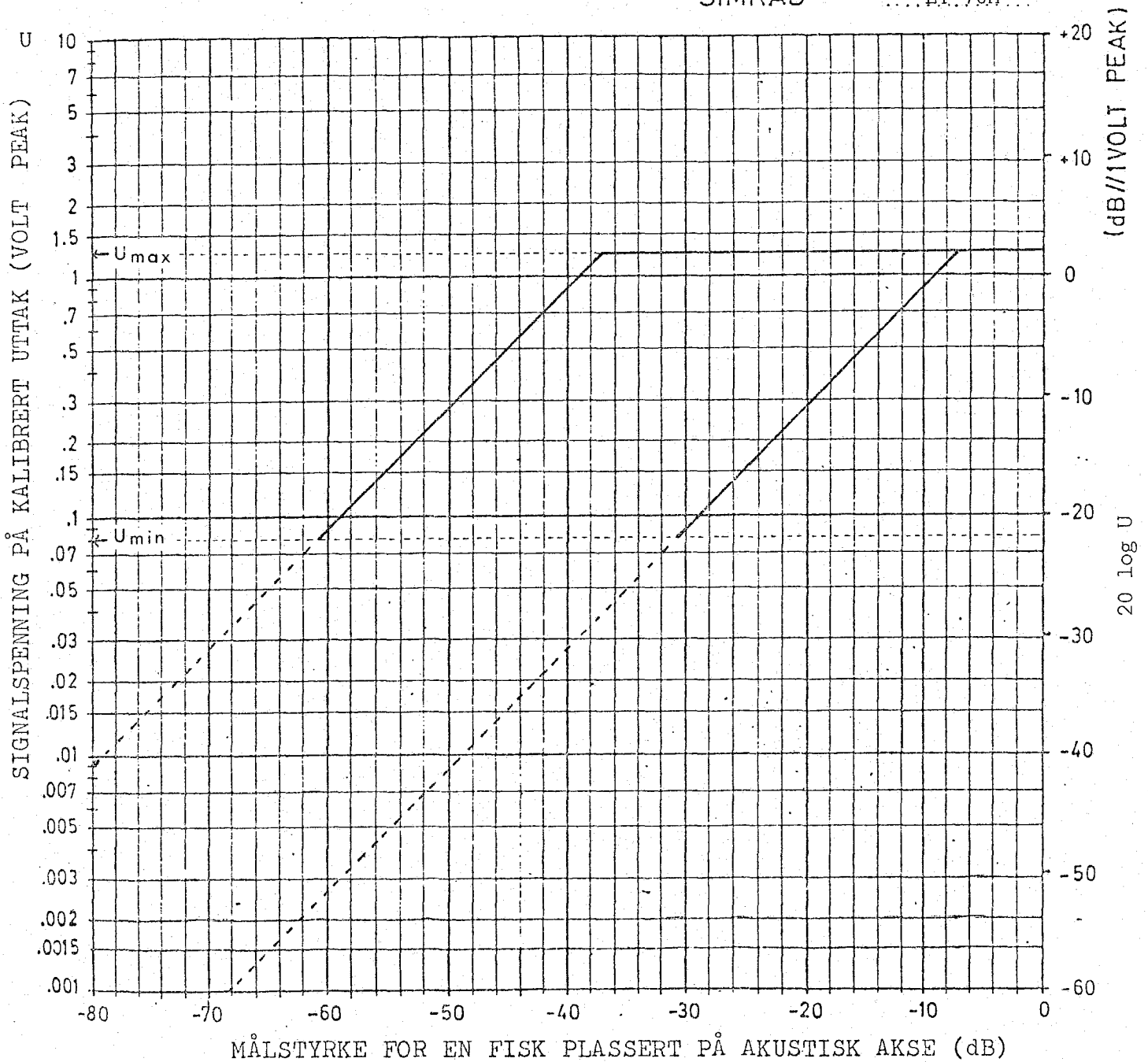


Fig. 15a. Diagram til beregning av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$. Det vil si beregning av målstyrken (TS) når fisken er på akustisk akse. Diagrammet gjelder tilnærmet for $40 \log R$ TVG. Til venstre: forsterkningstrinn 10. Til høyre: forsterkningstrinn 0.

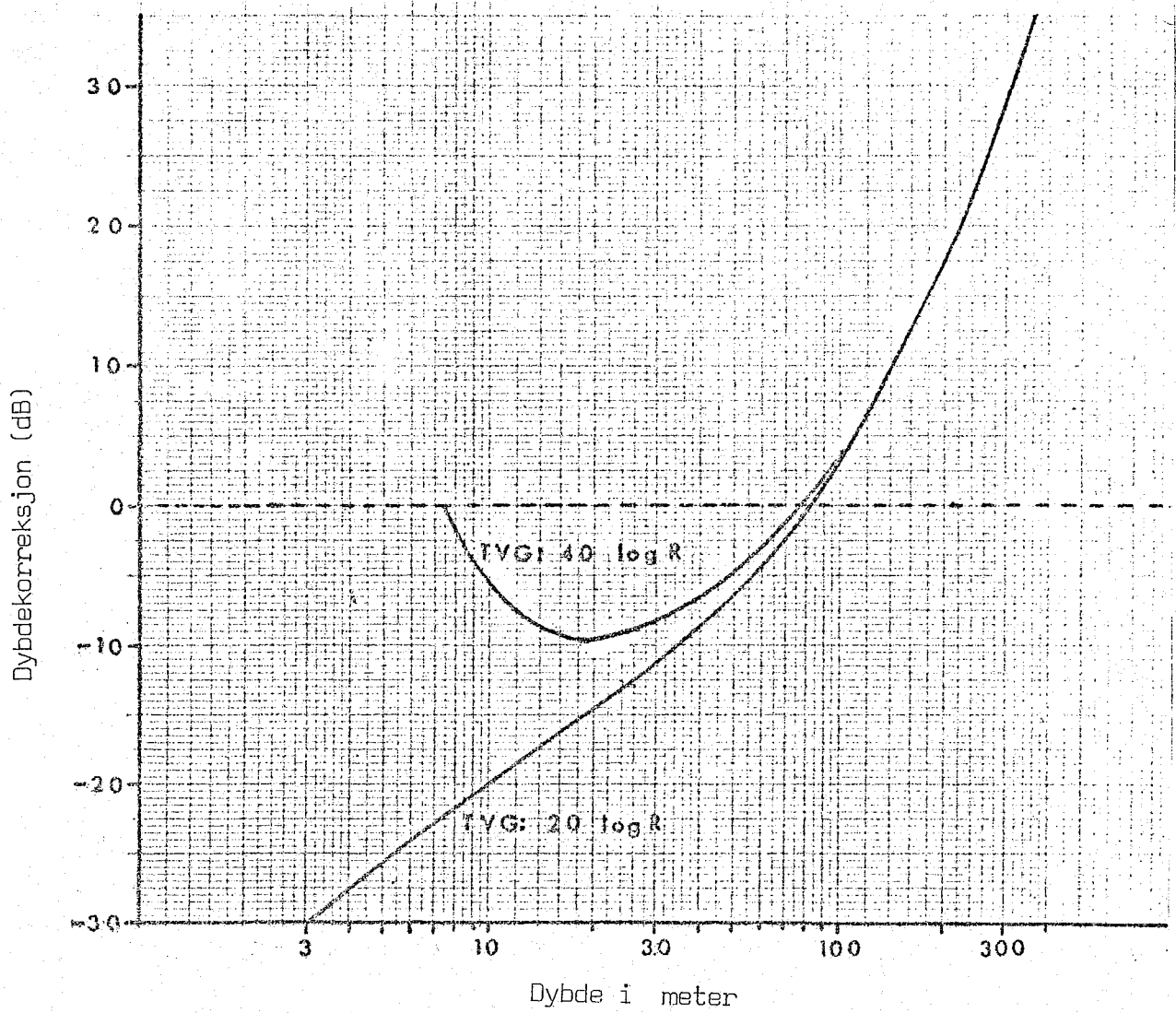


Fig. 15b. Dybdekorreksjon (dB) for målstyrkebestemmelser utført med EY 70M. 40 log R TVG er ikke kalibrert for dyp mindre enn 7 m.

Bak

Fram

Babord

Styrbord

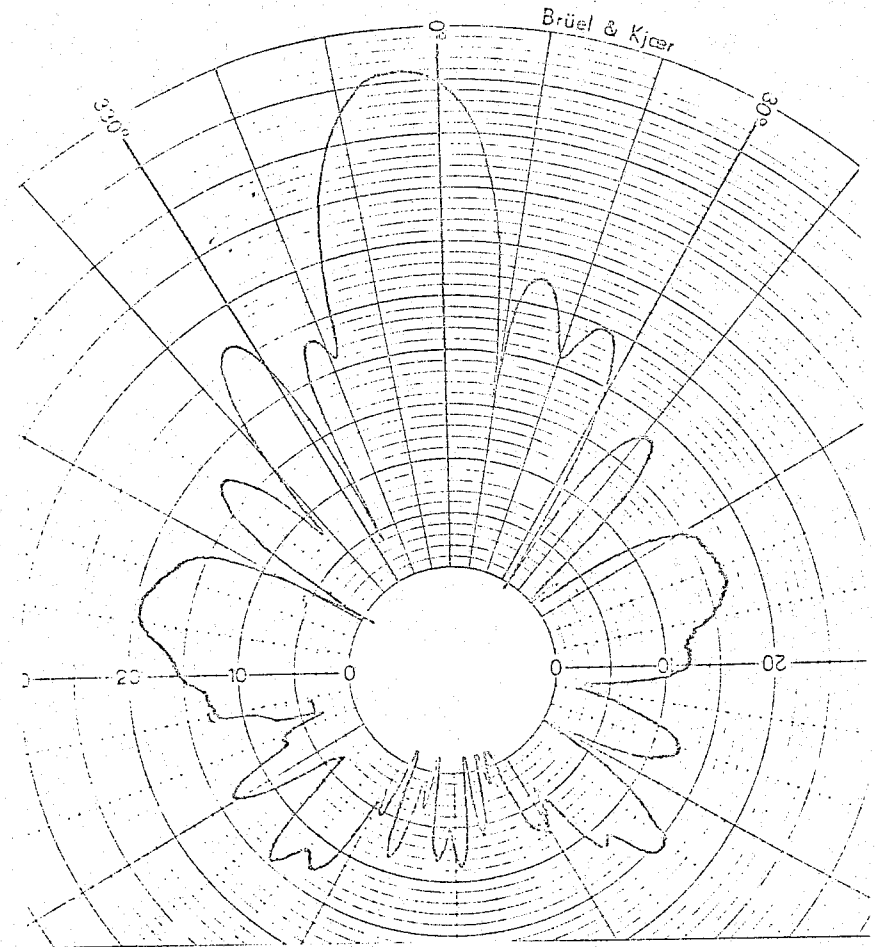
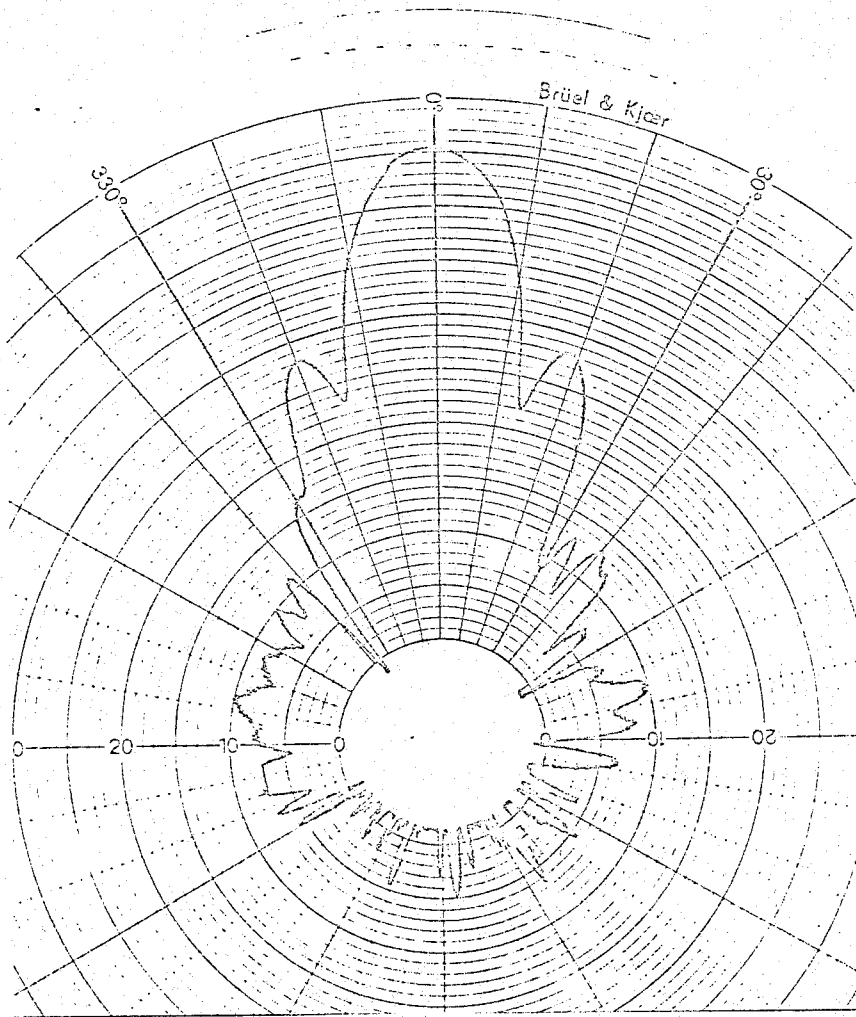


Fig. 16a. En-veis retningsdiagram for svingeren til Simrad EY 70M. Sirklene angir lydnivå (dB) og de radiære linjene angir vinkel ut fra måleaksen. Til venstre: målt langsips. Til høyre: målt tverrsips.

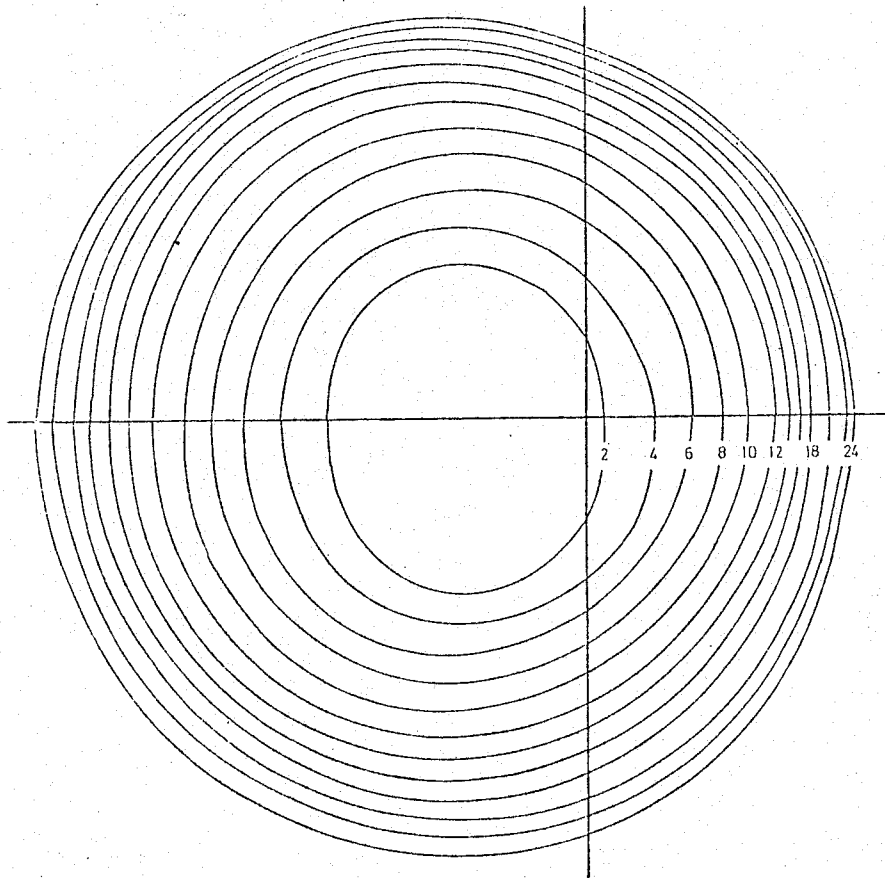


Fig. 16b. Tverrsnitt av lydstrålen til EY 70M. Tallene angir dB-linje nr. for to-veis retningsavhengighet.

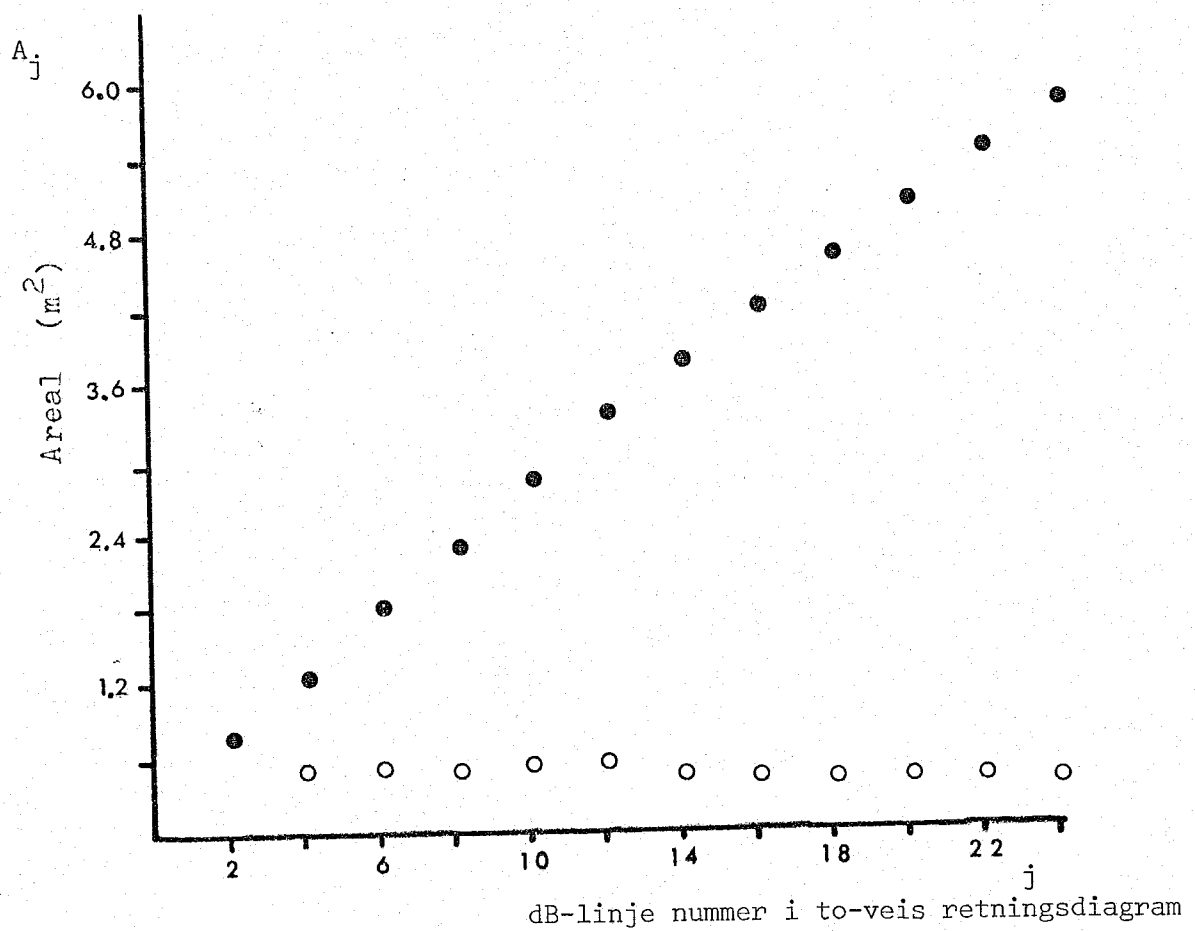


Fig. 16c. Beregnete areal i tverrsnittet av strålen 7 m fra svingeren for EY 70M.

- : Areal innenfor dB-linje nr. j
- : Areal mellom dB-linje nr. j og j-2

2.2 Vurdering av anvendt utstyr

Ifølge Kapittel II kan kvaliteten av et akustisk integreringsutstyr vurderes ut fra svingerens direktivitet og utstyrets inngangsterskel og dynamikk, sett i forhold til den minste måstyrke av interesse.

Figurene 11c, 13c og 16c viser arealet innenfor i -te dB-linje plottet mot i for de anvendte svingere. Planimeterberegningene av arealene har en nøyaktighet på ca. $\pm 1\%$. Hver isolinje i Figurene 11b, 13b og 16b er tegnet ut fra bare fire kjente punkter, slik at fasongen på linjene er til en viss grad tegnet etter øyemål. De fire kjente punktene er beregnet avstand fra måleaksene i polardiagrammene (Figurene 11a, 13a og 16a). Avstandene er beregnet ved hjelp av de avleste vinkler i skjæringspunktene mellom intensitetskurvene og dB-linjene. Vinklene er målt med ca. $\pm 0,2$ graders nøyaktighet. Simrad oppgir at polardiagrammet er målt med ca. $\pm 0,5$ dB nøyaktighet.

Disse feilkildene gjør det sannsynlig at de enkelte arealene kan være feilberegnet. Figurene 11c, 13c og 16c gir likevel grunn til å anta en tilnærmet proporsjonalitet mellom arealet innenfor i -te dB-linje og i . Forutsetningen om proporsjonalitet ved utledning av uttrykket for terskelfaktor (Kap. II 4.2) synes altså å være ganske realistisk, i alle fall for disse svingerne.

Fig. 17 viser relativt ekkobidrag, $M(i_t)/C_p$, for arealet innenfor dB-linje nr. i_t plottet mot i_t for de tre aktuelle svingerne. $M(i_t)/C_p$ er beregnet etter formelen:

$$\frac{M(i_t)}{C_p} = \frac{\sum_{j=2}^{j=i_t} A_j \int_{i=j-2}^{i=j} I(i) di}{\sum_{j=2}^{\infty} A_j \int_{i=j-2}^j I(i) di} \quad \text{der } j \text{ og } i_t \text{ er partall.}$$

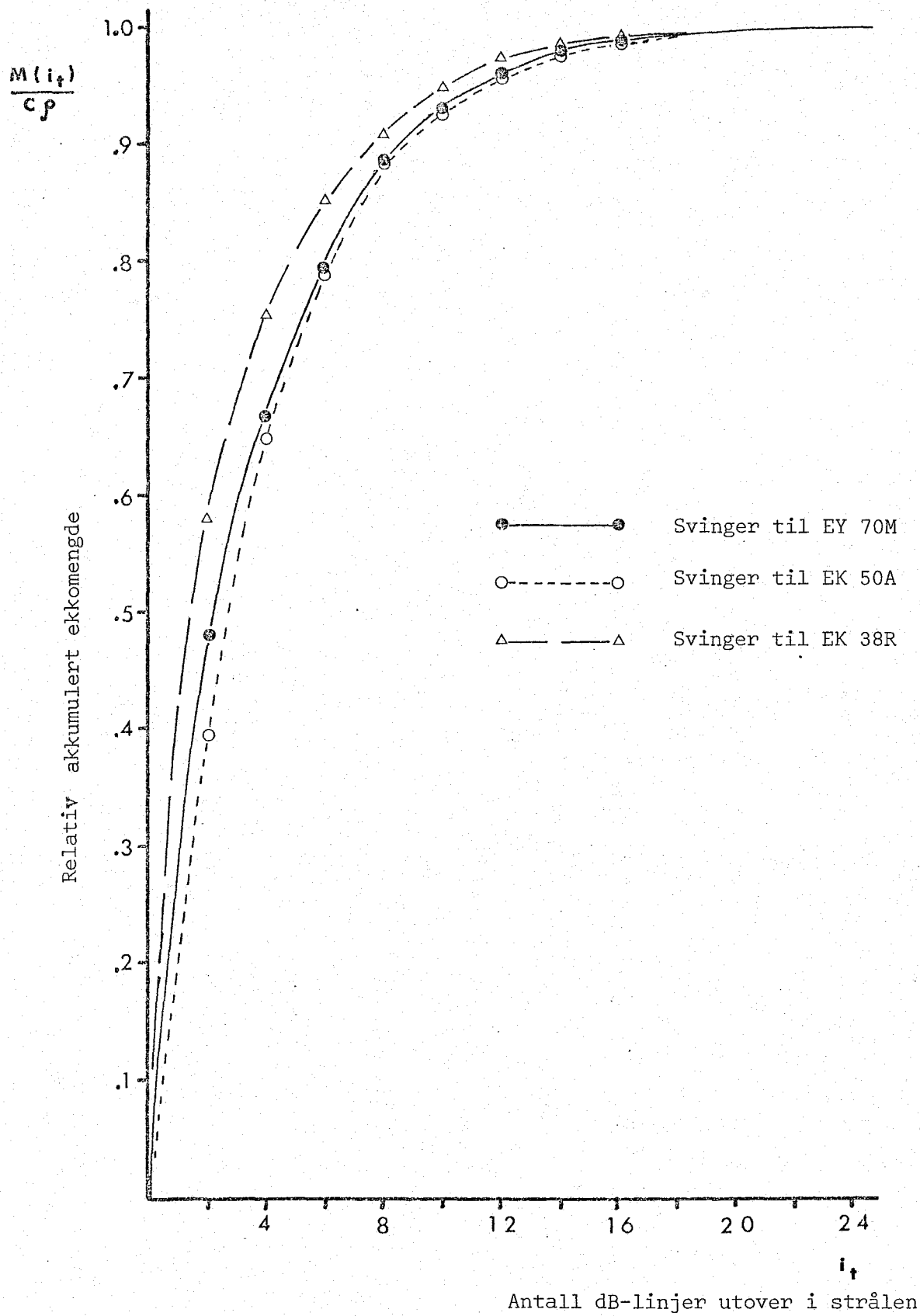


Fig. 17. Akkumulert ekkomengde utover i strålen for de anvendte svingere.

j og i står for dB-linje nr. i to-veis retningsdiagram og A_j er arealet mellom dB-linje nr j og $j-2$.

Denne likninga er en diskretifisering av likning (12) (s16), som forutsetter proporsjonalitet mellom i_t og arealet innenfor dB-linje nr. i_t . Denne forutsetninga er her redusert til en forutsetning om proporsjonalitet innenfor hvert 2-dB-intervall.

Fig. 17 viser at over 95% av ekkobidraget kommer fra arealet innenfor dB-linje nr. 12 for alle de tre svingerne. Grensen for den betydelige del av strålen ligger altså omtrent like mange dB ut fra akustisk akse for de tre svingerne.

Etter som terskeeffekten øker med dypet (Kap. II, 4.4), vil det for ethvert integreringsutstyr kunne defineres et teoretisk "kritisk dyp", som er slik at terskeeffekten er uten betydning ned til dette dyp. Det kritiske dyp vil altså være det største dyp hvor en fisk med minste målstyrke av interesse er istand til å gi bidrag i hele den betydelige del av strålen.

Målstyrken for en fiskeart, målt med en bestemt frekvens, vil avhenge av fiskens størrelse og aspektvinkel. Målinger (ved 38 kHz og 120 kHz) av sild og brisling viser at forskjellen mellom største og minste målstyrke for en og samme fisk kan være opp til 40 dB. Minimumsmålstyrke for små sild og brisling er målt til mellom -70 og -80 dB (FOOTE & NAKKEN 1978).

Det relative ekkobidrag fra fisk med en slik minimumsmålstyrke vil imidlertid være ubetydelig for alle fiskeforekomster hvor aspektvinkelfordelinga tilsier at bare en liten andel av fiskene har minimumsmålstyrke. Ved slike aspektvinkelfordelinger kan derfor kravet til terskelnivået beregnes ut fra en minste målstyrke som er noe større enn -70 dB. For å få et realistisk mål for minste målstyrke av betydning, må en kjenne både aspekt-

vinkelfordelinga og målstyrken som funksjon av aspektvinkel, Beltestad (1974) har observert aspektvinkelfordelinger hos småsild i mør. Disse er gjengitt i Fig. 18.

Ut fra disse fordelingene og målinger av målstyrken som funksjon av aspektvinkel (FOOTE & NAKKEN 1978) har Foote beregnet $\langle TS \rangle = m \log l + b + B$ for sild og brisling (FOOTE, under trykking). $\langle TS \rangle$ står for gjennomsnittet av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ over alle posisjoner innenfor en gitt vinkel av strålen for en gitt svinger ved en gitt aspektvinkelfordeling og fiskestørrelse (1). m og b er regresjonskonstanter. B avhenger av hvor stor del av strålen som betraktets, og er konstant når en betrakter bare de fisker som faller innenfor en gitt vinkel, θ , av strålen.

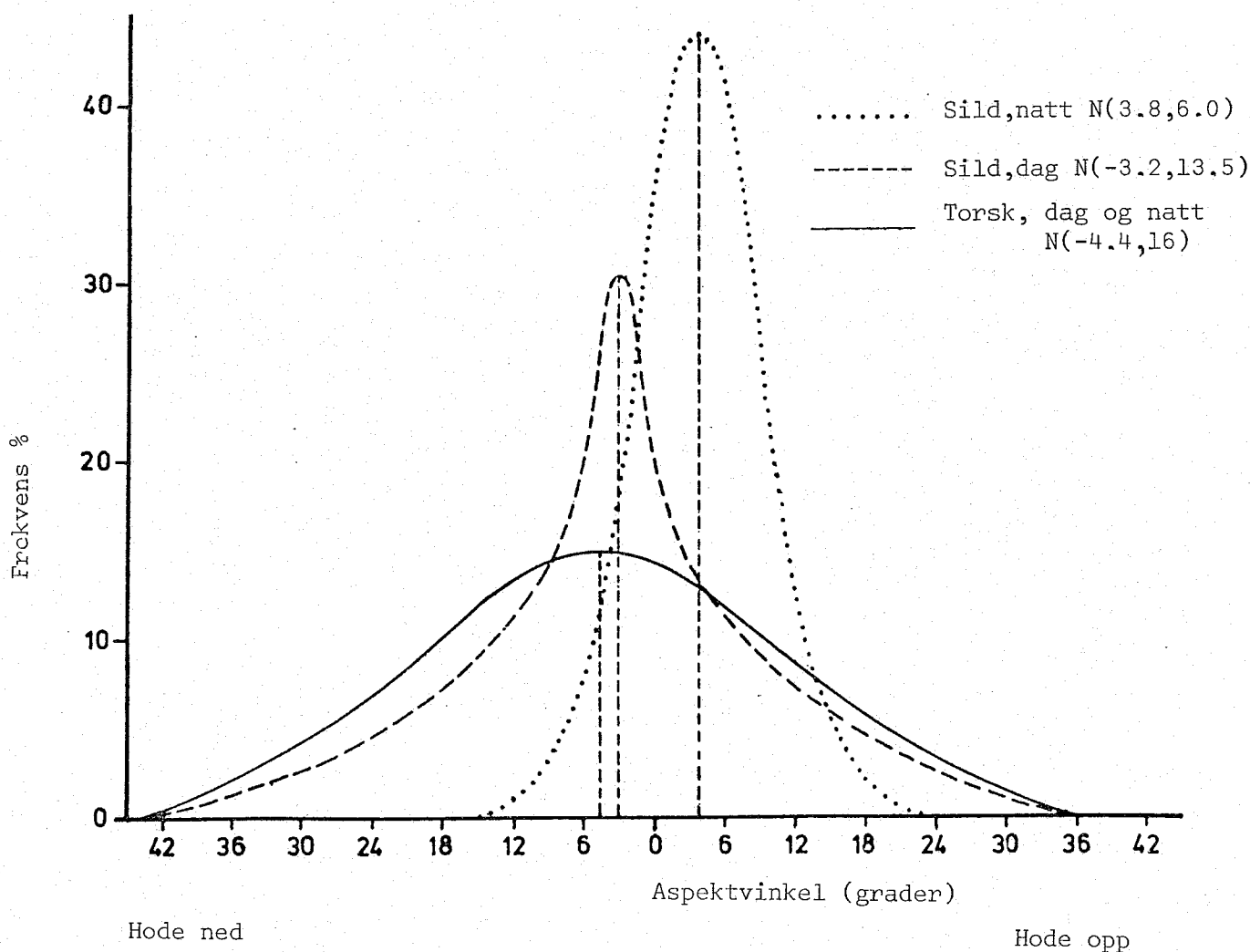


Fig. 18. Aspektvinkelfordelinger observert hos sild og torsk. Gjengitt etter BELTESTAD (1974) og NAKKEN & OLSEN (1977).

$$B = 10 \log \frac{\int_{\alpha=0}^{\theta} b^2 \sin \alpha \, d\alpha}{1 - \cos \theta}$$

Foote har beregnet B for de tre aktuelle svingerne for ulike verdier av θ . Når θ spenner over den betydelige del av strålen, er B = -7,7 dB for svingeren til Ek 50A, og B = -7,6 dB for svingeren til Ek 38R og svingeren til EY 70M (FOOTE pers. med.).

I Tabell 1 er regresjonskonstantene m og b satt opp for sild og brisling ved 38 kHz for de to ulike aspektvinkelfordelingene. Tabellen viser også <TS> for en 4,5 cm fisk innenfor den betydelige del av strålen for svingeren til EK 38R.

Tabell 1. Regresjonskonstanter for <TS> = m log l + b + B for sild og brisling ved to ulike aspektvinkelfordelinger ved 38 kHz, samt verdier for <TS> når l = 4,5 cm og B = -7,6 dB.

Aspektvinkel- fordeling $N(\bar{\theta}, \sigma_{\theta})$	Brisling			Sild		
	m(dB)	b(dB)	<TS>(dB) for l= 4,5 cm	m(dB)	b(dB)	<TS>(dB) for l= 4,5 cm
N(-3,2, 13,5)	8,0	-51,5	-53,9	9,6	-56,8	-58,1
N(3,8, 6,0)	12,2	-59,4	-67,0 X -59,1	9,1	-55,8	-57,5

<TS> verdiene i Tabell 1 gjelder for 38 kHz mens målingene i Hardangerfjorden, Nordfjord og Lindåspollene er utført med 70 kHz og 50 kHz ekkolodd. McCARTNEY & STUBBS (1971) angir målstyrkens frekvensavhengighet ved likninga

TS = 24,5 log l - 4,5 log λ - 26,4, der l er fiskelengde og λ er bølgelengde. Ved en gitt fiskelengde kan en derfor forvente

at 50 kHz gir ca. 0,5 dB høyere TS enn 38 kHz og at 70 kHz gir ca. 1,2 dB høyere TS enn 38 kHz. Forskjellene er såpass små at en kan anta at beregninger av $\langle TS \rangle$ for 4,5 cm sild og brisling ved 50 og 70 kHz ville gi verdier i nærheten av verdiene i Tabell 1.

Minste fisk som har interesse for de målinger denne oppgaven omfatter, er satt til 4,5 cm. Nesten all sild, brisling eller lodde eldre enn $\frac{1}{2}$ år er større enn 4,5 cm. En minste $\langle TS \rangle$ -verdi av interesse i området -67 til -54 dB vil altså være realistisk for de målinger denne oppgaven omfatter, hvis aspektvinkelfordelinga i en forekomst av sild, brisling eller lodde sjelden avviker betydelig fra det som er observert av Belstestad. Beregninger av $\langle TS \rangle$ for lodde er riktignok ikke utført, men det antas at sild, lodde og brisling har ganske like akustiske egenskaper.

Fig. 19 er tegnet på grunnlag av figurene 10, 12 og 15. Figuren viser minste integrerbare verdi av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ plottet mot dybde for de ulike integreringsutstyr. Den sannsynlige minimumsverdi for $\langle TS \rangle$ vil ligge innenfor det skraverte intervallet på figuren. Når minimumsverdien for $\langle TS \rangle$ angir den minste verdi av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ som har betydning for ekkointegreringa, vil skjæringa mellom linja for minste integrerbare $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ og $\langle TS \rangle_{\min}$ angi det kritiske dyp for utstyret.

Figuren viser at ved målingene på brisling med F/F "Peder Rønnestad" vil det kritiske dyp sannsynligvis være mindre enn 16 m. Det kritiske dyp ved målinger på sild og brisling med EY 70 M ligger sannsynligvis mellom 11 og 46 m. Det kritiske dyp ved loddetokt med F/F "G.O.Sars" ligger sannsynligvis mellom 100 og 440 m.

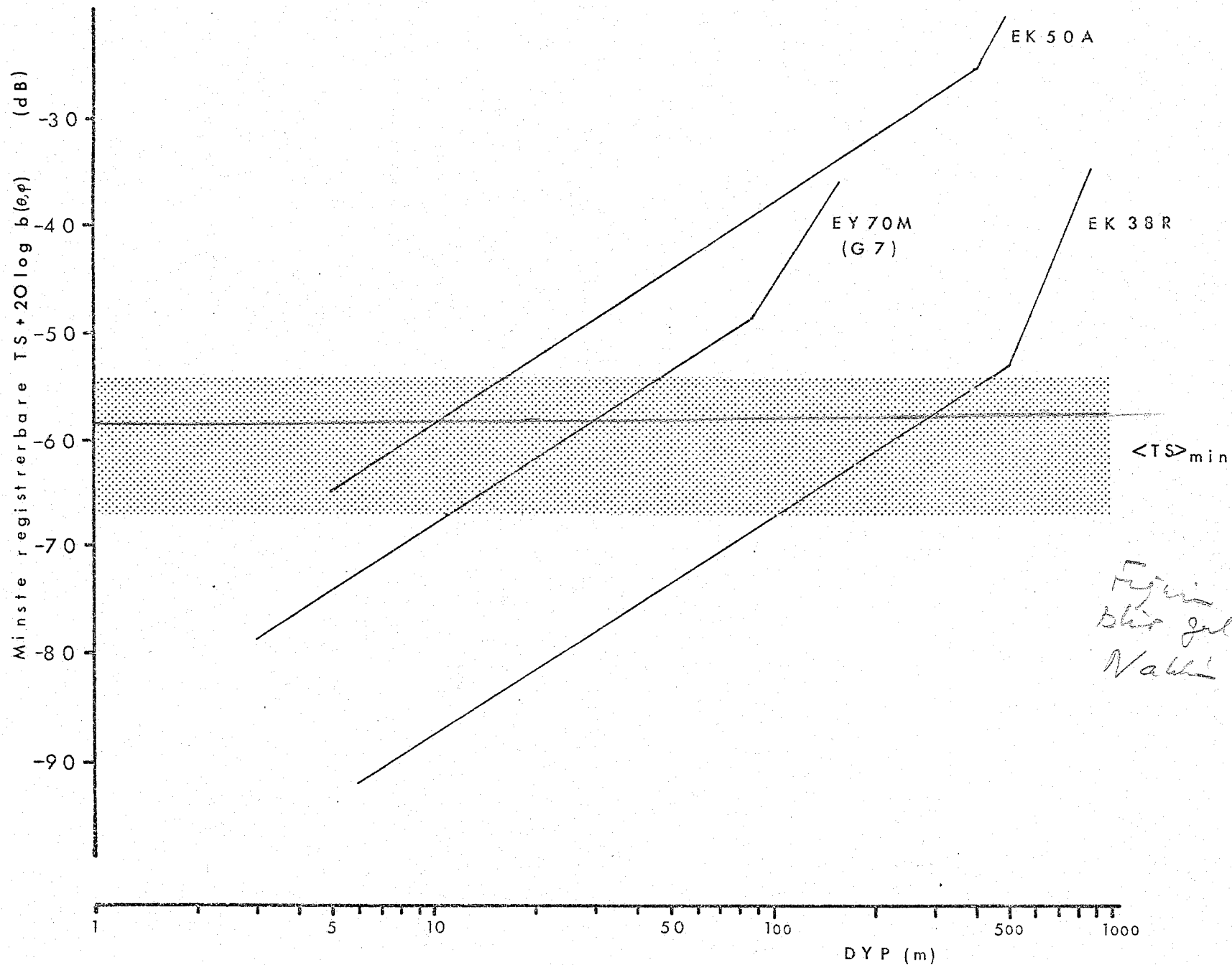


Fig. 19. Minste registrerte $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ plottet mot dyp for de anvendte ekkolodd. Skravert: område for den minste verdi av $TS + 20 \log b(\theta, \phi)$ av betydning for ekkointegreringa.

Figurene 10a, 12a og 15a viser at største målstyrke som ikke fører til klipping av signalet i mottaker ved $40 \log R + 2\alpha R$ TVG er -9,3 dB for EK 38R, + 2,5 dB for EK 50A og -36,8 dB for EY 70M ved forsterkning 10 (eller -6,8 dB ved forsterkning 0). Tilsvarende målstyrker i 10 m dyp ved bruk av $20 \log R + 2\alpha R$ TVG er -24,1 dB for EK38R, -10,6 dB for EK50A og -56,8 dB for EY 70M ved forsterkning 10 (eller -26,8 dB ved forsterkning 0).

Erfaringene med EK 38R og EK 50A har vist at de har et klippnivå som er tilstrekkelig høyt for integrering av selv de tetteste stimer. Erfaringene fra Lindåspollene har vist at EY 70M har en klippegrense som er for lav når det anvendes et forsterkningstrinn høyere enn 7 ved slørregistreringer. Stim-er førte enkelte ganger til klipping selv ved forsterkning 5. Fig. 19 viser at ved forsterkning 7 kan det kritiske dyp for EY 70M være i minste laget. Tynne slør av små sild og brisling kan altså bli underestimert. Det kritiske dyp er større ved større forsterkning, men større forsterkning medfører klipping av ekko fra tettere slør som står grunt. Utstyrets dynamikk er altså for liten ved målinger på ujevne slørfordelinger. Ut fra det resonnement at store signaler betyr mer enn små signaler, brukte vi forsterkning 7 ved slørfordelinger (om natta) og forsterkning 5 ved stimfordelinger (om dagen).

Det må imidlertid bemerkes at denne snevre dynamikken (ca. 24 dB) for EY 70M gjelder bare når integreringsterskelen settes lik svertegrensa for ekkolodd-skriveren. Hvis alle signaler større enn støysignalene integreres, vil en maksimalt kunne oppnå en dynamikk på 44 dB. Denne dynamikken er på størrelse med dynamikken for lineær gjengivelse på lydbåndet (LINDEM 1978). Ved integrering i dybdeområdet 10-100 m vil 20 dB gå med til dybdedynamikk. Svingeren tilsier ca 12 dB i retningsdynamikk. Det gjenstår da 12 dB til målstyrkedynamikk. (jfr. ulikhet (19) s.27). Det betyr at utstyrets dynamikk fremdeles er i minste laget.

Målingene med EK50A viste at en god del av registreringene sto dypere enn det som her er antatt å være det kritiske dyp. Tettheten av tynne slørfordelinger av brisling er derfor sannsynligvis betydelig underestimert. Det samme kan også ha vært tilfelle ved målingene med EY 70M. Tynne slørfordelinger av lodde i Barentshavet står sjelden dypere enn det som her er antatt å være det kritiske dyp for EK 38 R. Tetthetsmålene for lodde basert på EK 38 - data kan derfor antas å være brukbare for de aller fleste slørfordelinger. Tetthetsmålene for stimfordelinger (dagsituasjon) kan antas å være ganske gode for alle de tre integreringsutstyr (Jfr. avsnitt II, 4.3).

3. Hydrografi

De eneste hydrografiske målinger som ble gjort på toktene med F/F "Peder Rønnestad" var temperaturmålinger i kjølevannsinntaket på båten. Disse ble skrevet ut kontinuerlig på en termograf. Målingene representerer temperaturen i ca. 2 meters dyp.

For å få et bilde av vertikalprofilene for saltholdighet og temperatur i vinterhalvåret i Hardanger, har jeg brukt en del resultater fra målinger gjort i 1955-56 (SÆLEN 1962) og i 1971-72 (SVENDSEN & UTNE 1973). Trenden i utviklingen i vinterhalvåret kan med rimelighet antas å være den samme fra år til år. For å få et bilde av vinterforholdene i Nordfjord har jeg brukt en del hydrografiske målinger fra 1947-51 (WIDERØE 1956).

4. Fangsting

På F/F "Peder Rønnestad" ble det benyttet en pelagisk trål (Engeltrål) med 8 x 8 favners åpning og finmasket nett (10 mm maskevidde) i posen. Tråldypet ble observert ved hjelp av en

Simrad akustisk trålsonde. Trålen hadde lette dører, slik at det krevdes mye wire ute for å nå moderate dyp. Sondekabelen var bare 350 m. Trålen nådde derfor aldri dypere enn 70 m når tauehastigheten ble holdt over 2 knop, slik at det var svært vanskelig å få fangster fra ekkoloddregistreringer som stod dypere enn 70 m.

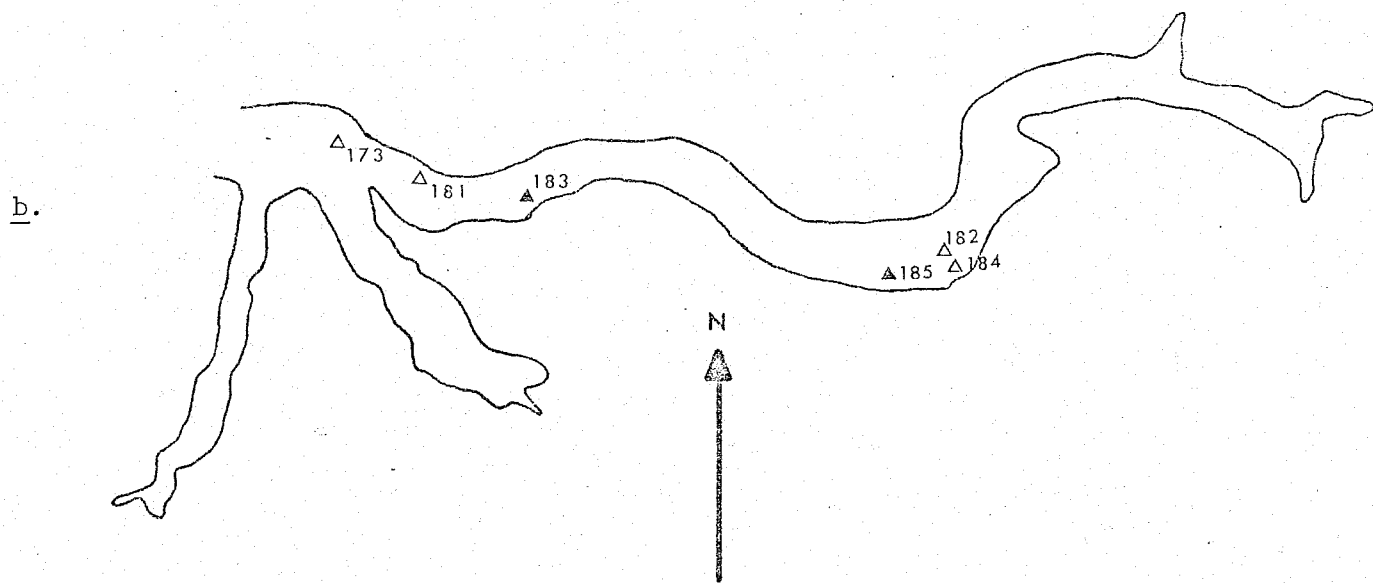
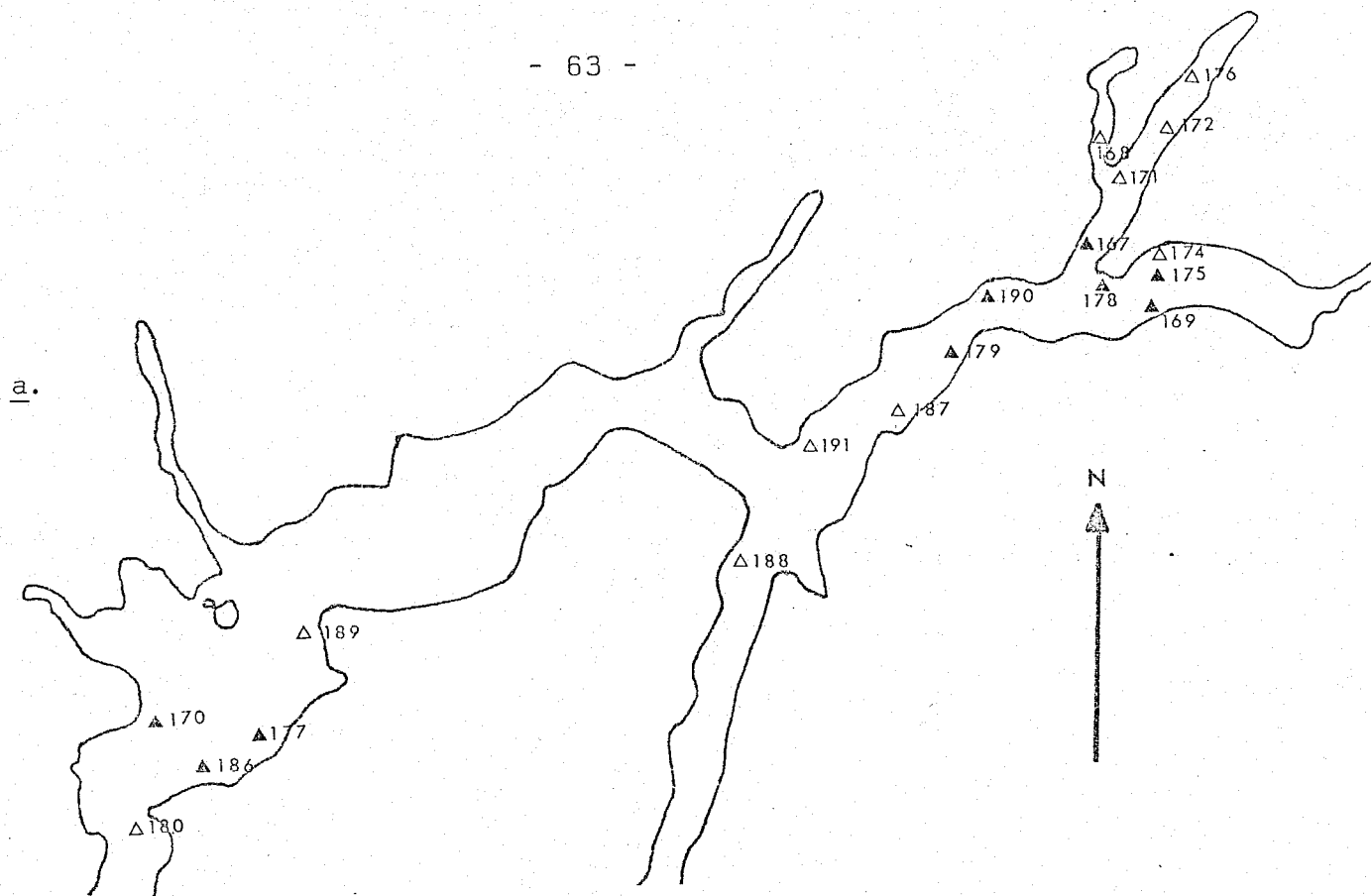
Natt-trålingene ga relativt gode fangster, selv på tynne registreringer. Om dagen var det vanskeligere å få brukbare fangster selv fra store stimer. Dette kan skyldes at fisken unnviker trålen i større grad om dagen enn om natta. Dessuten vil registreringene om natta underestimere fisketettheten i forhold til om dagen (på grunn av terskeeffekten. Se avsnitt III, 2.2).

Det ble foretatt 2-5 trålinger pr. tokt for å få et mål på arts- og størrelsesfordeling av det som ble registrert akustisk. Trålingene ble foretatt ut fra registreringene på ekkoloddet og ut fra hensyn til en representativ dekning av området.

I Lindåspollene ble mesteparten av fangstingen gjort med garn av forskjellige maskevidder (39-52 mm). En 6-fots Isaak Kidd Midwater Trawl ble forsøkt til fangsting av 0-gruppe sild og brisling i september 1977. Dessuten ble det tatt to snurpefangster i oktober 1977.

Garna ble satt i forskjellige posisjoner i pollsystemet for å få et visst bilde av størrelsesfordelinger av kjønnsmoden sild i de ulike deler av området.

Fangstposisjonene er inntegnet på kart i Fig. 20 a, b og c.



▲ Natt-trålinger
△ Dag-trålinger

Fig. 20. Posisjoner for tråltrekkene. Tallene angir trålstasjonsnummerer.

a. i Hardangerfjorden, b. i Nordfjord.

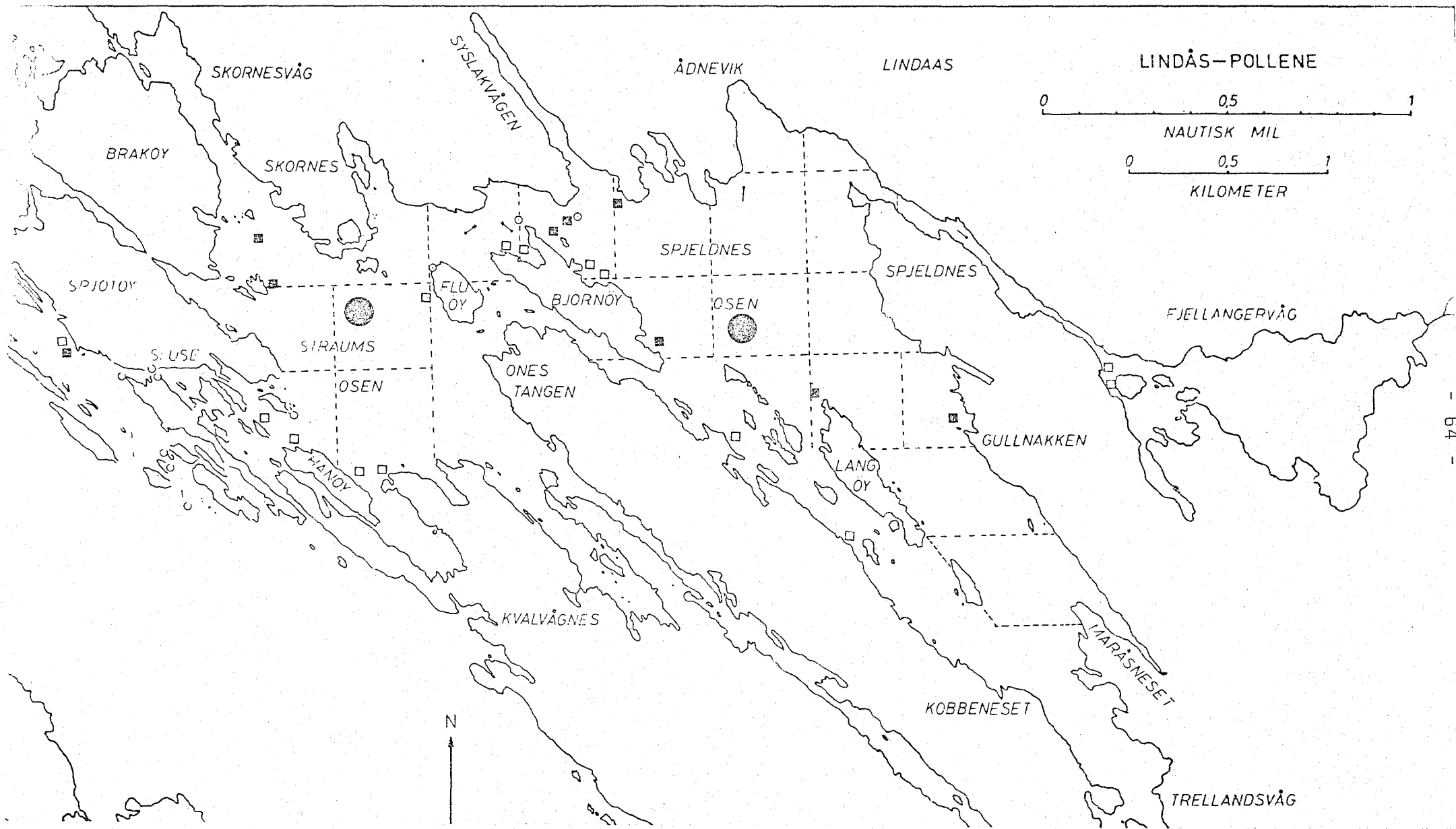


Fig. 20c. Fangstposisjoner i Lindåspollene. Stiplede linjer viser arealoppdelingen benyttet til beregning av estimat for gjennomsnittlig fisketetthet.

- : Garnsettinger i mars 1978
- : Garnsettinger i september 1977
- : Snurpenotkast i oktober 1977

5. Vurdering av ekkogrammer

Under hvert brislingtokt ble ekkogrammene fra siste døgnskjøringer hver ettermiddag vurdert sammen med en erfaren instrumentoperatør. Integratorverdi for hver nautisk mil ble vurdert i forhold til registreringene på ekkogrammet. Eventuell støy eller bidrag fra bunn eller "falsk bunn" ble fratrukket etter beste skjønn. ("Falsk bunn" kan forekomme når dybden er slik at bunnekket blir mottatt først etter at et nytt ping er utsendt og penna på ekkolodds skriveren igjen befinner seg over ekkoloddpapiret. Når skriveren er innstilt på dybdeintervallet 0-125 m og pingraten er 96 ping/minutt, opptrer falsk bunn ved bunndybder fra ca. 460 m til ca. 585 m.) Integratorverdiene ble så fordelt på fire forskjellige kategorier ut fra trålfangstenes sammensetning og det visuelle inntrykk av ekkogrammene. De fire kategoriene var brisling, sild, mesopelagiske forekomster og annen fisk. Trålfangstene tydet på at mesopelagiske forekomster hovedsakelig besto av nordlig lysprykkfisk (Myctophium glaciale, Reinhardt), laksesild (Maurollicus mul-leri, Gmelin) og krill (hovedsakelig Meganictyphanes norvegica, M. Sars). Andre fjordundersøkelser (WIBORG 1971, GUNDERSEN 1953) har vist at slike mesopelagiske forekomster også kan inneholde en god del mindre zooplanktonarter som ikke er fangstbare med den trålen vi brukte.

Om natta blandet brislingen seg med de mesopelagiske forekomstene. Etter som trålens seleksjon for de forskjellige artene er ukjent, var det vanskelig å fordele integratorverdiene fra nattekjøringene ut fra trålfangstenes sammensetning. Integratorverdiene ble i stedet fordelt ut fra forholdet mellom integratorbidrag fra henholdsvis mesopelagisk slør og brisling om dagen. Da sto nemlig brislingen i stimer klart adskilt fra de mesopelagiske forekomstene.

Ekkogrammene fra Lindåspollene ble vurdert etter at lydbånd-data var kjørt på regnemaskin og verdier for integrert ekkomengde var oppnådd. Det ble da skilt mellom to kategorier: sild + brisling og annet. Alle pelagiske fiskeregistreringer grunnere enn 40 m ble tolket som sild + brisling. Det som på ekkogrammene avtegnet seg som tydelig større enkeltfisk, hovedsakelig plassert ved og like over bunnen, ble tildelt kategorien "annet". Disse vurderinger av ekkogrammene er begrunnet ut fra at alle snurpenotkast ga nesten rene fangster av sild + brisling, og at garnfangstene ga nesten bare sild.

Under ekkogram-vurderingene ble det også notert enkle atferdsobservasjoner, slik som vertikalvandring, stimdannelse og stimopløsning.

6. Fiskeprøver

Trålfangstene ble sortert med hensyn på arter, og volumforholdet mellom artene ble målt. Fra store fangster ble en tilfeldig prøve på 10 liter sortert.

En tilfeldig prøve på 100-300 brisling fra hvert trålhal ble lengdemålt. All brisling ble lengdemålt når fangsten var på mindre enn 100 brisling. Lengden ble målt fra snute til ytterste, nedre halefinne. Lengden ble avrundet nedover til nærmeste halve cm.

Fra enkelte fangster ble det tatt ut utplukk på 20-100 brisling. Både lengde, volum og alder ble målt fra disse.

Volum ble målt til nærmeste ml ved å måle fortrenget vannvolum ved neddypping i en målesylinder.

Otolitter ble brukt til aldersbestemmelse. Otolittene ble dissektert ut og innstøpt i eukitt på otolittbrikker. De ble senere lest under lupe med 12x forstørrelse. Prøvene ble opparbeidet ferske.

På hvert tokt ble 2-6 brislingprøver frosset for senere fettanalyse. Disse prøvene ble sortert slik at brisling større enn 10 cm og brisling mindre enn 10 cm ble analysert hver for seg. Fettanalysen ble gjort ved Fiskeridirektoratets sentrallaboratorium.

7. Bearbeidelse og beregningsmetoder

Brisling i Hardangerfjorden og Nordfjord

Alle verdier for integrert ekkomengde pr. nautisk mil ble oppgitt relativt 40 dB integratorforsterkning. Gjennomsnittlig integratorverdi for alle utseilte mil innenfor et gitt område ble så beregnet. Dette gjennomsnittet kan betraktes som et relativt mål for gjennomsnittlig overflatetetthet av brisling i området, forutsatt at alle milutskrifter representerer like store areal. For å oppfylle denne forutsetningen så godt som mulig, søkte vi alltid å anvende et kursnett som ga tilnærmet samme kurstetthet innenfor alle deler av området.

Produktet av områdets areal og gjennomsnittlig integratorverdi innenfor området er brukt som relativt mål for total brislingmengde i området.

Sild og brisling i Lindåspollene

Regnemaskinverdiene fra Lindåspollene representerer integrert ekkomengde over 10 ping. En gjennomsnittsverdi ble utskrevet for hvert 100 ping når pingrate 206 ping/min ble benyttet og

for hvert 50 ping når pingrate 103 ping/min ble benyttet. Det vil si utskrift pr. 105 m utseilt distanse ved 7 knops fart. Verdiene ble standardisert til forsterkningstrinn 7 og pingrate 206 ping/min. Korreksjon ved bruk av forsterkningstrinn 5 er $10^{0,1 \cdot 6,5} = 4,47$. Regnemaskina fordobler alle verdier som er oppnådd ved laveste pingrate, slik at en ekstra korreksjon på 0,50 er brukt når pingrate 103 ping/min er benyttet.

Straumsosen og Spjeldnesosen ble delt inn i 21 mindre områder (Fig. 20c). En gjennomsnittlig regnemaskinverdi, \bar{r}_i , ble beregnet innenfor hvert område. Et relativt mål for gjennomsnittlig overflatetetthet av sild og brisling i hele området, t , ble så beregnet etter formelen:

$$t = \frac{\sum \bar{r}_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

hvor A_i er arealet av delområder nr. i .

Denne arealoppdelinga er gjort fordi det var vanskelig å oppnå samme kurstetthet i alle områder.

Lodde i Barentshavet

Ved loddetoktene i Barentshavet ble gjennomsnittlig integrert ekkomengde pr. n.mil skrevet ut hver femte mil. Verdiene ble oppgitt relativt 40 dB integratorforsterkning. Ved de aktuelle toktene er det gått nord-sør-kurser langs annenhver lengdegrad. Hver utskrift antas derfor å representere samme areal. Gjennomsnittlig integrert ekkomengde av lodde for alle utseilte mil innenfor loddas utbredelsesområde er her brukt som et relativt mål for gjennomsnittlig overflatetetthet av lodde innenfor den del av utbredelsesarealet som kursnettet dekker.

Både i Hardanger, Nordfjord og Lindåspollene er det gjort gjentatte dekninger. For gjentatte dekninger med samme dekningsstrad innenfor samme område og tidsrom er det beregnet et standardavvik, SDt, for tetthetsestimatet etter formelen:

$$SDt = \frac{\sum t_i^2 - \frac{(\sum t_i)^2}{n}}{n - 1}$$

der t_i er estimat oppnådd ved dekning nr. i , og n er antall dekninger.

SDt/ \bar{t} , hvor $\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n}$, er brukt som mål for presisjon og er i det følgende betegnet som variasjonskoeffisient.

For å kunne sammenlikne dekningsgraden i ulike areal, er den angitt som en dimensjonsløs størrelse; N/\sqrt{A} . N er antall utseilte mil pr. dekning, og A er arealet av det undersøkte område, målt i $(n.mil)^2$.

Ved enkelte tokt ble det også gjort en del dekninger med lavere kurstetthet. Estimaten fra disse er behandlet sammen med estimat fra dekninger som er konstruerte ut fra de tetteste kjøringene. Konstruerte dekninger er framkommet ved at milutskrifter er systematisk plukket ut fra de tetteste kjøringene. Estimat som representerer halvparten av den opprinnelige dekningsgraden er framkommet ved å benytte bare annenhver milutskrift (milutplukk) eller utskriftene langs annenhver kurs (kursutplukk) i de opprinnelige kjøringene. På tilsvarende måte er det oppnådd estimat som representerer en tredjedel eller en fjerdedel av den opprinnelige dekningsgraden. Ved et slikt utplukksystem kan det altså

konstrueres to "halvdekninger", tre "tredjedels-dekninger" og fire "fjerdedels-dekninger" o.s.v. ut fra hver utgangsdekning.

Kursutplukk er benyttet ved de kursnett som besto av minst 8 kurser, slik at et utplukk av fjerdehver kurs ga minst to kurser pr. dekning. Kursnett med færre kurser, eller kursnett som ikke ga mer enn en utskrift pr. kurs, ble splittet opp ved milutplukk. Utplukks-enhetene varierer derfor fra 1 til 6 n.mil i Hardanger og Nordfjord og fra 100 til 500 meter i Lindåspollene.

Ved kursutplukk i Barentshavet ble 16 påfølgende nord-sørkurser i loddas mest sentrale utbredelsesområdet betraktet. Ut fra annenhver, fjerdehver, åttendehver og sekstendehver kurs er flere estimat for hver dekningsgrad oppnådd. Utplukksenhetene er fra 65 til 260 n.mil.

Både i Hardanger, Nordfjord og Lindåspollene er verdier oppnådd ved rene nattdekninger og verdier oppnådd ved rene dagdekninger behandlet hver for seg. Verdier oppnådd ved grålysning og skumring er holdt utenfor beregningene.

Ved sammenlikning av dag- og nattverdier oppnådd i Barentshavet er rene nattverdier behandlet for seg, mens verdier fra grålysning og skumring er behandlet sammen med dagverdiene. Natt er definert fra skumringa slutter til grålysninga begynner, det vil si den perioden sola står mer enn 5° under horisonten (Almanakk for Norge, 1978). Rene dagverdier lot seg ikke skille ut fordi varigheten av det reelle tussmørket varierer med skydekket, og kontinuerlige lysmålinger eller værobservasjoner ble ikke utført ved loddetoktene.

Toktet i Hardangerfjorden i desember ga svært mange integratorverdier mellom 0 og 1, slik at verdiene var sterkt påvirket av avlesningsfeil. Variasjonskoeffisienter er derfor ikke beregnet fra tetthetsestimaterne oppnådd ved dette toktet. Toktet til Nordfjord i desember ga heller ikke brukbare verdier på grunn av is.

IV HYDROGRAFI OG ADFERD

1. Resultater

Hydrografiske beskrivelser

Figurene 21-23 viser vertikalprofiler for temperatur og saltholdighet i forskjellige måneder på to stasjoner i Hardangerfjorden og en stasjon i Nordfjord.

Profilene er tegnet på grunnlag av målinger i Hardangerfjorden vinteren 1955-56 og vinteren 1971-72 og målinger i Nordfjord i årene 1947-51 (SÆLEN 1962, SVENDSEN & UTNE 1973, WIDERØE 1956). Temperatur i 2 m dyp observert ved de samme lokaliteter under brislingtoktene er tegnet inn på profilene for de aktuelle måneder. Trenden i temperaturvariasjonene er ganske lik ved stasjonene i Hardanger og Nordfjord: I oktober er det et tydelig temperatur-maksimum i 10-30 meters dyp. Dette avtar og forflytter seg dypere ut over vinteren, og er nesten helt forsvunnet i januar. Dypere enn 80 meter er temperaturen ganske stabil og varierer sjelden mer enn en grad i løpet av ett år. Saltholdigheten varierer en del i de øverste 50 m, men viser en generell økning fra sen høst til tidlig vår. Dypere enn 60 m holder saltholdigheten seg over 33‰ hele vinterhalvåret.

Brislingens fordeling

Om dagen sto brislingen samlet i stimer. Disse løste seg opp ved skumring og dannet slør som holdt seg fram til grålysningen. Da samlet brislingen seg igjen til stimer. Dette mønsteret holdt seg gjennom hele måleperioden. På gråværsdager midt på vinteren var imidlertid dagsituasjonen kortvarig. Dette var tydeligst på desembertoktet i Hardangerfjorden. Da var det enkelte dager vanskelig å finne stimer selv midt på dagen. Tabell 2 viser observert vertikal utbredelse for brisling i forskjellige måneder.

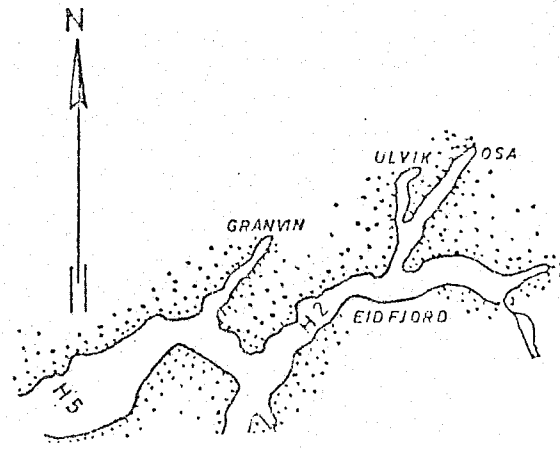
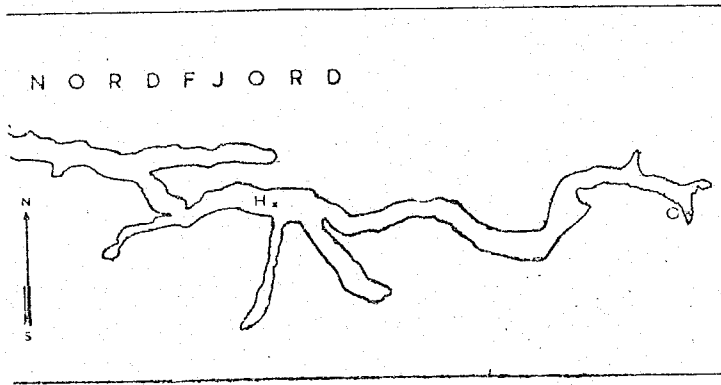


Fig. 21a. Hydrografiske stasjoner i Nordfjord (H) og i Hardanger (H2 og H5).

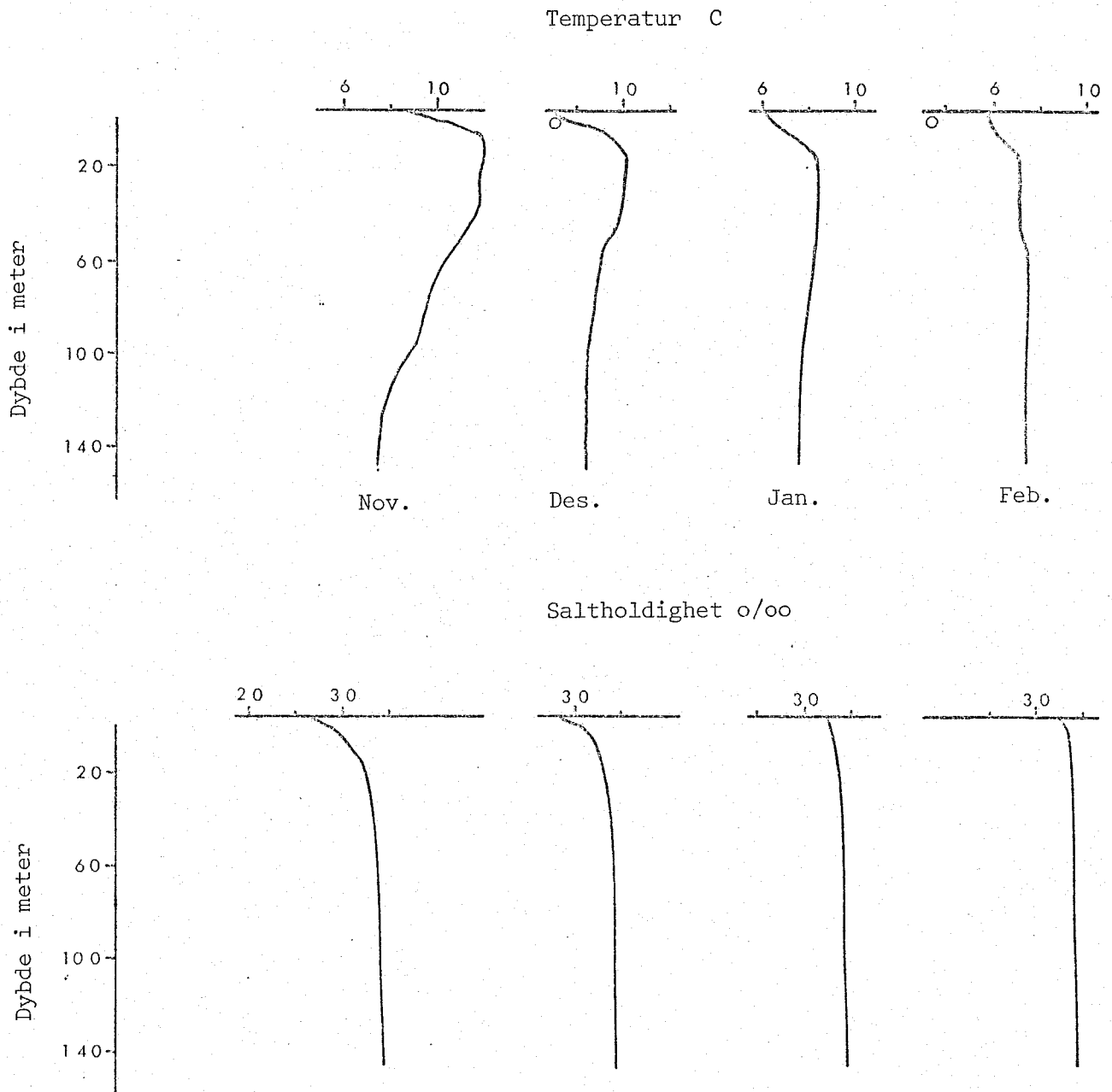


Fig. 21b Midlere temperatur og saltholdighet for årene 1947-51 på stasjon H i Nordfjord plottet mot dyp ved forskjellige måneder.

0 : Observasjoner ved brislingtoktene (1977-78).

Temperatur C

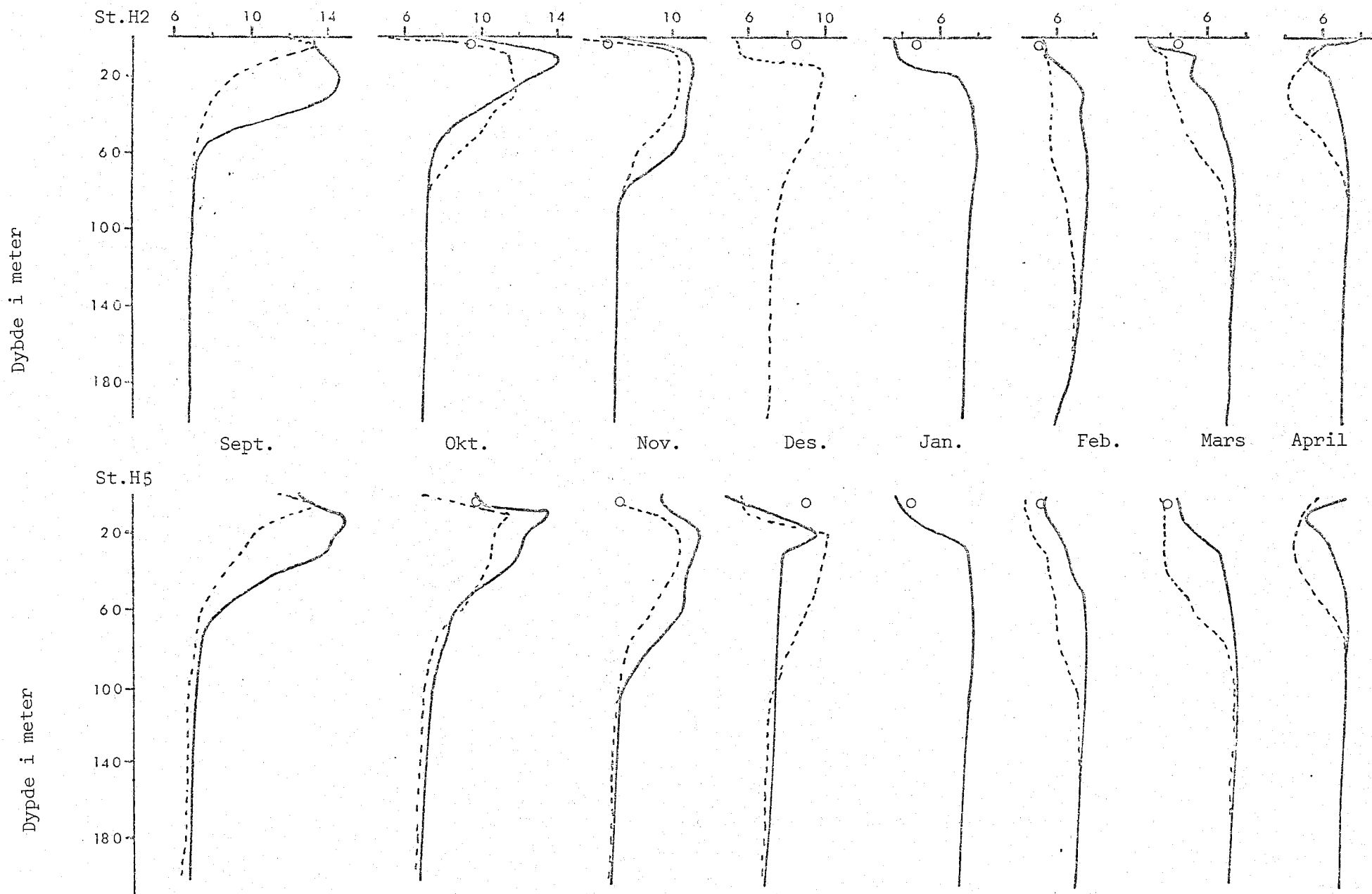


Fig. 22. Vertikalprofiler for temperatur ved stasjonene H2 og H5 i Hardangerfjorden i forskjellige måneder.
 -----: vinteren 1971-72, ———: vinteren 1955-56. O: observasjoner ved brislingtoktene (1977-78).

Saltholdighet o/oo

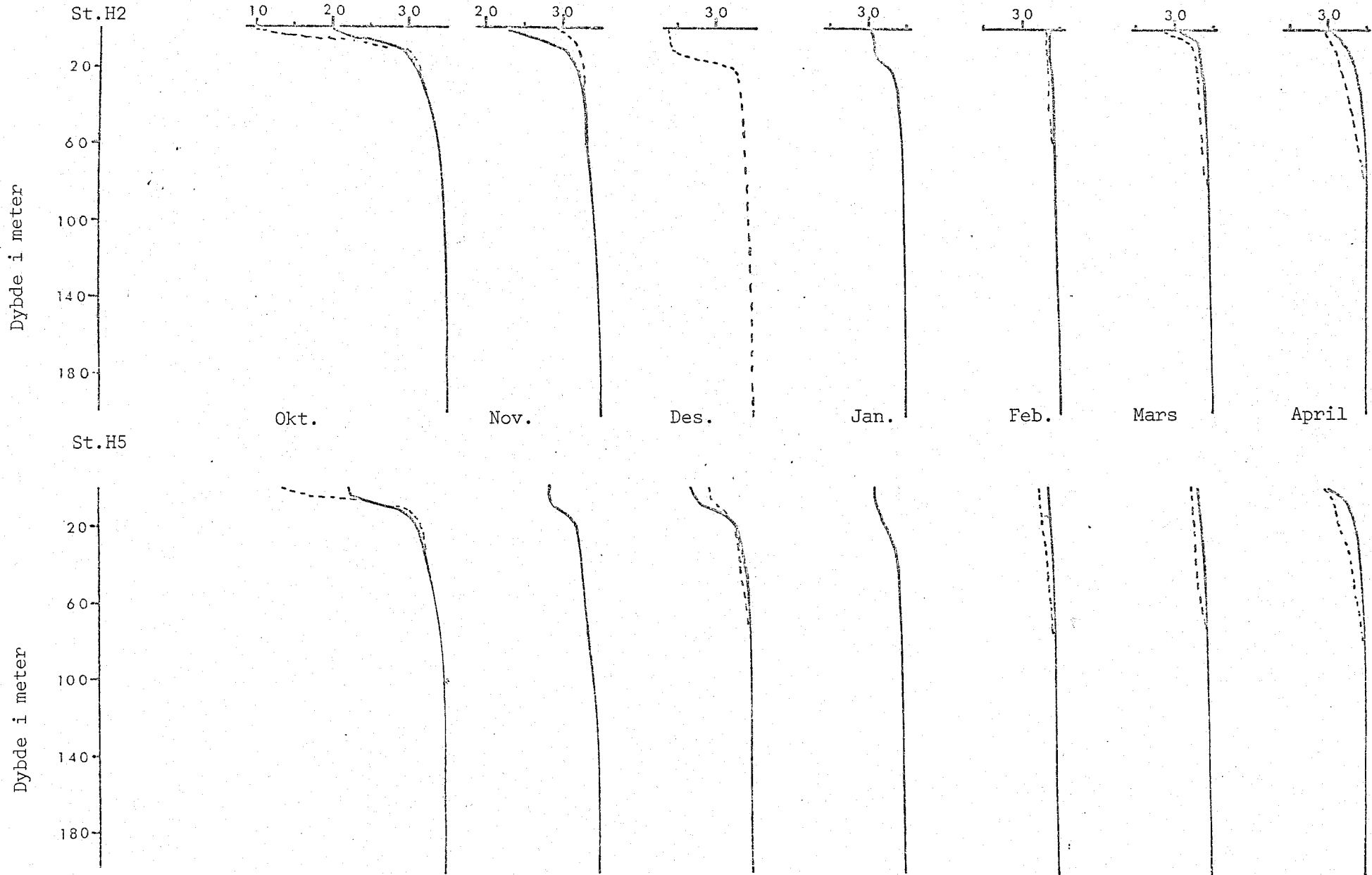


Fig. 23. Vertikalprofiler for saltholdighet ved stasjonene H2 og H5 i Hardangerfjorden i forskjellige måneder.
 -----: vinteren 1971-72, ———: vinteren 1955-56.

Tabell 2. Total observert vertikal utbredelse av brislingregistreringer i ulike områder ved forskjellige tokt.

Måned	Utbredelsesdyp i meter					
	Eidfjord		Samlafjord		Nordfjord	
	Natt	Dag	Natt	Dag	Natt	Dag
Oktober	5-40	50-130	5-50	-	-	-
November	5-50	40-100	5-80	-	-	-
Desember	5-30	20-120	5-50	-	5-30	50-120
Januar	5-80	10-100	25-70	10-50	-	-
Februar	5-60	10-40	10-80	10-30	5-70	15-140
Mars	5-70	10-40	5-100	10-30	-	-

Hovedmengden av observert brisling sto i hele måleperioden i dybdeområdet 20-80 m. I perioden oktober-desember var mesteparten av nattregistreringene i dybdeområdet 20-60 m og mesteparten av dagregistreringene i området 40-80 m, mens i perioden januar-mars sto mesteparten av dagregistreringene en del grunnere (10-40 m) mens nattregistreringene var stort sett like.

Fig. 24 viser horisontal utbredelse av brisling i Hardanger ved de ulike toktene.

I januar og februar ble det anvendt et kursnett med tre parallelle kurser på langs av fjorden; en kurs midtfjords og en kurs på hver side av fjorden, 2-3 kabellengder av land. Tabell 3 viser gjennomsnittlig integratorverdi for brisling langs hver av kursene ved gjentatte kjøring i Nordfjord, Samlafjord og Eidfjord.

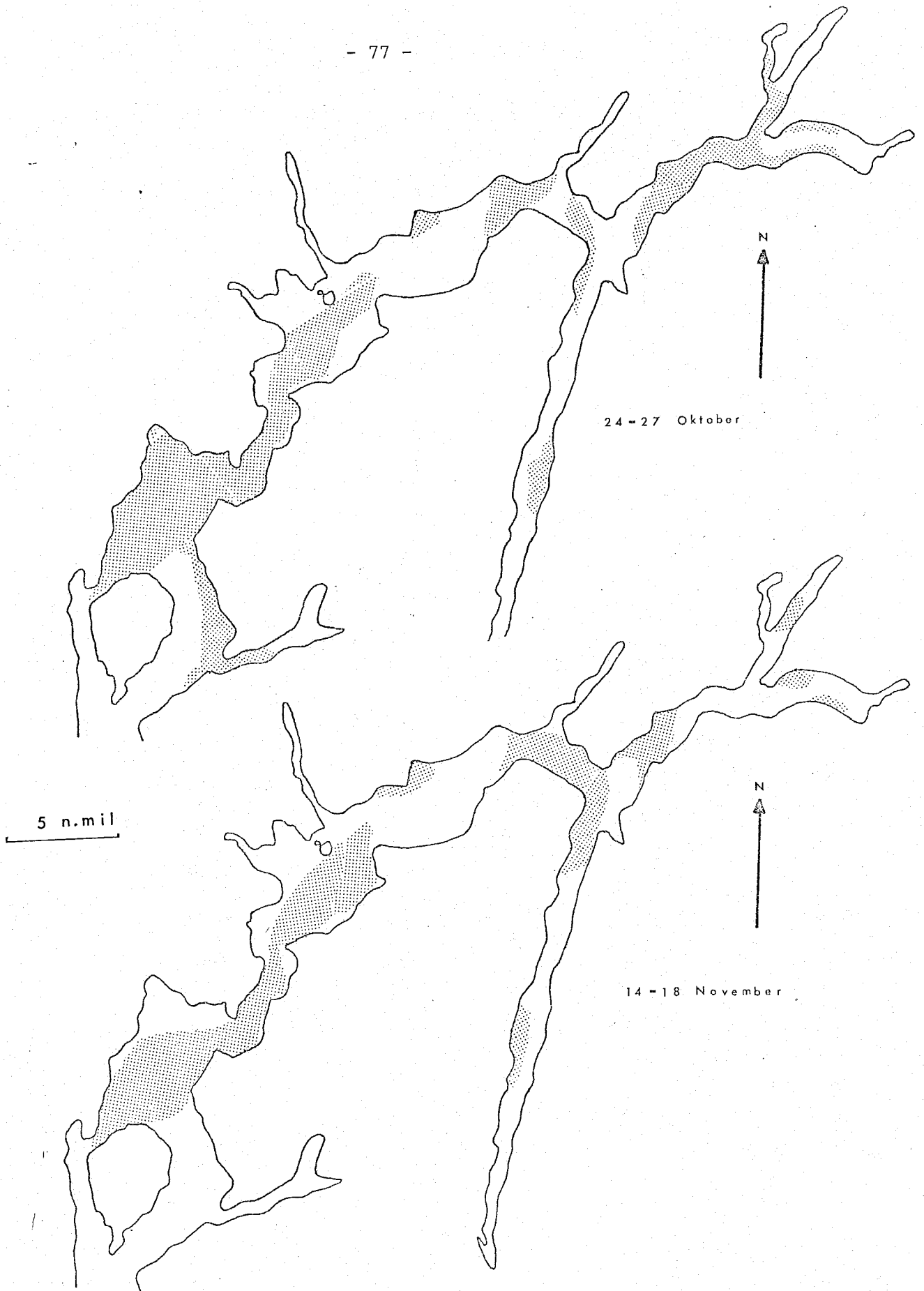


Fig. 24a. Brislingens utbredelse i Hardangerfjorden ved toktene i oktober og november.

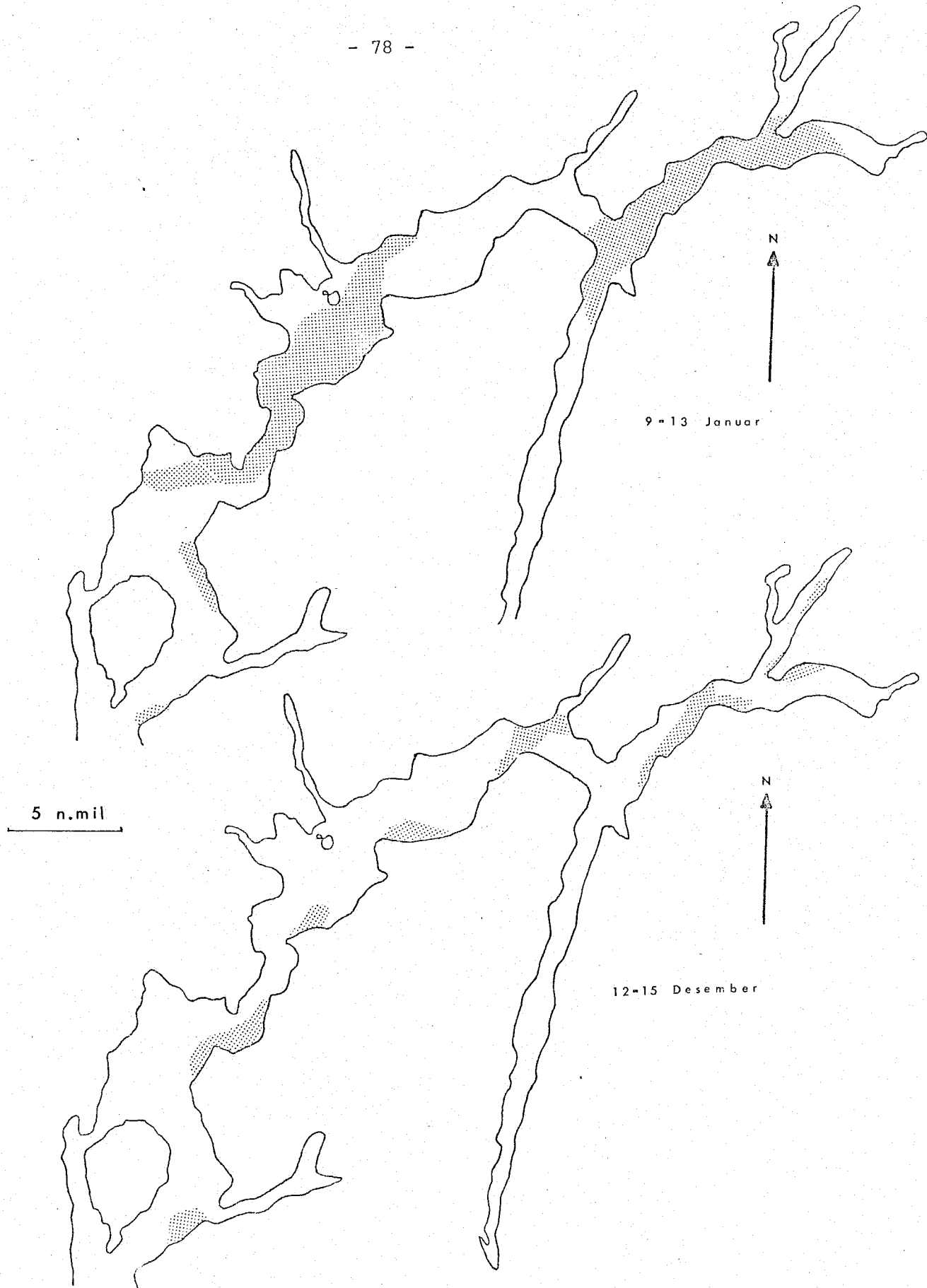


Fig. 24b. Brislingens utbredelse i Hardanger ved toktene i desember og januar.

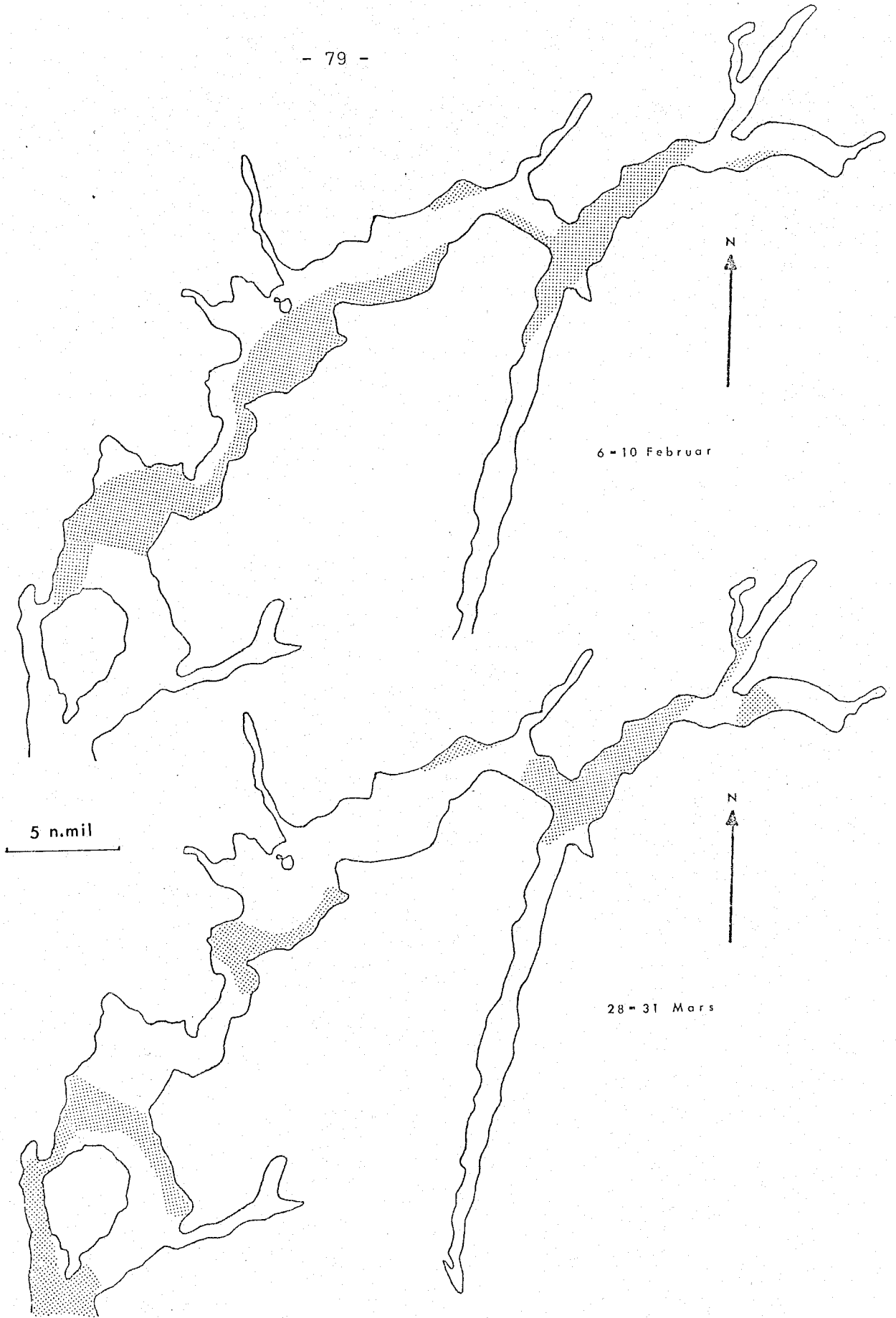


Fig. 24c. Brislingens utbredelse i Hardanger ved toktene i februar og mars.

Tabell 3. Gjennomsnittlig integratorverdi pr. n.mil for
brisling langs ulike kurser i Hardanger og Nordfjord.

N = Gjennomsnittlig integratorverdi langs nordsiden.

S = " " " sørsiden.

M = " " midtfjords.

Område	Integratorverdi (mm/n.mil)					
	Natt			Dag		
	N	S	M	N	S	M
Eidfjord	1,9	9,6	8,0	13,5	62,0	22,1
januar	1,9	22,3	0,5	2,9	1,0	42,5
	1,0	10,2	7,0			7,8
	1,8	5,5				
Samlafjord	0,5	7,4	3,1	7,9	42,9	8,8
januar	0,9	8,6	3,3			
	0,8	6,7	3,0			
Samlafjord	1,8	8,4	3,3	19,0	63,6	58,5
februar	2,7	3,1	2,0	13,7	72,8	37,7
	5,6	5,4	5,5	31,7	24,6	8,5
	3,4	5,2	5,0			
	3,9	5,7	5,2			
	4,2	2,8	3,1			
	1,2	3,0	4,6			
	3,7	3,1	9,5			
		6,8	1,5			
Eidfjord	1,3	1,7	0,6	4,8	23,8	8,4
februar	0,7	3,1	1,3	19,7	12,5	6,4
		1,1		7,7	21,6	5,5
Nordfjord	4,4	5,9	8,0	15,2	7,0	7,5
februar	4,1	11,0	11,4	28,6	96,4	4,4
	7,4	3,8	6,9	40,0	9,2	5,7
	4,8	11,1	6,7	7,8	6,6	
		7,7	4,2			

2. Diskusjon

Selv om den hydrografiske beskrivelsen av områdene bygger på observasjoner fra tidligere år, kan en rekne med at de beskriver en årvisst trend for de forandringer som skjer i løpet av vinterhalvåret. Termografavlesningene (enkelt-punktene som er plottet inn sammen med temperaturprofilene) tyder ikke på at temperaturforholdene i måleperioden skiller seg vesentlig fra forholdene i et typisk vinterhalvår.

Tabell 2 bygger på ekkoloddobservasjonene, slik at eventuelle fiskeforekomster grunnere enn 5 m ikke er observert. Registreringer grunnere enn 15 m var imidlertid sjeldne. Det er derfor liten grunn til å tro at det ved noe tidspunkt har stått betydelige brislingeforekomster ved overflata. Eventuelle spredte forekomster på dypt vann er muligens ikke observert på grunn av terskeeffekten (jfr. Fig. 19 og Fig. 6).

Hvis en sammenholder observasjonene av vertikalfordelingen av brisling og de hydrografiske forhold, kan det se ut som at brislingen unngår de varmeste vannmassene om dagen. I perioden oktober-desember sto mesteparten av brislingen dypere enn 40 meter om dagen. Temperaturprofilene for samme periode viser et tydelig varmtvanns-skikt fra 10 til 60 meter. I perioden januar-mars er dette skiktet såpass avkjølt at temperaturen er nesten konstant fra 20 meter og nedover, mens den avtar fra 20 meter og oppover. I denne perioden sto mesteparten av brislingen i dybdeområdet 10-40 meter om dagen.

Et slikt sammenfall mellom temperatur og vertikalfordeling av brisling kan selvsagt være tilfeldig, men det kan også tenkes som et resultat av brislingens temperaturpreferanse. Lindquist har undersøkt fordelingen av brisling i Kattegat i årene 1961 og 1962 (LINDQUIST 1964). Han fant mesteparten av brislingforekomstene i vann fra 7-11°C.

På Fig. 24 er de områder hvor brisling ble registrert avmerket. Det kan tenkes at spredte forekomster på dypt vann ikke er observert, slik at utbredelseskartene kan være usikre for de områder som er dekket bare om natta. Ved de fleste tokt gjelder dette områdene Kvinheradsfjord, Hissfjord og Indre Samlafjord. Maurangerfjorden ble dekket bare i oktober, Granvinsfjorden bare i oktober og mars og Sørfjorden bare i oktober, november og desember. Fykkesundet og området utenfor Kvinheradsfjorden ble aldri dekket. Nordfjord ble dekket bare inn til Innvik.

Ved Havforskningsinstituttets årlige tokt for kartlegging av O-gruppe-forekomstene av brisling i fjordene benyttes en kurs langs hver side av fjorden. Hvis tettheten av brisling midtfjords er systematisk forskjellig fra tettheten langs sidene, vil et slikt kursnett ikke gi en representativ dekning av brislingforekomstene. Observasjonene i Tabell 3 er gruppert i blokker, med hensyn på område og måned. Observasjonene er rangert innen hver blokk og testet med en Wilcoxon rang-sumtest for sammenlikning innen blokker (LEHMANN 1975). Dagobservasjonene og nattobservasjonene er testet hver for seg.

Nullhypotesen: brislingtettheten midtfjords er ikke systematisk forskjellig fra brislingtettheten langs land. (D.v.s. M kommer fra samme sannsynlighetsfordeling som N og S.)

Alternativ: tettheten midtfjords er systematisk forskjellig fra tettheten langs land.

Testen er altså tosidig.

$W_M^{(i)}$ = summen av ranger for M i blokk nr. i.

$$W_M = \sum_i \frac{W_M^{(i)}}{N_i + 1}$$

der N_i er totalantall observasjoner i blokk nr. i . Når antall observasjoner er stort, er W_M under nullhypotesen normalfordelt.

$$\text{Testobservatoren } Z = \frac{W_M - E W_M}{SD W_M}$$

vil da være standard normalfordelt under nullhypotesen. ($E W_M$ og $SD W_M$ er henholdsvis forventning og standardavvik for W_M). Under nullhypotesen vil små tallverdier av Z være mest sannsynlig. Det betyr at store tallverdier av Z er signifikante.

Observasjonene i Tabell 3 gir $Z = 0,0$ om natta og $Z = -1,49$ om dagen.

$$P_{H_0} (|Z| \geq 0) = 1,0 \quad \text{og} \quad P_{H_0} (|Z| \geq 1,49) = 0,14$$

Med et 10% signifikansnivå gir altså testen ingen grunn til å si at tettheten midtfjords er systematisk forskjellig fra tettheten langs land, hverken om dagen eller om natta.

V. VARIASJONER I AKUSTISKE TETTHETSESTIMAT

1. Resultater

1.1 Døgnvariasjoner

Tabell 5a og b viser forholdet mellom første dagestimat (t_D) og første nattestimant (t_N), andre dagestimat og andre nattestimant, o.s.v. ved gjentatte kjøringar i samme måned. Brislingtoktene med F/F "Peder Rønnestad" ga gjennomgående høyere verdier om dagen enn om natta. Tabellen viser at forholdet mellom dag- og nattestimantene varierer fra døgn til døgn og fra område til område. Gjennomsnittlig dag/natt-forhold for alle døgn med gjentatte kjøringar er 7,2 mens ekstremverdiene er 1,9 og 22,3.

Målingene på sild og brisling i Lindåspollene ga mindre forskjeller mellom dag- og nattverdier. Det ble observert et gjennomsnittlig dag/natt-forhold på 1,5 med 0,7 og 2,1 som ekstremverdier.

Tabell 5c viser forholdet mellom gjennomsnitt for integratorverdier oppnådd henholdsvis om natta og om dagen for hvert høst-loddetokt i årene 1974-78. Integratorverdier oppnådd fra skumring slutter til grålysning begynner er betraktet som nattverdier, mens resten er betraktet som dagverdier. Tabellen viser et gjennomsnittlig dag/natt-forhold på 1,0, mens ekstremverdiene er 0,7 og 1,4.

Fig. 25 viser frekvensfordelingen av integratorverdier for lodde på de fem toktene.

Tabell 5. Forholdet mellom estimat for relativ fisketett-
het oppnådd om dagen (t_D) og estimat oppnådd om natta (t_N).

a: - for brisling målt med EK 50A i Hardanger og Nordfjord.

b: - for sild og brisling målt med EY 70M i Lindåspollene

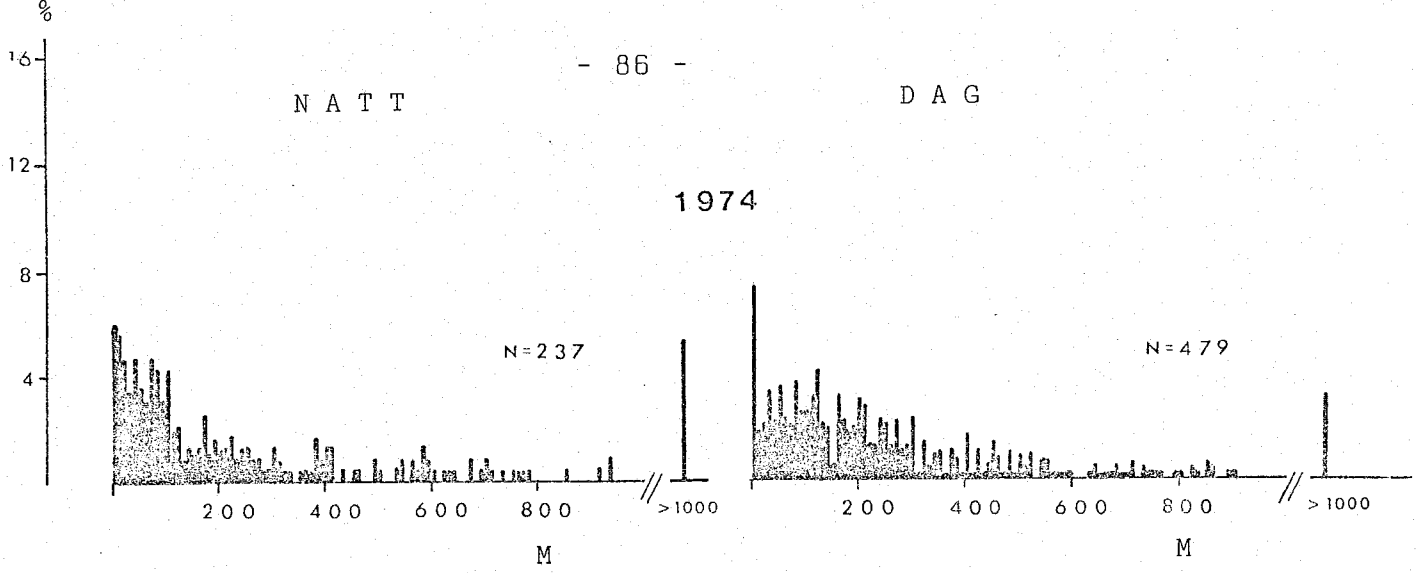
c: - for lodde målt med EK 38R i Barentshavet.

a			b		c	
Om- råde	Tid	t_D/t_N	Tid	t_D/t_N	Tid	t_D/t_N
Eidfj.	okt. 77	22,3	sept. 77	0,8	Høst 74	0,9
		6,8		mars 78		0,7
	jan. 78	4,6	2,0		" 76	0,7
		1,9	2,1	" 77	0,9	
		feb. 78	9,5	2,1	" 78	1,2
	13,1					
	mars 78	3,9				
3,0						
3,4						
Samlafj.	jan. 78	5,7				
	feb. 78	10,5				
Nordfj.	feb. 78	9,9				
		4,5				
		7,2				
		5,9				
		2,7				
Middel for t_D/t_N		7,2		1,5		1,0

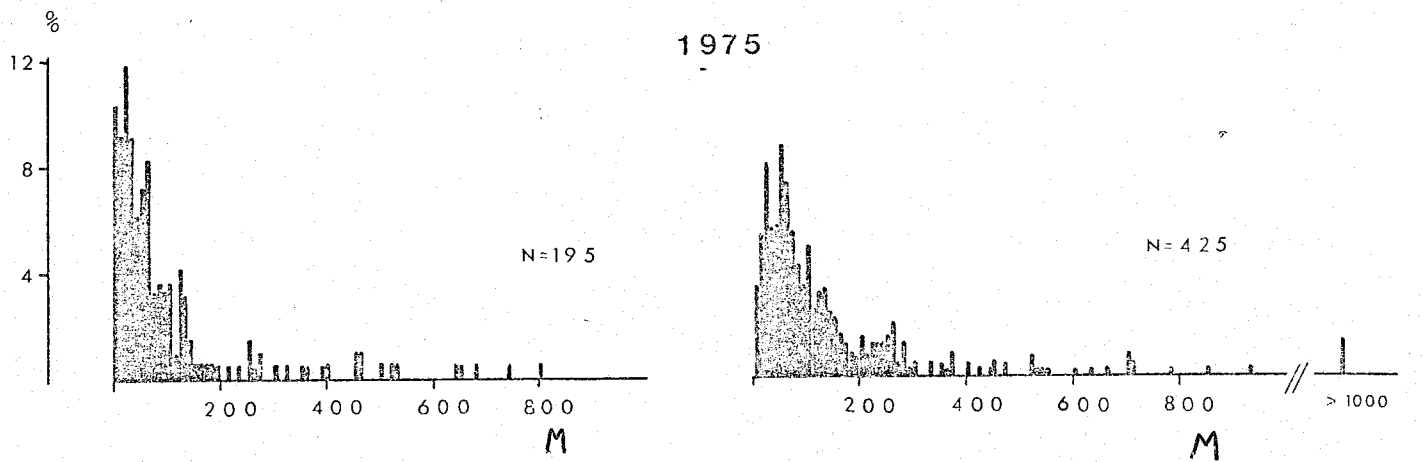
N A T T

D A G

1974



1975



1976

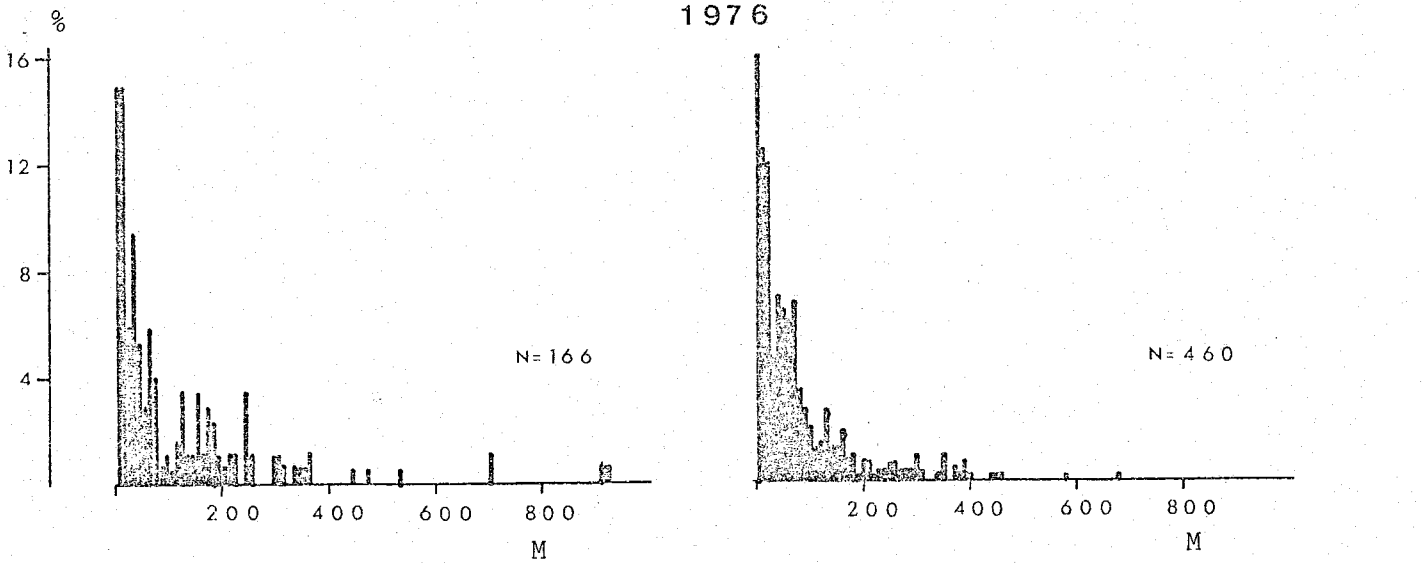


Fig. 25a. Prosentvis fordeling av integratorverdier (M) ved høstloddetekt med F/F "G.O.Sars" i årene 1974-1976. N=antall 5-mils-utskrifter.

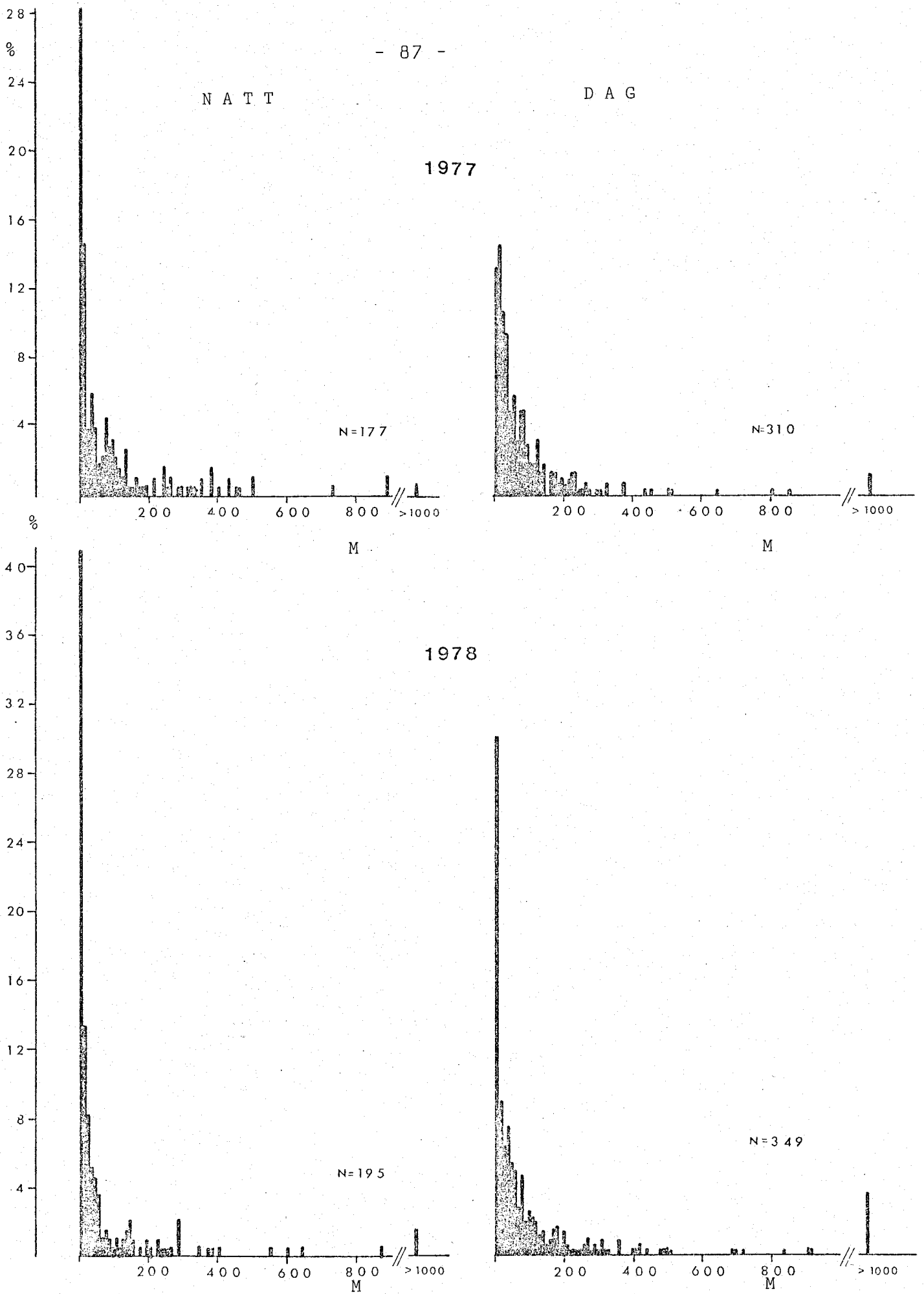


Fig. 25b. Prosentvis fordeling av integratorverdier (M) ved høstloddetekt med F/F "G.O.Sars" i årene 1977 og 1978. N=antall 5-mils-utskrifter.

1.2 Årstidsvariasjoner

Estimat for relativ tetthet av brisling innenfor et og samme fjordområde varierte en del fra måned til måned. Dette framgår av Tabell 6, som viser tetthetsestimater for dag- og nattkjøringer ved hvert tokt for område I-VII i Hardangerfjorden (Fig. 26). Tabellen viser også en beregnet mengdeindeks for hvert enkelt område ved de enkelte tokt. Indeksen er beregnet som produktet av areal og estimat for relativ tetthet ved rene dagdekninger innenfor hvert område. I de tilfelle da rene dagdekninger manglet, ble en dagverdi (t_D) beregnet ut fra observert nattverdi (t_N) i samme område. Relasjonen $t_D = 7,2 t_N$ ble da benyttet. Totalindeks for hver måned er summert mengdeindeks over alle områder.

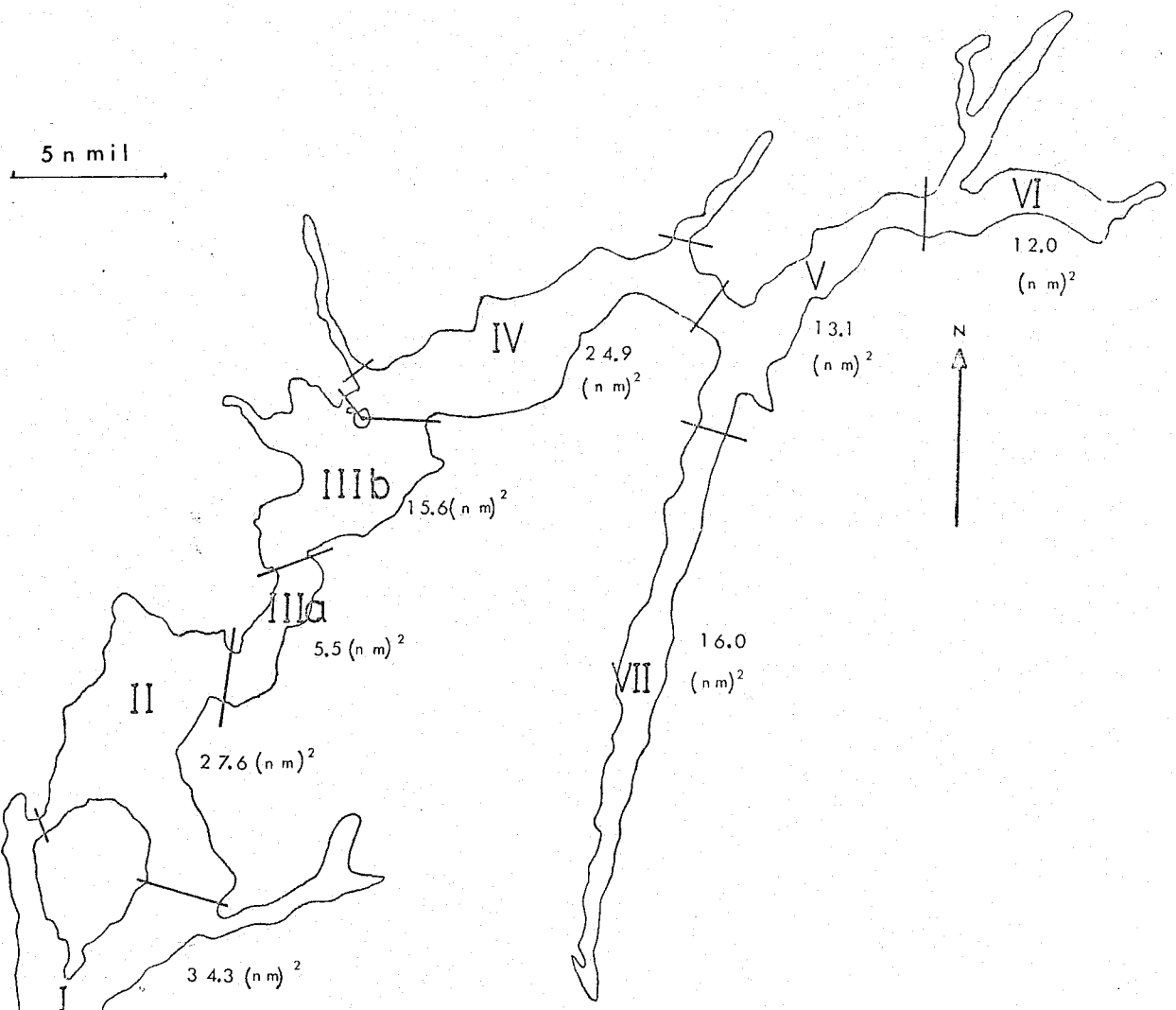


Fig. 26. Områdeinndeling i Hardanger. Til høyre for hvert område er arealet angitt.

Tabell 6. Gjennomsnittlige estimat for relativ tetthet (t) av brisling og mengdeindeks (MI) for hvert tokt i områdene I-VII i Hardanger.

Område	Tid på døgnet	24.-27.10.77 ²⁾		14.-18.11.77 ²⁾		12.-15.12.77 ²⁾		9.-13.1.78 ²⁾		6.-10.2.78 ³⁾		28.-31.3.78 ³⁾	
		t	MI	t	MI	t	MI	t	MI	t	MI	t	MI
I. Kvinheradsfj.	natt dag	0 0		0 -		0 -		- 0		- 0		0,6 7,5	
II. Hissfj.	natt dag	3,8 -	755 ¹⁾	0,6 -	119 ¹⁾	0,04 -	8 ¹⁾	2,1 -	417 ¹⁾	1,9 -	450 ¹⁾	1,0 -	237 ¹⁾
III. Y.Samlafj.	natt dag	5,4 -	820 ¹⁾	1,4 -	213 ¹⁾	0,05 -	8 ¹⁾	3,4 17,7	373	5,0 38,5	601	1,6 -	180 ¹⁾
IV. I.Samlafj.	natt dag	1,6 -	287 ¹⁾	1,0 -	179 ¹⁾	0,4 -	72 ¹⁾	0,5 -	179 ¹⁾	- 11,3	281	- 4,6	115
V. Y.Eidfj.	natt dag	1,1 7,6	100	2,3 -	217 ¹⁾	0,4 -	38 ¹⁾	5,5 25,6	336	1,4 13,6	178	5,6 17,3	227
VI. I.Eidfj. + Osafj.	natt dag	1,1 7,6	91	2,3 -	199 ¹⁾	0,4 -	34 ¹⁾	5,5 25,6	307	0,9 -	78 ¹⁾	- 5,1	61
VII. Sørfj.	natt dag	0,9 -	104 ¹⁾	0,8 -	92 ¹⁾	0 -	0	- -	-	- -	-	- -	-
Totalindeks		2157		1019		160		1612		1588		1077	

- 1) MI beregnet ut fra $t_D + 7,2 t_N$
 2) Område V og VI behandlet under ett
 3) Område IIIa inkludert område II

skillingen fra 5 10%

1.3 Variasjon fra dekning til dekning ved ulike dekningsgrader

Brisling i Hardangerfjorden og Nordfjord

Tabell 7 viser relative tetthetsestimat for brisling ved gjentatte kjøring. Bare rene dagkjøringer og rene nattkjøringer er tatt med.

Tabell 7. Relative tetthetsestimat for brisling, natt (t_N) og dag (t_D) for utgangsdekningene. E=Eidfjord, S=Samlafjord, N=Nordfjord, o=oktober, n=november, d=desember, j=januar, f=februar, m=mars.

Dekning nr.	Ant. uts. n.mil N	t_N	t_D	Dekning nr.	Ant. uts. n.mil N	t_N	t_D
		mm/n.mil				mm/n.mil	
Eo1	33	0,3		Nf5	54		36,5
Eo2	56		6,7	Nf6	52	8,8	
Eo3	27		4,5	Nf7	51	6,5	
Eo4	24		12,4	Nf8	53		17,5
Eo5	42	1,0		Nf9	50	6,4	
Eo6	52		6,8				
Eo7	39		7,5	Ef1	29		16,1
				Ef2	28	1,7	
En1	54	2,5		Ef3	30	1,0	
En2	52	2,1		Ef4	31		13,1
				Ef5	30		11,6
Ed1	34	0,2		Sf1	22	4,4	
Ed2	30	0,2		Sf2	20	4,7	
Ed3	36	0,2		Sf3	20	4,6	
Ed4	36	0,2		Sf4	19	4,7	
				Sf5	19	4,3	
Ej1	49	5,6		Sf6	20		46,2
Ej2	50		25,6	Sf7	18		46,6
Ej3	50	6,4		Sf8	19	6,5	
Ej4	50	5,2					
Ej5	49		12,1	Em1	57	5,3	
Ej6	48	4,8		Em2	58		20,4
				Em3	60		18,4
Sj1	20	3,1		Em4	56	6,1	
Sj2	33	3,3		Em5	58		15,1
Sj3	33		17,7	Em6	52	4,4	
Sj4	33	4,0		Em7	51		14,5
Sj5	33	3,2					
				Sm1	31	1,2	
Nf1	54		36,5	Sm2	30	1,5	
Nf2	52	8,1		Sm3	31	2,0	
Nf3	54	6,4		Sm4	16	1,4	
Nf4	52		52,1				

På grunnlag av de oppnådde tetthetsestimater, t , innenfor samme område og tidsrom er variasjonskoeffisienten, SDt/\bar{t} , beregnet for dagkjøringer og nattkjøringer. SDt/\bar{t} er også beregnet for dekninger som er konstruerte ut fra disse opprinnelige dekningene. (De enkelte tetthetsestimater er gjengitt i Appendix B.)

Variasjonskoeffisienten (SDt/\bar{t}) og dekningsgrad (N/\sqrt{A}) er i Tabell 8 satt opp for de forskjellige områder og tidsrom. Fig. 27a viser SDt/\bar{t} plottet mot N/\sqrt{A} for alle nattdekninger i Hardanger og Nordfjord. Fig. 27b viser tilsvarende for dagdekningene. Hvert punkt på figurene er avmerket med et tall, n , som angir antall dekninger som ligger til grunn for beregningen av punktet. En lineær regresjon av $\ln(\frac{SDt}{\bar{t}})$ og $\ln(N/\sqrt{A})$ gir likninga

$$\ln(SDt/\bar{t}) = -0,73 - 0,46 \ln(N/\sqrt{A}) \text{ om natta}$$

og

$$\ln(SDt/\bar{t}) = -0,53 - 0,43 \ln(N/\sqrt{A}) \text{ om dagen.}$$

Korrelasjonskoeffisienten er $r = 0,62$ om natta og $r = 0,33$ om dagen.

Kurvene for de transformerte likningene er tegnet inn på Fig. 27a og b.

Tabell 8. Variasjonskoeffisient (SDt/\bar{t}) ved ulike dekningsgrader (N/\sqrt{A}) ved gjentatte dekninger i Hardanger og Nordfjord. n = antall dekninger, N = antall utseilte n.mil, A = areal av undersøkt område, i $(n.mil)^2$.

Område, måned, areal utplukksystem	Natt		N	N/\sqrt{A}	Dag	
	n	SDt/\bar{t}			SDt/\bar{t}	n
Eidfjord, oktober, $A=25,1 (n.mil)^2$ milutplukk	2	,68	25	5,0	,37	7
	5	,51	15	3,0	,53	12
	7	,47	10	2,0	,75	18
	14	,67	5	1,0	,95	36
Eidfjord, november, $A=25,1 (n.mil)^2$ kursutplukk	2	,12	53	10,6		
	4	,09	26	5,2		
	8	,20	13	2,6		
	16	,36	7	1,4		
Eidfjord, januar, $A=25,1 (n.mil)^2$ milutplukk	4	,13	50	10,0	,51	2
	8	,25	25	5,0	,41	4
	16	,69	12	2,4	,74	8
Samlafjord, januar, $A=27,3 (n.mil)^2$ milutplukk	4	,12	30	5,8		
	6	,12	16	3,1	,38	2
	12	,32	8	1,5	,66	4
Nordfjord, februar, $A=21,6 (n.mil)^2$ milutplukk	5	,16	52	11,1	,40	4
	10	,25	26	5,6	,61	8
	20	,35	13	2,8	,91	16
Eidfjord, februar, $A=13,1 (n.mil)^2$ milutplukk	2	,36	30	8,2	,17	3
	4	,30	15	4,2	,20	6
	6	,30	10	2,8	,31	9
Samlafjord, februar, $A=15,6 (n.mil)^2$ milutplukk	6	,17	20	5,0	,01	2
	12	,20	10	2,5	,24	4
	18	,31	7	1,8	,14	8
Samlafjord, mars, $A=15,6 (n.mil)^2$ kursutplukk	4	,22	27	6,8		
	7	,24	15	3,8		
	12	,38	12	2,0		
	24	,47	24	1,0		
Eidfjord, mars, $A=13,1 (n.mil)^2$ kursutplukk	3	,16	56	15,5	,17	4
	7	,24	28	7,7	,29	7
	12	,26	14	3,9	,33	12
	12	,27	7	1,9	,43	14
	16	,55	4	1,1	,60	16

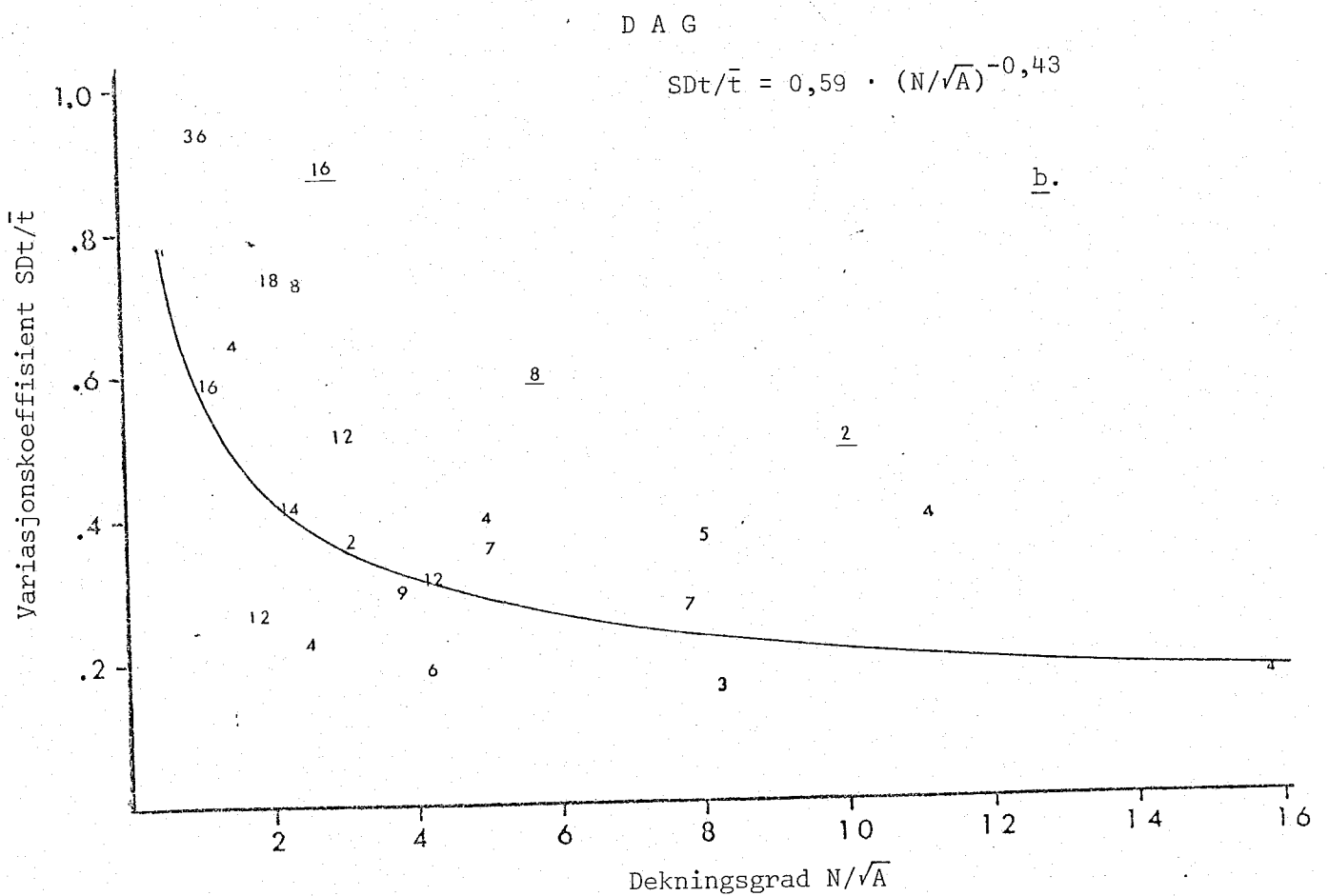
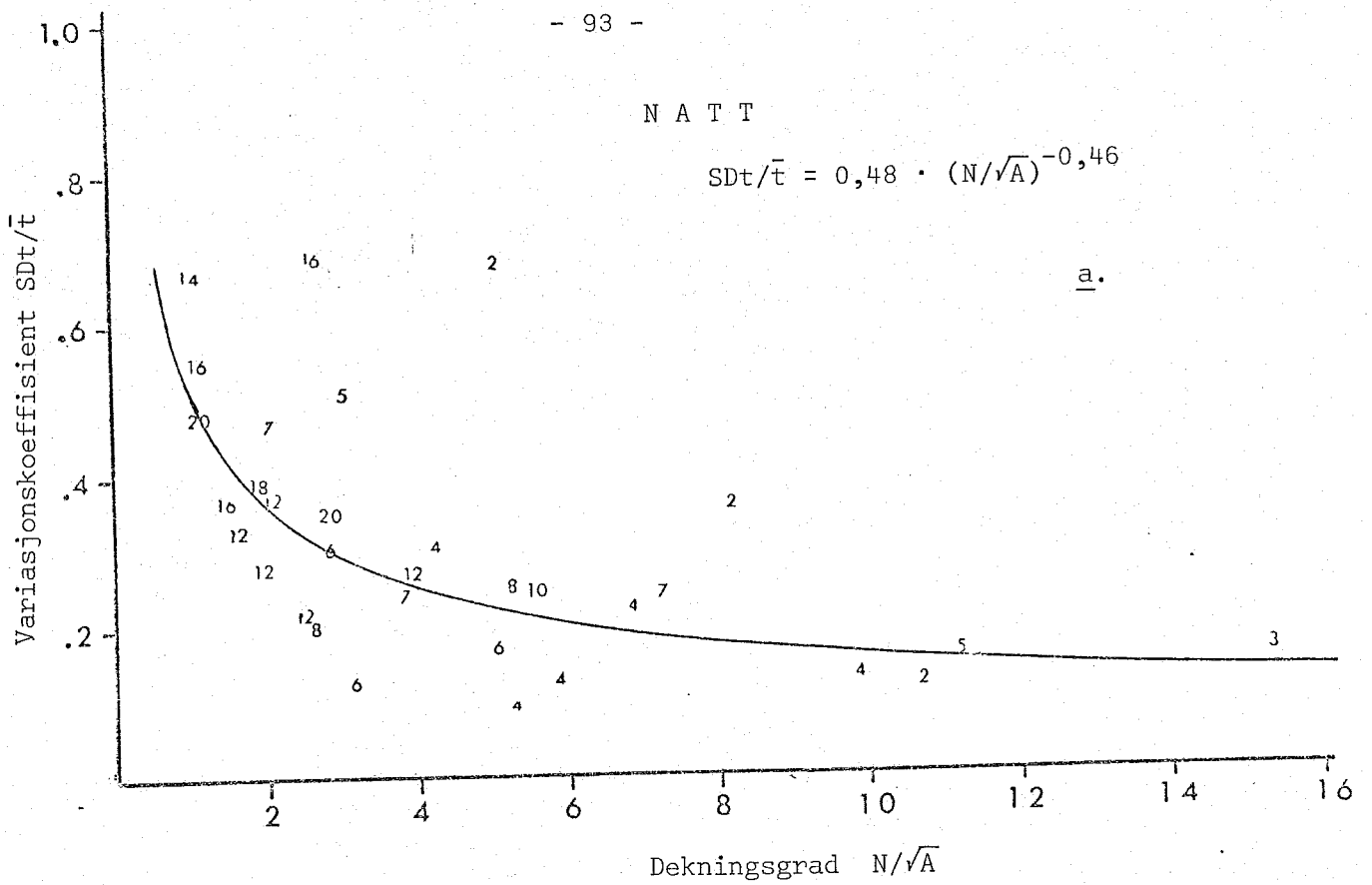


Fig. 27. Variasjonskoeffisient plottet mot dekningsgrad ved brislingstoktene i Hardanger og Nordfjord. Tallene angir antall dekningsgrader som ligger til grunn for beregningene. Dagobservasjonene i Nordfjord er understreket. a:natt, b:dag.

Sild og brisling i Lindåspollene

Tabell 9 viser tetthetsestimat for sild og brisling i Lindåspollene ved gjentatte dekninger. SDt/\bar{t} og N/\sqrt{A} for disse dekningene og for konstruerte deldekninger er satt opp i Tabell 10. Deldekningene er konstruerte ved kursutplukk. (Alle tetthetsestimat er gjengitt i Appendix B).

Tabell 9. Tetthetsestimat (t), for sild og brisling ved utgangsdekningene i Lindåspollene.

Område, tid	Dek- ning nr.	Ant. uts. n.mil	Regnemaskinverdi/105m	
		N	Natt t_N	Dag t_D
Fjellanger- vågen, sep- tember 1977	1	2,7	302	
	2	2,7	199	
	3	2,7	233	
	4	2,7	271	
Straumsosen+ Spjeldnesosen september-ok- tober 1977	1	8,0		432
	2	8,0	543	
Straumsosen+ Spjeldnesosen mars 1978	1	8,0		255
	2	8,0		353
	3	4,0		376
	4	8,0		363
	5	8,0		397
	6	8,0		1 045
	7	8,0		416
	8	8,0	352	
	9	8,0	174	
	10	8,0	191	
	11	8,0	174	

Tabell 10. Variasjonskoeffisient (SDt/\bar{t}) og dekningsgrad (N/\sqrt{A}) ved gjentatte dekninger i Lindåspollene.

Område, tid, areal	Natt		N	N/\sqrt{A}	Dag	
	n	SDt/\bar{t}			SDt/\bar{t}	n
Fjellangervågen, sept.-77, $A=0,17$ (n.mil) ²	4	,18	2,7	6,5		
	7	,21	1,3	3,3		
	15	,23	,7	1,6		
Str.osen+Spj.osen, sept.-okt.-77, ² $A=1,03$ (n.mil) ²	1	-	8,0	8,0	-	1
	2	,09	4,0	4,0	,43	2
Str.osen+Spj.osen, mars-78, $A=1,03$ (n.mil) ²	4	,39	8,0	8,0	,61	6
	8	,52	4,0	4,0	,58	13

n = antall dekninger

N = utseilt distanse pr. dekning, i n.mil

A = areal av det undersøkte område, i (n.mil)²

Lodde i Barentshavet

Tabell 11 viser SDt/\bar{t} og N/\sqrt{A} for forskjellige deldekninger konstruert ved utplukk av kurser ved høstloddetoktene med F/F "G.O.Sars" i årene 1974-78. SDt/\bar{t} er plottet mot N/\sqrt{A} i Fig. 28. En eksponensiell kurvetilpasning gir regresjonslikninga $\ln (SDt/\bar{t}) = -0,71 - 0,69 \ln (N/\sqrt{A})$ og korrelasjonskoeffisient $r = 0,67$. (Alle tetthetsestimat er gjengitt i Appendix B.) Kurven for den transformerte likninga er inntegnet på Fig. 28.

Tabell 11. Variasjonskoeffisient (SDt/\bar{t}) for relative tetthetsestimat av lodde ved forskjellige dekningsgrader, basert på konstruerte dekninger.

n = antall dekninger

N = antall utseilte n.mil pr. dekning

A = undersøkt areal målt i (n.mil)²

År, areal	Kurs- ut- plukk	n	SDt/ \bar{t}	N	N/ \sqrt{A}
1974,					
A=62540	2.hver	2	,04	1 375	5,5
	4. "	4	,13	688	2,8
	8. "	8	,29	344	1,4
	16. "	16	,40	172	0,7
1975,	2.hver	2	,18	1 210	5,1
A=57250	4. "	4	,25	605	2,6
	8. "	8	,20	303	1,3
	16. "	16	,43	151	0,6
1976,	2.hver	2	,20	1 225	5,3
A=54210	4. "	4	,30	613	2,7
	8. "	8	,50	306	1,3
	16. "	16	,62	153	0,7
1977,	2.hver	2	,10	905	4,7
A=40590	4. "	4	,42	453	2,4
	8. "	8	,41	226	1,2
	16. "	16	,72	213	0,6
1978,	2.hver	2	,48	1 175	4,9
A=57600	4. "	4	,74	588	2,5
	8. "	8	,89	294	1,2
	16. "	16	1,20	147	0,6

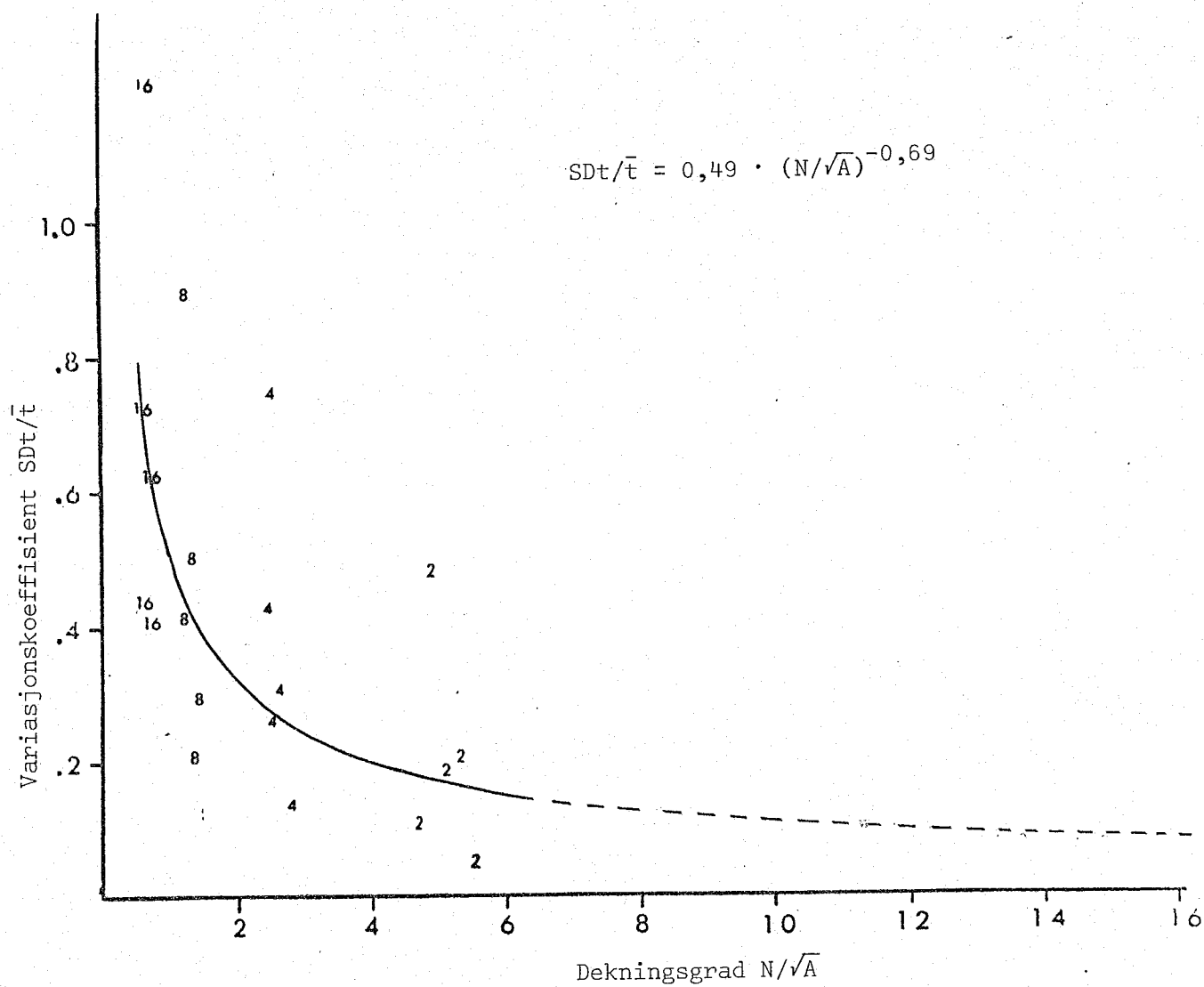


Fig. 28. Variasjonskoeffisient plottet mot dekningsgrad ved loddetokt i Barentshavet. Tallene angir antall dekningsgrader som ligger til grunn for beregningene.

Torsk i Lofoten

I perioden 20.-31. mars 1971 foretok Blindheim og Nakken 6 gjentatte akustiske kartlegginger av gytetorsk i Lofoten (BLINDHEIM & NAKKEN 1971). Målingene ble foretatt med tre ekkointegratorer tilkopleet EK 38R ombord på F/F "G.O.Sars". Et kursnett med parallelle kurser med en n.mils avstand ble benyttet. Ut fra hver utgangsdekning har de beregnet et mengdeestimat som bygger på alle kurser, et estimat som bygger på annenhver kurs og et som bygger på tredjehver. En videreføring av dette utplukk-systemet gir for hver utgangsdekning: 2 estimat basert på annenhver kurs, 3 estimat basert på 3. hver, 4 estimat basert på 4. hver og 5 estimat basert på 5. hver. Disse beregningene er utført og er gjengitt i Appendix B.

Ved hver kartlegging ble 96 - 117 n.mil tilbakelagt. Arealet som ble dekket var 119 (n.mil)^2 . Dekningsgraden for hver utgangsdekning er da 9,6. Variasjonskoeffisient for estimatene er beregnet for hver dekningsgrad og satt opp i Tabell 12.

Tabell 12. Variasjonskoeffisient, SDt/\bar{t} , og dekningsgrad, N/\sqrt{A} , for n gjentatte mengdeestimat av torsk i Lofoten.

Kurs- ut- plukk	Ant. dek- ning- er	\bar{t}	SDt/\bar{t}	Varia- sjons- oeffi- sient SDt/\bar{t}	Dek- nings- grad N/\sqrt{A}
Alle kurser	6	30 651	9 206	0,30	9,6
2.hver kurs	12	27 715	10 016	0,36	4,8
3.hver kurs	18	27 009	11 370	0,42	3,2
4.hver kurs	24	26 831	11 299	0,42	2,4
5.hver kurs	30	27 860	16 556	0,59	1,9

Undersøkt areal; $A=119 \text{ (n.mil)}^2$.

2. Diskusjon

Kapittel III 2 konkluderer med at ekkointegreringsutstyret ombord på F/F "P.Rønnestad" vil underestimere tettheten av tynne slørforekomster av brisling når brislingen står dypere enn 16 m, mens tette stimer sannsynligvis ikke blir betydelig underestimert selv på store dyp. Dette forklarer den store forskjellen mellom tetthetsestimaterne oppnådd henholdsvis om dagen og om natta.

En rangering av de 11 tetthetsestimaterne oppnådd i Straumsosen og Spjeldnesosen i mars 1978 gir en rangsum på 11 for de fire nattestimaterne. En Wilcoxon to-utvalgstest (HODGES & LEHMANN 1970) gir da at dagestimaterne er signifikant større enn nattestimaterne på 1%-nivå.

Det kritiske dyp for integreringsutstyret som ble brukt i Lindåspollene ligger sannsynligvis et sted mellom 11 og 46 m. Sild og brisling ble observert ned til ca. 40 m om natta. Et dag-nattforhold større enn 1,0 er derfor ikke urimelig.

De observerte dag/natt-forhold ved loddetoktene med F/F "G.O.Sars" viser også en viss variasjon, men gjennomsnittet for fem tokt er 1,0. Ved disse beregningene er dag- og nattverdiene ikke oppnådd i samme område. Tilfeldige tetthetsforskjeller mellom "dag-områder" og "natt-områder" kan imidlertid forventes å utligne hverandre når tilstrekkelig mange døgn med lodderregistreringer er inkludert. Hvor mange døgn som kreves for å få ei slik utligning er vanskelig å avgjøre, fordi et fåtall svært høye verdier vil bety mye for beregninga av middelveidien, slik at en terskeeffekt lett vil maskeres. En eventuell terskeeffekt vil føre til at fordelingen av integratorverdier vil bli forskjøvet til venstre om natta i forhold til om dagen. Samtidig vil medi-

anen i fordelinga forskyves i samme retning. Medianen er nemlig like mye påvirket av små verdier som av store verdier. Tabell 13 angir medianen for de enkelte fordelinger.

Tabell 13. Median for observerte fordelinger av integratorverdier for lodde i Barentshavet ved fem høstloddetokt med F/F "G.O.Sars".

År	Median	
	Natt	Dag
1974	129	169
1975	54	81
1976	47	46
1977	34	44
1978	16	36

Fire av de fem toktene gir en større median i dagfordelingene enn i nattfordelingene. Differensene mellom medianene i henholdsvis dag- og nattfordeling oppnådd samme år er rangert og testet med en Wilcoxon parsammenlikningstest (HODGES & LEHMANN 1970).

H_0 : "Dagmedian" = "Nattmedian"

A : "Dagmedian" > "Nattmedian", det vil si at nattfordelingene er forskjøvet til venstre i.f.h.t. dagfordelingene.

Små verdier av rangsum for negative differenser er da signifikante. Observert rangsum er $V_- = 1$. $P(V_- < 1) = 0,06$. De observerte forskjeller er signifikante på 10% - nivå. Observasjonene gir altså grunn til mistanke om at en viss terskel-effekt også gjør seg gjeldende ved loddetokt med F/F "G.O.Sars".

En slik effekt er mulig ved registrering av tynne slør av lodde som står under det kritiske dyp, som sannsynligvis vil ligge et sted mellom 100 og 440 m (Fig. 19).

De observerte dag-nattforskjeller kan skyldes flere ting enn bare terskeeffekten. En systematisk forskjell i aspektvinkelfordeling, kan gi systematiske forskjeller i integrert ekkomengde (FOOTE 1978). Når fisken står grunnere om natta enn om dagen, kan det tenkes at en større andel står grunnere enn ekkoloddets søkefelt om natta enn om dagen. Samtidig er det sannsynlig at en større andel vil skremmes eller "ploges" til side av båten når fisken står grunt.

Mengdeindeksen for brisling i de ulike deler av Hardangerfjorden viser tildels stor variasjon fra måned til måned (Tabell 6). Indeksen refererer seg til dagverdier, etter som disse er minst påvirket av terskeeffekten. Tabell 5a viser stor spredning i de observerte forhold mellom dag- og nattestimat. De mengdeindekser i Tabell 6 som er beregnet ut fra observerte nattverdier og gjennomsnittlig dag-nattforhold må derfor betraktes som usikre. Ved alle tokt ble store deler av fjorden dekket bare om natta. I november og desember ble ingen av områdene fullstendig dekket om dagen. Totalindeksen for hele Hardangerfjorden er følgelig også usikker. Totalestimatet i desember er betydelig lavere enn de andre. Det er mulig at brislingen i denne perioden har stått spesielt ugunstig, men toktet ga ingen holdepunkter for en slik antagelse.

Ved brislingtokt med F/F "Johan Hjort" 3.-4.11.1977 ble brislingmengden i Hardangerfjorden estimert til å være 3 770 hl. Ved fiske ble det tatt 1 519 hl fra 20.-31.10. og 2 970 hl fra 1.-30.11. I perioden 1.12.1977 til 1.4.1978

ble ingenting fisket. Hvis en ser bort fra naturlig dødelighet og inn-utvandring i perioden 20.10. til 15.12., kommer en fram til at brislingmengden i hele fjorden var ca. 5 300 hl den 20.10. og ca. 790 hl den 15.12. Totalindeks for brislingmengde oppnådd med F/F "P.Rønnestad" den 24.-27.10. gir da at

$$K_{P.R} = 5300 \text{ hl} / 2157 = 2,5 \text{ hl}, K_{P.R.} \text{ er antall hl brisling}$$

pr. mengdeindeks-enhet. En omregning av totalindeksen for hvert tokt til antall hl brisling er gjort i Tabell 14.

Nedgangen i mengdeindeks fra oktober til desember står altså i et rimelig forhold til fisket i den samme periode. Oppgangen i mengdeindeks fra desember til januar er såpass stor at den må skyldes innvandring av brisling.

Tabell 14. Anslag for absolutt brislingmengde (hl) i Hardangerfjorden ved de ulike tokt, beregnet ut fra relativ mengdeindeks oppnådd med F/F "P.Rønnestad" og absolutt-mengde oppnådd med F/F "J.Hjort" (3.-4.11.).

Tid	"P.Rønnestad"-indeks mm/n.mil (n.mil) ²	hl	Anmerkninger ¹⁾
24.-27.10.	2 157	5 300	5 300 hl = ("J.Hjort"-estimat) + (oppfisket kvant. 20.-31.10)
14.-18.11.	1 019	2 510	
12.-15.12.	160	390	790 hl = ("J.Hjort"-estimat) - (oppfisket kvan. 1.11.-15.12)
9.-13.1.	1 612	3 970	
6.-10.2.	1 588	3 910	
28.-31.3.	1 077	2 650	

1) Upubliserte data ved Havforskningsinstituttet

Hvis en betrakter de ulike forskyvninger av mengdeindekser i Tabell 6 som et resultat av vandringer og fiske, kan en tenke seg følgende hendelsesforløp; I slutten av oktober sto mesteparten av brislingen i Hissfjorden og Ytre Samlafjord. I november hadde mesteparten trekt innover mot Eidfjord og Sørfjord, samtidig som endel ble oppfisket. Fisket, som hovedsakelig foregikk i Eidfjord, Osafjord og Sørfjord i perioden 20. oktober til 30. november, resulterte i at det i desember var svært lite brisling i fjorden. Omkring årsskiftet hadde nye brislingforekomster kommet inn i fjorden, slik at det i januar ble registrert nesten like mye som i oktober. I februar var totalmengden den samme, men endel hadde trekt fra Eidfjorden til Samlafjorden. Fra februar til slutten av mars hadde det skjedd lite forandringer i Eidfjorden, men forekomstene i Samlafjorden hadde trekt utover til Kvinheradsfjorden og kanskje enda lenger. (Dekninga av Kvinheradsfjorden var dårlig ved alle tokt.)

Beregnet variasjonskoeffisient for gjentatte tetthetsestimater innenfor samme område og tidsrom viser en generell tendens til fall ved økende dekningsgrad (Tabell 8, 10 og 11). Ved en gitt dekningsgrad er det ganske stor spredning mellom variasjonskoeffisientene som representerer ulike områder og tidsrom (Fig. 27 og 28). En del av denne spredningen kan skyldes tilfeldigheter. Ved få gjentatte dekninger får en et unøyaktig mål for variasjonskoeffisienten. Hovedårsaken til spredningen er nok variasjon i fiskens horisontale fordeling. De punktene i Fig. 27b som gir størst variasjonskoeffisient ved en gitt dekningsgrad, bygger på gjentatte kjøring i Nordfjord i februar. Da sto brislingen svært ujevnt fordelt. Om dagen sto en stor del av brislingen samlet i noen få store stimer ved Utvik. Estimater for gjennomsnittlig brislingtetthet i området ble derfor sterkt påvirket av hvor mange av disse stimer som tilfeldigvis ble registrert.

En tilsvarende fordeling ble funnet i Lindåspollene i mars 1978. Der sto nesten hele gytebestanden av sild konsentrert i et lite område ved nordenden av Bjørnøy (Fig. 20c). Tetthetsestimaterne som ble oppnådd her ga også store variasjonskoeffisienter (Tabell 10).

De mest jevne fiskefordelingene ble funnet i Samlafjorden i januar og februar 1978 og i Lindåspollene i september 1977. Tabell 8 og 10 viser at disse fordelingene ga de laveste variasjonskoeffisientene.

For å oppnå en gitt presisjon, kreves det altså større dekningsgrad når fiskefordelingene er ujevn enn når den er jevn. De anvendte kursnett er lagt opp til gi tilnærmet samme dekningsgrad innenfor hele det aktuelle område. Ved ujevn fiskefordeling ville imidlertid presisjonen bedres hvis de delområder med størst fisketetthet ble bedre dekket enn de delområder med minst fisketetthet (JOHANNESSEN OG LOSSE 1977).

Når n tetthetsestimat ligger til grunn for beregningen av variasjonskoeffisienten, vil godheten av beregningene øke med \sqrt{n} . Det ville derfor være naturlig å veie de enkelte punkter i Fig. 27 og 28 mot \sqrt{n} ved beregning av regresjonslikningene. Dette er gjort, men det gir ikke vesentlig bedre korrelasjonskoeffisienter enn de uveide regresjonene. De uveide lar seg lettere teste statistisk, slik at disse er benyttet.

ZAR (1974) angir en metode for å teste på hvorvidt et antall, k , regresjonslinjer er sammenfallende. Denne er anvendt for regresjonslikningene

$$\ln \frac{SDt}{\bar{t}} = a_j + b_j \ln \frac{N}{\sqrt{A}}$$

- $j = 1$: Hardanger og Nordfjord natt
- $j = 2$: " " " dag
- $j = 3$: Barentshavet dag og natt

Nullhypotese, H_0 : De tre linjene er sammenfallende): alle a_j er like og alle b_j er like

A : Minst en a_j er ulik de andre to eller minst en b_j er ulik de andre to.

$$\text{Testobservator: } F = \frac{\frac{SS_t - SS_p}{2(k-1)}}{\frac{SS_p}{DF_p}}$$

SS_t : Den totale kvadratsum rundt den felles regresjonslinjen.

SS_p : Summen av kvadratsummene rundt hver av de tre regresjonslinjene.

k : Antall regresjonslinjer.

DF_p : Antall frihetsgrader = $\sum_{i=1}^k (n_i - 2)$ der

n_i er antall observasjoner i regresjon nr. i .

Under nullhypotesen er F f -fordelt med $2(k-1)$ og DF_p frihetsgrader. Store verdier av F er da signifikante. I dette tilfelle er $k=3$, $n_1=32$, $n_2=23$ og $n_3=20$.

Det gir 4 og 69 frihetsgrader.

Beregningen gir $F=1,61$

$P_{H_0}(F > 1,61) > 0,20$ hvilket ikke er signifikant.

Det er ingen grunn til å forkaste H_0 .

En sammenslått regresjon, basert på alle observasjoner er derfor beregnet. Den gir $\ln(SDt/\bar{t}) = -0,69 - 0,41 \cdot \ln(N/\sqrt{A})$. Korrelasjonskoeffisienten er $r = 0,44$.

Korrelasjonskoeffisientene, r , for alle utførte regresjoner er testet ved hjelp av testobservatoren

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \quad (\text{ZAR 1974})$$

der n er antall observasjoner som ligger til grunn for regresjonen.

$$H_0: r \geq 0$$

$$A: r < 0$$

Alle korrelasjoner er signifikant negative ved signifikansnivå på 0,001.

Når $y = \ln(\text{SDt}/\bar{t})$ og $x = \ln(N/\sqrt{A})$, vil et estimat, \hat{y}_i , basert på regresjonslikninga ha en standardfeil

$$\hat{S}y_i = \sqrt{S_{y \cdot x}^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \frac{\Sigma x}{n})^2}{\Sigma x^2} \right]}$$

$$\text{der } S_{yx}^2 = \frac{1}{n-2} \left[\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma xy)^2}{\Sigma x^2} \right]$$

og n er totalantall observasjoner som inngår i regresjonen (ZAR 1974).

Ved $n-2=87$ frihetsgrader er 95% konfidensintervall gitt ved $\hat{y}_i \pm 2,0 \cdot \hat{S}y_i$. Dette er beregnet for mange punkter langs regresjonslinja, slik at et "konfidensbelte" er framkommet.

Dette er vist i Fig. 29. Konfidensbeltet gjelder for regresjonslinja. For å illustrere punktspredningen, er alle beregnede variasjonskoeffisienter inntegnet på Fig. 30 sammen med den transformerte regresjonslinja, $SDt/\bar{t} = 0,50 (N/\sqrt{A})^{-0,41}$. En observasjon basert på 4 gjentatte kjøringar utført av Johannesen og Losse (1977) er også inntegnet.

Likninga angir hvilken variasjonskoeffisient som kan forventes ved en gitt dekningsgrad. Punktspredninga viser at små variasjonskoeffisienter kan forekomme selv ved lav dekningsgrad og høye variasjonskoeffisienter kan forekomme selv med høy dekningsgrad. Sannsynligheten for å oppnå en variasjonskoeffisient mindre enn en gitt verdi øker med dekningsgraden. Ut fra den observerte punktspredningen kan en antyde at ved dekningsgrader større enn 10 kan en være ganske sikker på at tetthets-estimatet avviker mindre enn 40% fra den sanne verdi.

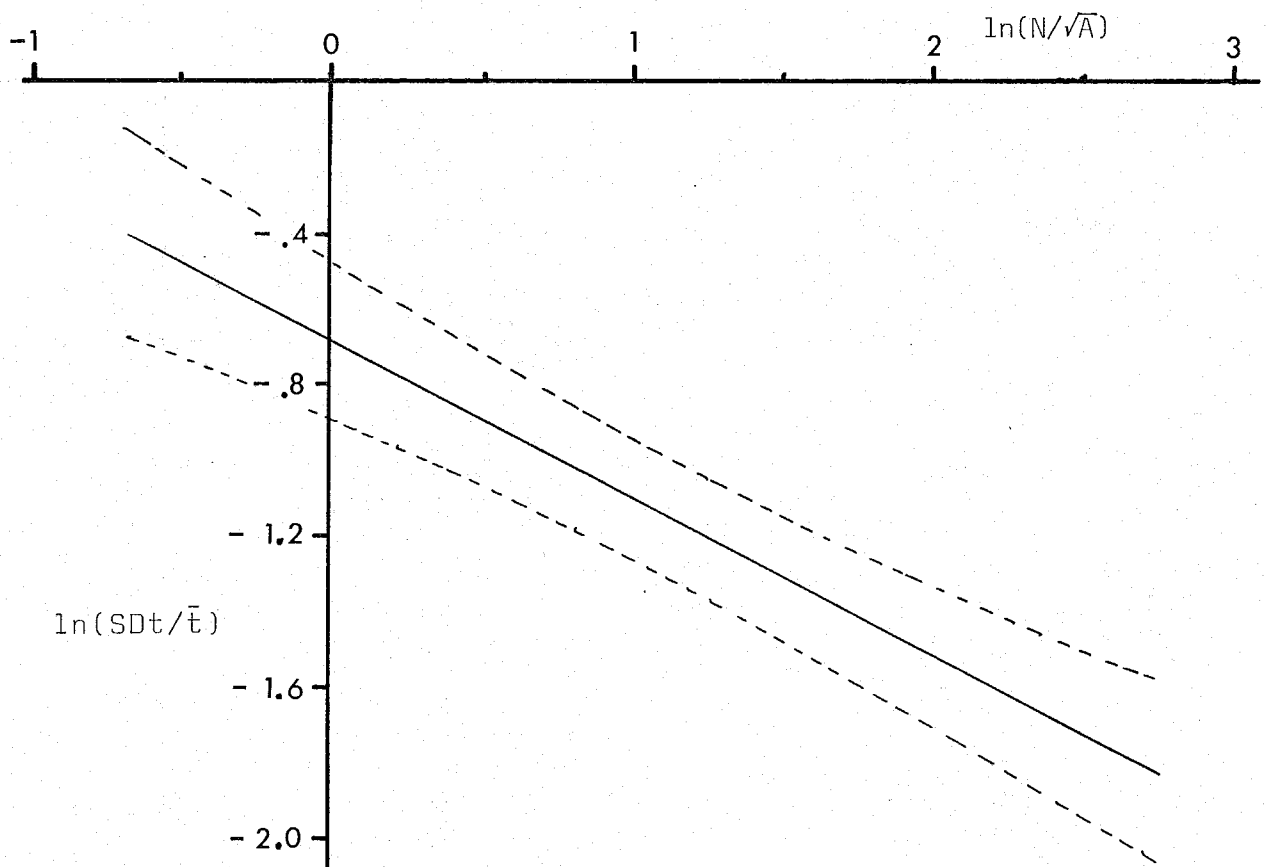


Fig. 29. Regresjonslinje for alle observasjoner av variasjonskoeffisient med inntegnet 95% konfidensbelte for regresjonen.

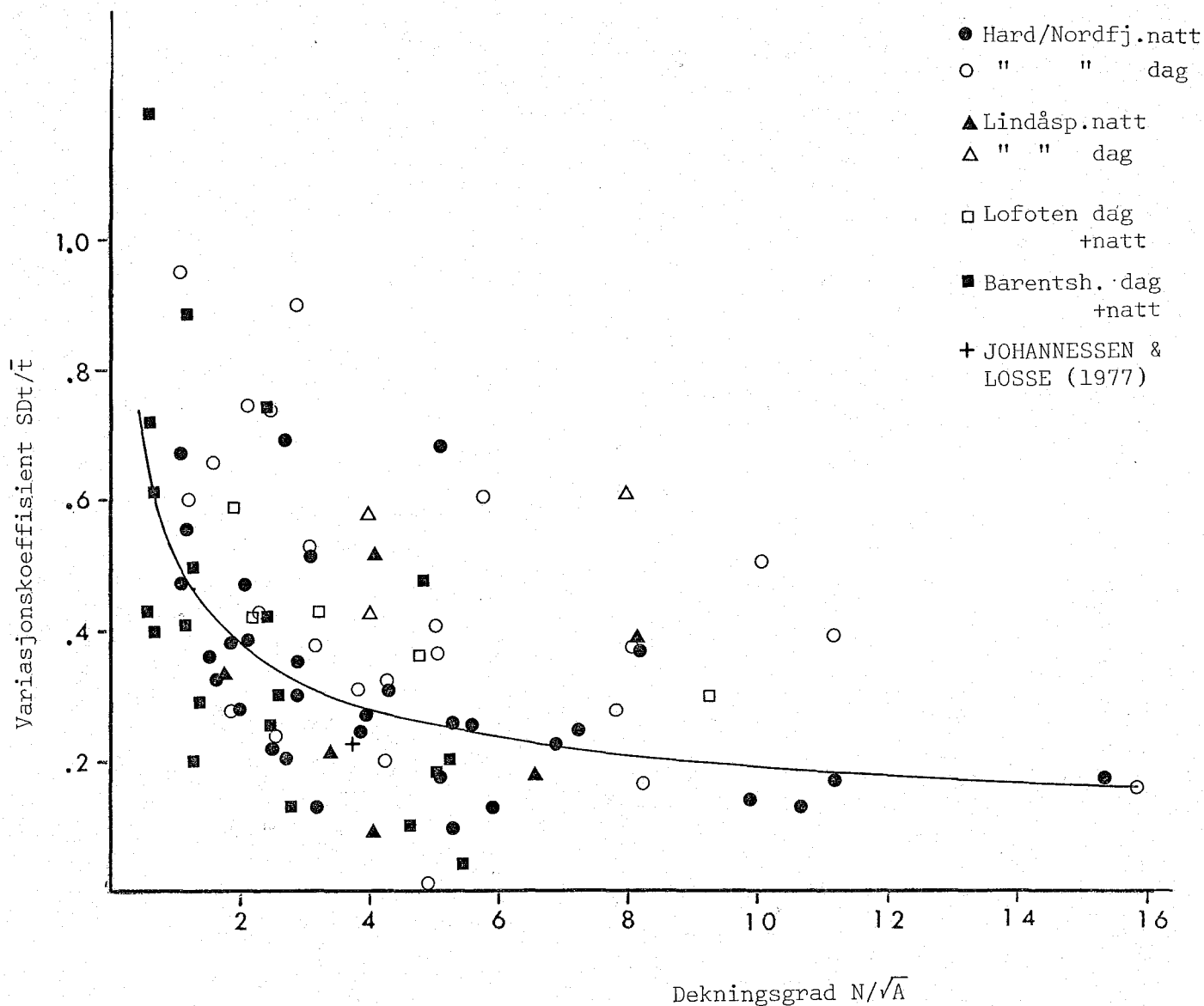


Fig. 30. Alle beregninger av variasjonskoeffisient plottet mot dekningsgrad. Kurven viser den transformerte regresjonslinja.

Ved alle disse beregningene er variasjonskoeffisienten for integrert ekkomengde betraktet som ensbetydende med variasjonskoeffisienten for estimert fisketetthet (eller fiskemengde). Variasjonen i ekkomengde-estimatene er først og fremst et resultat av fiskens fordeling i forhold til det anvendte kursnett og av nøyaktigheten i ekkogramvurderingene (som igjen avhenger av prøvofiskeinnsats og operatørens erfaring og dyktighet).

I Kapittel II er terskeeffekten beskrevet som en systematisk feil, som avhenger av volumtettheten av fisk. Hvis fiskefordelinga varierer fra kjøring til kjøring, vil derfor terskeeffekten være en ekstra kilde til variasjon i tetthets-estimat. Dette har jeg forsøkt å eliminere ved å beregne variasjonskoeffisienter for rene dagestimat og rene nattestimat hver for seg. Jeg har da antatt at fiskefordelinga ikke varierer betydelig fra natt til natt eller fra dag til dag. Hvis denne antagelsen ikke var holdbar, skulle en forvente at brislingestimaten (basert på et dårlig akustisk utstyr) skulle gi systematisk høyere variasjonskoeffisienter enn loddestimatene (basert på et bedre akustisk utstyr). Den statistiske testen utført på regresjonslinjene tyder imidlertid ikke på noen systematisk forskjell.

Når fisketettheten skal uttrykkes i antall fisk pr. areal sjøoverflate, vil unøyaktigheten i C-verdi-bestemmelse komme inn som en ekstra feilkilde. LOZOW (1977) har framstilt konfidensintervall for akustiske tetthetsestimater som funksjon av unøyaktighet i estimat for midlere målstyrke og unøyaktighet i estimat for integrert ekkomengde. Hans konklusjon er at hvis en ønsker 95% sannsynlighet for at tetthetsestimater skal avvike mindre enn f.eks. 15% fra den sanne verdi, så kreves det en større dekningsgrad når unøyaktigheten i målstyrkeestimatet er stor enn når den er liten. Ønsket er uopnåelig (selv ved uendelig stor dekningsgrad) når målstyrkeestimatet er for unøyaktig. En unøyaktighet i C-verdi-estimat vil virke på samme måte som en unøyaktighet i estimat for midlere målstyrke.

VI. VEKST, KONDISJON OG FETTINNHOLD HOS BRISLING

1. Resultater

Vekst

Lengdefordeling for brisling i de enkelte tråltrekk er vist i Fig. 31. Tabell 15 viser alders- og lengdefordeling for brisling i de ulike områder i ulike årstider.

I Hardangerfjorden var mesteparten av brislingen fra 6 til 10 cm og besto hovedsakelig av 1977-årsklassen. I det undersøkte området i Nordfjord var mesteparten fra 9-12 cm og var hovedsakelig av 1976-årsklassen.

Observerte middellengde for brisling totalt og for 1977-årsklassen alene er plottet mot årstid i Fig. 32. På figuren er også observert middellengde på tokt med F/F "Johan Hjort" i Nordfjord i november inntegnet.

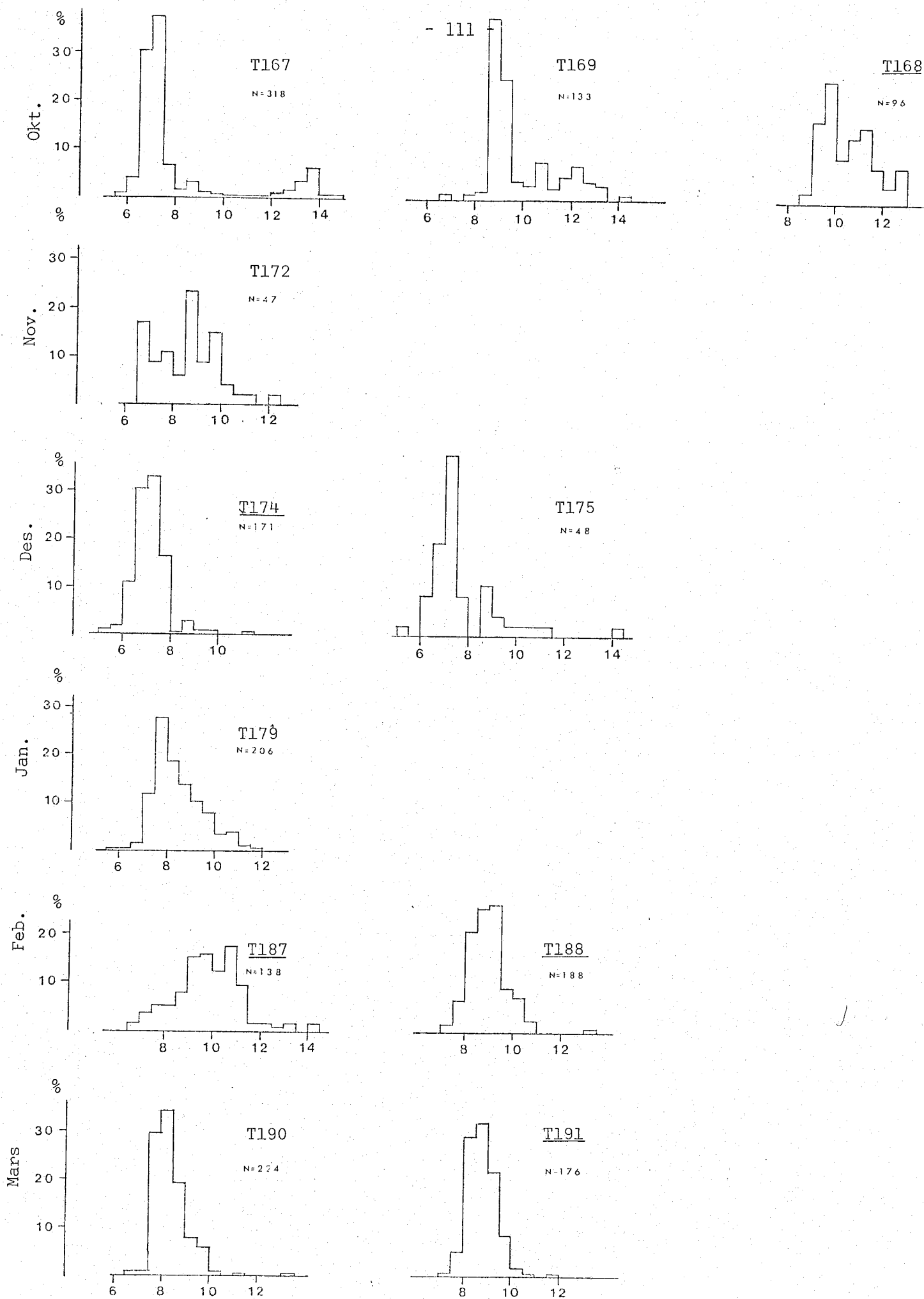
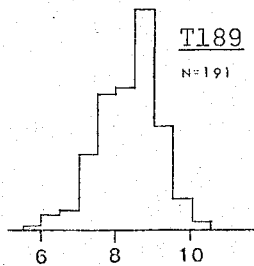
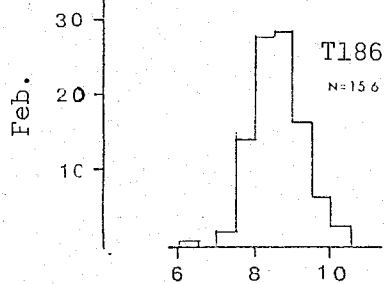
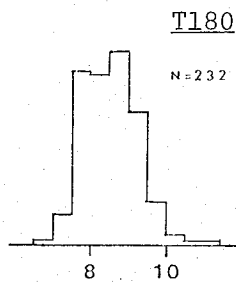
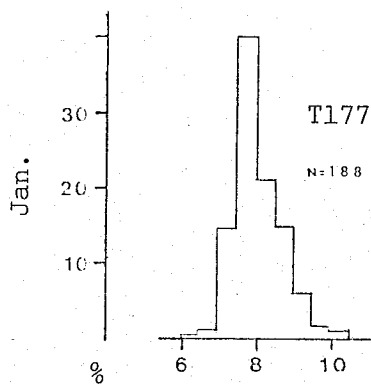
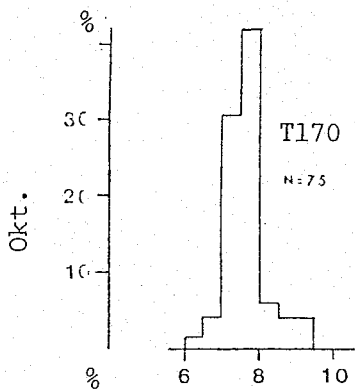


Fig. 31a. Lengdefordeling for brisling i de enkelte tråltrekk (T) i Indre Hordanger. Abscissen angir øvre grense for lengdegruppene i cm. N=antall fisk lengdemålt. Trålstasjonsnummeret er understreket for dagfangstene.

SAMLAFJORD



NORDFJORD

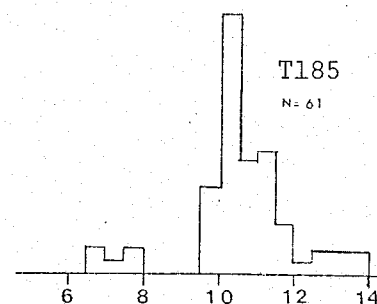
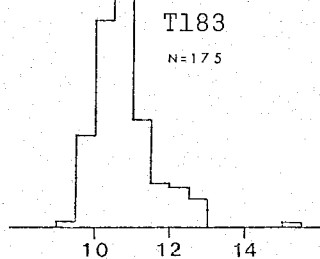
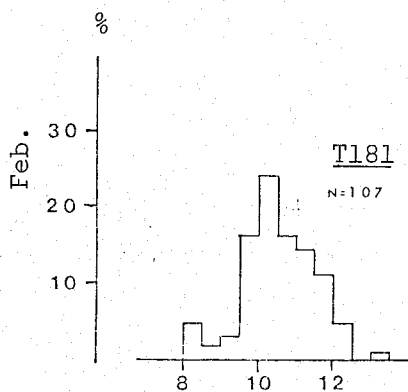


Fig. 31b. Lengdefordeling for brisling i de enkelte tråltrekk (T) i Samlafjorden og Nordfjord. Abscissen angir øvre grense for lengdegruppene i cm. N=antall fisk lengdemålt. Trålstasjonsnummeret er understreket for dagfangstene.

Tabell 15. Lengde- og aldersfordeling (prosent) og middellengde (\bar{l}) for brisling i trålfangstene i ulike måneder. n_a =antall aldersbestemt, n_l =antall lengdemålt.

a: Eidfjord, b: Samlafjord og Nordfjord.

a.

Måned Års- klasse	Oktober				November				Desember				Januar				Februar				Mars				
	77	76	El- dre	To- tal	77	76	El- dre	To- tal	77	76	El- dre	To- tal	77	76	El- dre	To- tal	77	76	El- dre	To- tal	77	76	El- dre	To- tal	
Lengde cm																									
5		,6		,6						1,4		1,4													
6		2,2		2,2						10,5		10,5													
7		17,9		17,9	17,0			17,0		27,9		27,9		,5		,5		,8			,8		,5		,5
8		21,8		21,8	8,5			8,5		33,8		33,8		11,7		11,7		2,7			2,7		,8		,8
9		4,0		4,0	10,6			10,6		14,6		14,6		11,7		11,7		5,8			5,8		8,6		8,6
10			1,3	1,3		6,4		6,4			,3	,3		10,5		10,5		12,4			12,4		32,0		32,0
11			11,3	11,3		18,6	4,6	23,4		1,0	3,1	4,6		8,0	5,0	,6	13,6		16,2		16,2		20,3	4,5	24,8
12			9,7	9,7		8,5		8,5			1,8		1,8		4,9	4,4	,8	10,1		17,7	2,6		5,0	9,0	14,0
13			5,7	5,7	3,0	8,9	3,0	11,9			1,4		1,4		3,6	4,2		7,8		5,7	6,7		12,4	4,0	16,4
14			1,1	1,5	2,6		3,2	1,1	4,3			,5	,5			2,6		3,4		4,2	5,4	,4	10,0	,7	,6
Totalt(%)	46,5	36,1	15,4	100	39,1	50,0	10,6	100	50,6	8,1	1,7	100	77,2	21,1	1,9	100	66,2	32,4	1,6	100	72,3	17,4	,6	100	
\bar{l} (cm)		6,8		8,6		7,1		8,3		6,6		7,0		7,8		8,2		8,6		9,2		8,2			8,4
n_a				122				43				38				100				117				119	
n_l				549				47				219				206				259				400	

alike 15 info

b.

SAMLAFJORD

NORDFJORD

Måned	Oktober				Januar				Februar				Februar				
	Års-klasse	77	76	El-dre	Total	77	76	El-dre	Total	77	76	El-dre	Total	77	76	El-dre	Total
Lengde																	
cm																	
5																	
6	1,3			1,3	,2			,2	1,4				1,4				
	4,0			4,0	,7			,7	1,4				1,4	,6			,6
7	30,7			30,7	8,6			8,6	7,2				7,2	,3			,3
	45,3			45,3	30,5			30,5	16,1				16,1	,6			,6
8	10,7			10,7	21,7			21,7	22,8				22,8	1,5			1,5
	2,0	2,0		4,0	17,0	3,7		20,7	28,8				28,8	,6			,6
9	4,0			4,0	10,2	1,9		12,1	15,0				15,0	,4	,8		1,2
					3,3	,3		5,6	4,7	,5			5,2		13,4		13,4
10					,6	,6		1,2	1,1	,6			1,7		27,4	,3	27,7
						,2	,2	,4							23,6		23,6
11															14,9		14,9
															7,9		7,9
12															3,9	,5	4,4
															1,2		1,3
13															,9		,9
14								,2	,2								
Totalt (%)	98,0	2,0		100	92,8	6,7	,2	100	98,8	1,1			100	4,0	95,1	,8	100
i(cm)	7,4			7,4	8,0			8,1	8,2				8,2	7,8	10,5		10,4
n _a				20				78					70				189
n _i				75				420					347				343

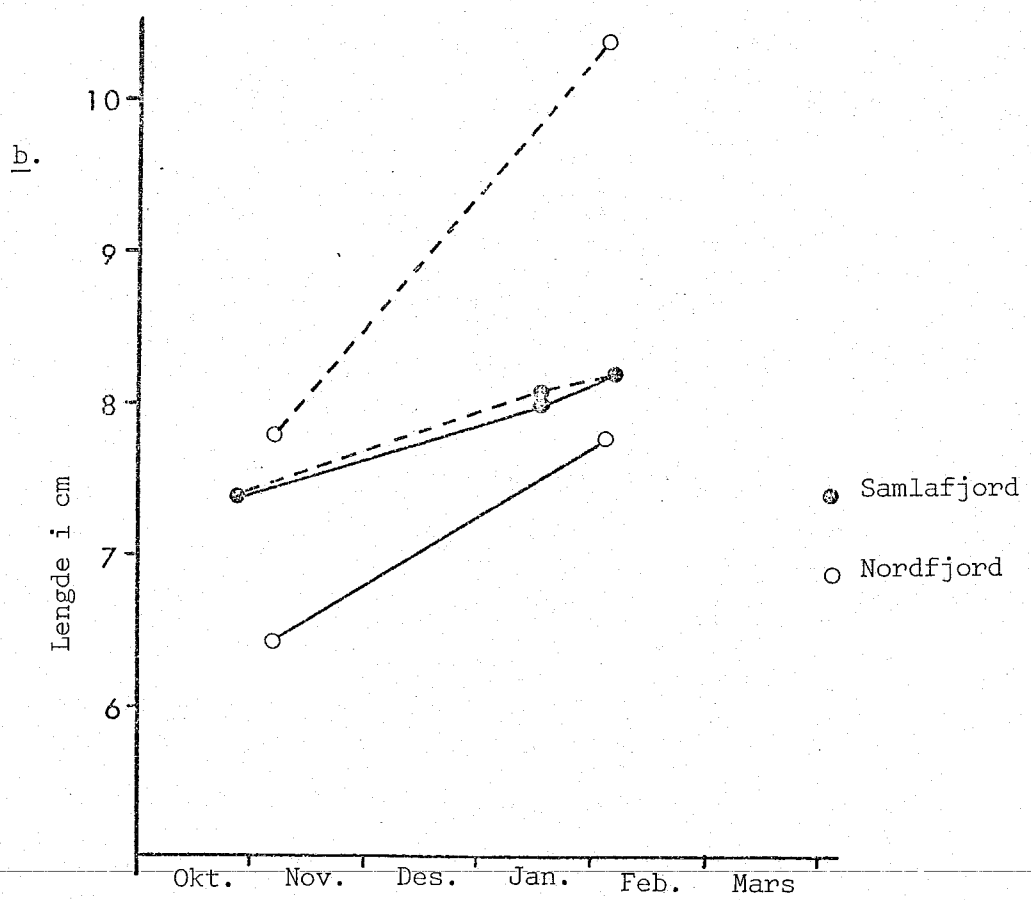
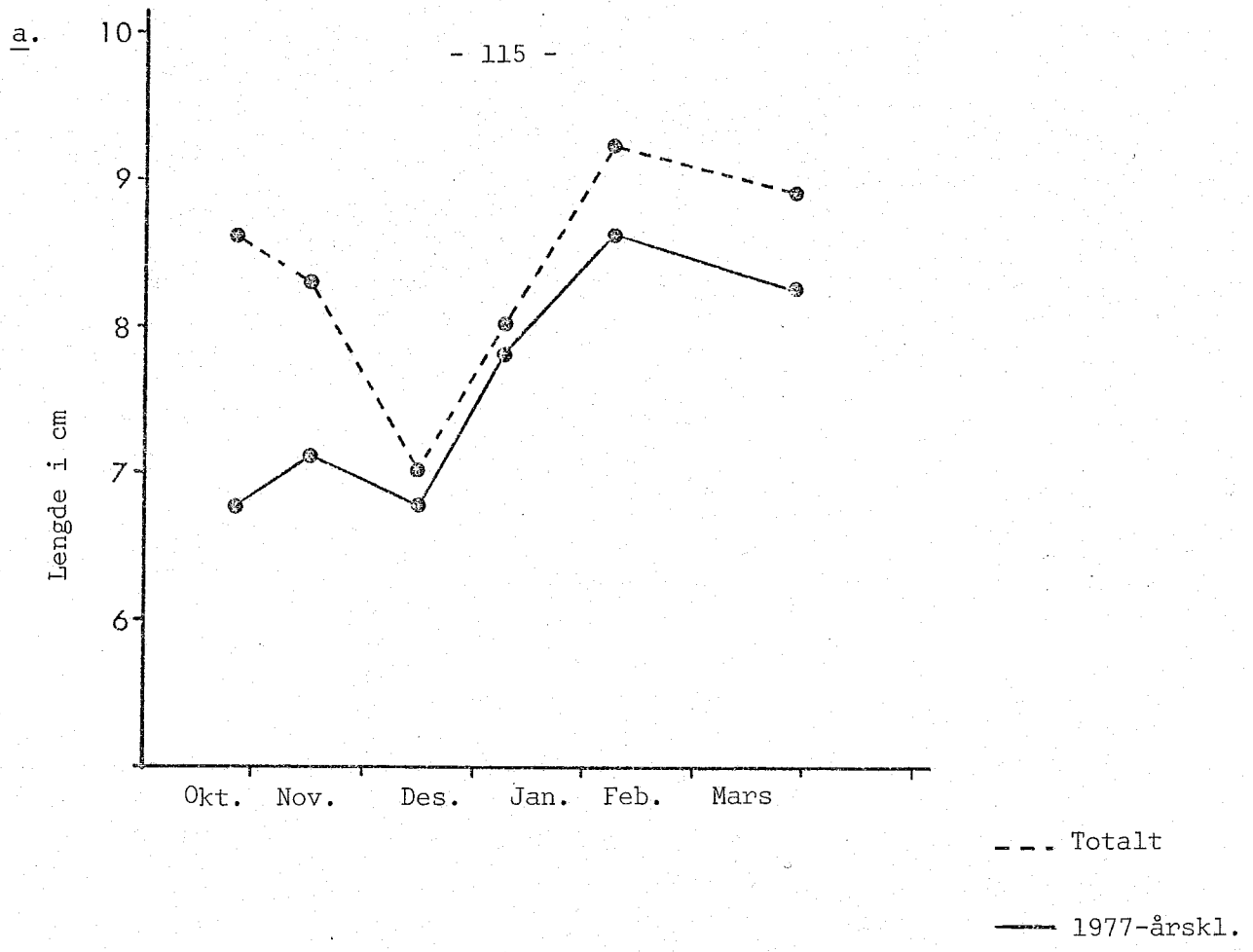


Fig. 32. Middellengde for brisling ved de ulike tokt.

a.: Indre Hardanger

b.: Samlafjord og Nordfjord

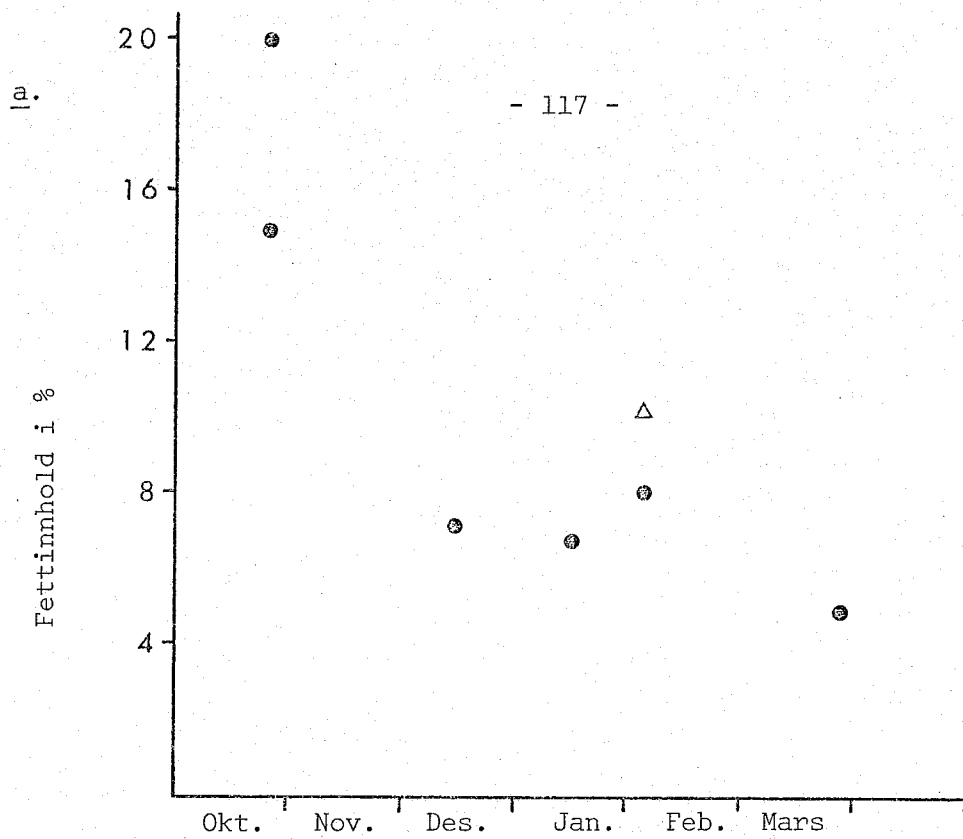
Kondisjon og fettinnhold

Fettinnhold og kondisjonsfaktor for stor og små brisling er satt opp etter område og årstid i Tabell 16. Kondisjonsfaktoren er beregnet etter formelen $K = \frac{V}{l^3} \cdot 100$, hvor V er volum angitt i ml og l er lengde angitt i cm.

Fettinnhold er plottet mot årstid i Fig. 33 og mot kondisjonsfaktor i Fig. 34.

Tabell 16. Fettinnhold (prosent) og kondisjonsfaktor for stor (> 10 cm) og liten (< 10 cm) brisling i ulike områder og måneder.

Trålst. nr.	Område, måned	Stor		Liten	
		Fett%	Kond. faktor	Fett%	Kond. faktor
167	Osafj.okt.	20,0	,76	6,7	,65
170	Samlafj.okt.	-	-	4,9	,68
169	Eidfj.okt.	15,0	,75	10,4	,67
174,175	Eidfj.des.	7,3	-	5,7	,61
177,180	Samlafj.jan.	-	-	4,9	,56
179	Eidfj.jan.	6,9	,58	4,7	,54
181	Nordfj.feb.	10,3	,56	9,0	,55
183,185	" "	10,3	,57	10,6	,54
186,189	Samlafj.feb.	-	-	2,8	,52
187,188	Eidfj.feb.	8,1	,57	4,2	,56
190,191	Eidfj.mars	4,9	,63	2,8	,61



- Indre Hardanger
- Samlafjord
- △ Nordfjord

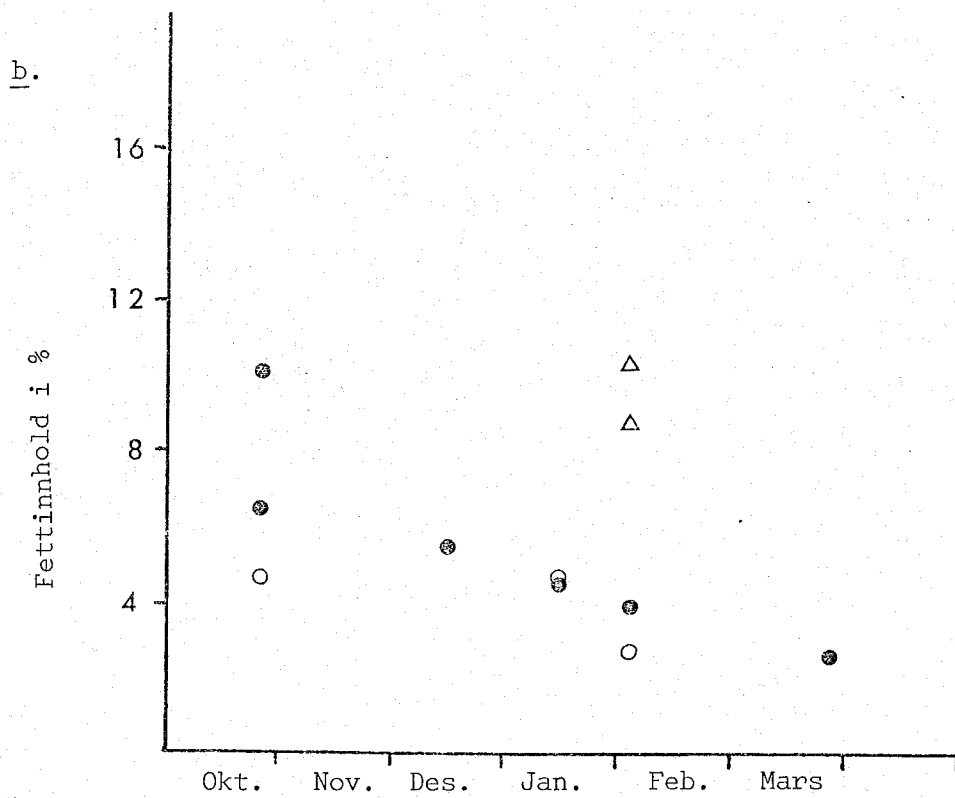


Fig. 33. Fettinnhold hos brisling ved de ulike tokt.
a.: stor brisling (>10 cm)
b.: liten brisling (<10 cm)

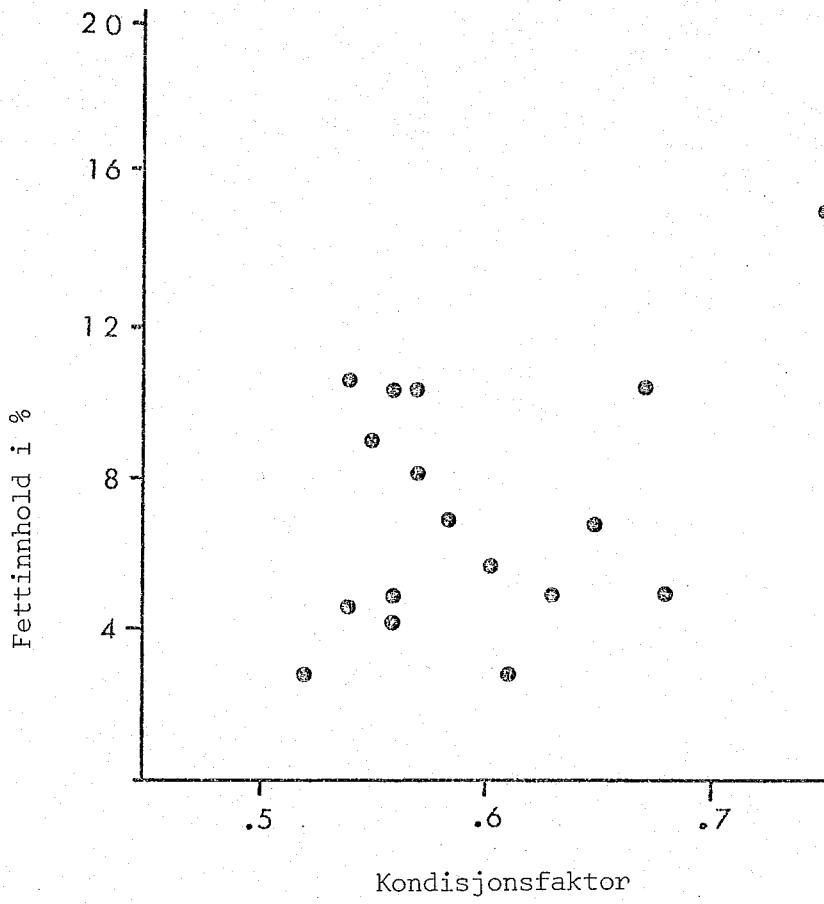


Fig. 34. Fettinnhold og kondisjonsfaktor for brisling

2. Diskusjon

Fig. 31 viser at på enkelte tokt har flere trålinger i samme område gitt forskjellige lengdefordelinger.

Hvis brislingen lettere unnviker trålen om dagen enn om natta, kan en tenke seg at dette i større grad gjør seg gjeldende for stor brisling enn for små, fordi den store svømmer forttere enn den små. I så fall skulle en forvente at middellengden for brisling skulle være større i nattfangstene enn i dagfangstene. Tabell 17 viser middellengder for brisling i nattfangster (\bar{l}_N) og dagfangster (\bar{l}_D) tatt i samme område i samme tidsrom. Differensene ($\bar{l}_N - \bar{l}_D$) mellom middelveiene er rangert og testet med en Wilcoxon parsammenlikningstest (HODGES & LEHMANN 1970):

$$\text{Nullhypotese: } H_0: \bar{l}_N = \bar{l}_D$$

$$\text{Alternativ: } A: \bar{l}_N > \bar{l}_D$$

Store verdier for summen av ranger for positive differenser vil gi forkastning av H_0 . Den observerte rangsum er 8.

$$P_{H_0}(V_+ > 8) = 0,61$$

Materialet gir altså ingen grunn til å tro at $\bar{l}_N > \bar{l}_D$.

Hovedårsaken til forskjellen i middel-lengde i samme område og tidsrom er sannsynligvis at et enkelt tråltrekk ikke er representativt for hele området. Det er derfor grunn til å tro at det ved de fleste tokt er gjort for få trålinger til å få et nøyaktig estimat for lengdefordeling og middel-lengde i de enkelte områder. Dette kan forklare hvorfor observasjonene

Tabell 17. Middel-lengde for brisling tatt ved dagtrålinger og natt-trålinger i samme område og tidsrom.

Område	Måned	Middel-lengde		Diffe- rens
		Natt \bar{l}_N	Dag \bar{l}_D	
Eidfjord	desember	7,5	6,9	0,6
Samlafjord	januar	7,8	8,3	-0,5
Eidfjord	februar	8,2	9,2	-1,0
Samlafjord	februar	8,3	8,1	0,2
Nordfjord	februar	10,5	10,3	0,2
Eidfjord	mars	8,2	8,6	-0,4

i Fig. 32 ikke i hele perioden viser økning fra måned til måned. Dessuten vil utveksling med brisling i tilgrensende områder kunne påvirke størrelsessammensetningen i det undersøkte området.

Tendensen til fall i middelværdi fra oktober til desember i Eidfjord kan skyldes at det ble fisket en god del brisling i dette området i oktober og november. Mesteparten av brislingen som blir tatt ved fiske er større enn 9 cm, slik at middellengden i den gjenværende bestanden vil minke. Hovedmengden av oppfisket brisling var ett år eller eldre.

Tabell 15 viser at andelen av 1976-årsklassen og eldre brisling i Eidfjord gikk ned fra 50-60% i oktober-november til 10% i desember. Andelen av eldre brisling økte igjen i januar. Samtidig økte middellengden ganske kraftig, både totalt og for 1977-årsklassen (Fig. 32). Dette tyder på at det har vandret inn en del større brisling, slik at den observerte lengdeøkning kan være større enn lengdeveksten for den brislingen som hadde vært i fjorden hele høsten.

Fig. 32 viser en lengdeøkning for 1977-årsklassen på 1,5 cm i Eidfjord i perioden oktober-mars, 0,8 cm i Ytre Samlafjord i perioden oktober-februar og 1,4 cm i Nordfjord i perioden november-februar. Denne veksten er på størrelse med det som BAKKEN (1971) observerte i perioden oktober 1970 - april 1971. Han fant en lengdevekst for 1970-årsklassen på 1,7 cm i Sørfjorden og 0,6 cm i Eidfjord.

Tabell 16 viser at både fettprosent og kondisjonsfaktor er høyere for stor brisling enn for små, og at begge deler avtar utover vinteren. Calanoide copepoder og euphausider er den viktigste føden for brisling (SUND 1911). I Vestlandsfjordene er bestanden av slike byttedyr størst i sommerhalvåret (WIBORG 1971, GUNDERSEN 1953), slik at brislingens viktigste beiteperiode er fra sen vår til sen høst. Brislingen bygger da opp en fettreserve som den forbruker utover vinteren. 0-gruppe brisling har en relativt større lengdevekst enn eldre brisling (SUND 1911), slik at den til enhver tid bruker forholdsvis mer energi til vekst. Dette er sannsynligvis årsaken til at den små brislingen om vinteren har lavere fettprosent enn den store.

SUND (1911) har undersøkt variasjonen i fettprosent i løpet av ett år. Han fant de høyeste verdiene i august-oktober og de laveste i mars-april.

Forskjellen i kondisjonsfaktor for stor og små brisling kan skyldes forskjellen i fettinnhold. Kondisjonsfaktoren avhenger imidlertid også av gonadeutvikling og magefyllingsgrad, slik at korrelasjonen mellom kondisjonsfaktor og fettinnhold er ikke særlig god (Fig. 34).

VII. SAMMENDRAG

1. En teoretisk utredning om terskeeffekten viser hvordan et dårlig ekkointegreringsutstyr kan gi mengdeestimat som er sterkt avhengig av fiskens fordeling.
2. Kriterier for et godt ekkointegreringsutstyr er satt opp.
3. Måleresultater viser hvordan et dårlig ekkointegreringsutstyr underestimerer fisketettheten betydelig når fisken er fordelt i tynne slør.
4. På grunnlag av gjentatte tetthetsestimat (t) av samme fiskeforekomst er variasjonskoeffisienter, SDt/\bar{t} , (forholdet mellom standardavvik og middelværdi) beregnet ved ulike dekningsgrader.
5. Når dekningsgraden defineres som N/\sqrt{A} (N =utseilt distanse, A =undersøkt areal), gir et plott av variasjonskoeffisient mot dekningsgrad en punkt-sky, som ved lineær regresjon gir ei likning av formen $\ln \frac{SDt}{\bar{t}} = a + b \cdot \ln(N/\sqrt{A})$.
6. Målinger gjort på henholdsvis brisling i Hardanger og Nordfjord om dagen, brisling i Hardanger og Nordfjord om natta og lodde i Barentshavet både dag og natt, gir ikke signifikante forskjeller i regresjonslikningene. Målinger gjort på sild

og brisling i Lindåspollene og på gytetorsk i Lofoten gir også variasjonskoeffisienter som ved en gitt dekningsgrad faller i samme område som variasjonskoeffisientene oppnådd i Hardanger, Nordfjord og Barentshavet.

7. En regresjon av alle oppnådde variasjonskoeffisienter mot dekningsgrad gir likninga $SDt/\bar{t} = 0,50 \cdot (N/\sqrt{A})^{-0,41}$.
8. Brislingtoktene i Hardanger og Nordfjord viser ingen signifikant forskjell mellom brislingtettheten midtfjords og tettheten langs land.
9. Mesteparten av brislingen som ble registrert i Hardanger i oktober 77 ble oppfisket i oktober-november 77. Nytt innsig av brisling i desember 77 - januar 78 holdt seg i fjorden i februar og mars, men viste en tendens til å trekke utover.
10. Biologiske prøver av brisling i Hardanger viser ca. 1,5 cm økning i middellengde for 1977-årsklassen fra 24. oktober til 31. mars 1978. I samme periode minket fettinnholdet fra ca. 20% til ca. 5% for stor brisling (>10 cm) og fra ca. 10% til ca. 3% for små brisling (<10 cm).

VIII TAKK

Jeg takker Odd Nakken, Magnar Aksland og Olav Dragesund for veiledning og hjelp til planlegging under hovedfagsstudiet. Videre vil jeg takke mannskapet på F/F "Peder Rønnestad" og de ansatte ved Havforskningsinstituttets instrumentverksted for godt samarbeide ved brislingtoktene.

Takk til Gunn Nilsen for maskinskriving av hovedoppgaven.

IX. LITTERATUR

- ANON. 1975. Simrad QM, MK II ekkointegrator
Simrad Publication P 574 E.
- AURE, J. 1972. Hydrografien i Lindåspollene. Hovedoppgave i oseanografi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetet i Bergen. 158 s.
- BAKKEN, E. 1966. Influence of hydrographical and meteorological factors on catch and recruitment strength of the sprat stock in western Norway. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 14:61-71.
- BAKKEN, E. 1971. Brisling i fjordene mellom Stavanger og Trondheim høsten 1970. Fiskets Gang, 57(5):84-89.
- BELTESTAD, A. K. 1974. Beiteadferd, vertikalvandring og stimdannelse hos 0-gruppe sild (Clupea harengus, L.) i relasjon til lysintensiteten. Hovedoppgave i fiskeribiologi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetsbiblioteket i Bergen.
- BLINDHEIM, J. & NAKKEN, O. 1971. Abundance estimation of the spawning Lofoten cod 1971. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1971(B:15) 1-9. Mimeo.
- BODHOLT, H. 1977. Variance error in echo integrator output. Rapp. P.-v.Reun. Cons. int. Explor. Mer 170:196-204.

- BUZETA, R., DALEN, J., DOMMASNES, A., HAMRE, J. & NAKKEN, O. 1975. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1974. Fisken Hav., 1975 (1):10-13.
- DAHL, O., ØSTVEDT, O.J. & LIE, U. 1973. An introduction to a study of the marine ecosystem and the local herring stock in Lindåspollene. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. 16:148-158.
- DOMMASNES, A., NAKKEN, O. & RØTTINGEN, I. 1976. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1975. Fisken Hav., 1976 (1):17-24.
- DOMMASNES, A., LOENG, H., MONSTAD, T. 1979. Loddeundersøkelser i Barentshavet i høsten 1978. Fisken Hav., 1979 (1):17-30.
- DOMMASNES, A., & RØTTINGEN, I. 1977. Loddeundersøkelser - Barentshavet i september-oktober 1976. Fisken Hav., 1977 (2):47-59.
- EIDE, P., HELLE, G. & KNUDSEN, H.P. 1975. Presentasjon av datasystemet på F/F "Johan Hjort". Fiskets Gang, 61:754-757.
- FOOTE, K.G. 1978. Analysis of empirical observations on the scattering of sound by encaged aggregations of fish. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 16:422-455.
- FOOTE, K. G. under trykking. Averaging of fish target strength functions. Under trykking i J. Acoust. Soc. Am.

- FOOTE, K.G. & NAKKEN, O. 1978. Dorsal aspect target strength functions of six fishes at two ultrasonic frequencies. Fisken Hav. Ser. B., 1978 (3):96 s.
- FORBES, S.T. & NAKKEN, O. 1972. Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2. The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation. FAO Man. Fish. Sci. (5):138 pp.
- FUREVIK, D.M. 1976. Beskrivelse av adferd i gyteperioden og undersøkelser på de tidlige stadier hos sild i Lindåspollene. Hovedoppgave i fiskeribiologi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetet i Bergen.
- GERHARDSSEN, T.S., BORUD, A., PETERSEN, P. & SØRLAND, J.M. 1968. A systematic approach to the selection of acoustic fish-detection instruments for fishery research vessels. Presentert på "2. FAO Technical Conference on Fishery Research Craft," Seattle, 1968. 34 s.
- GUNDERSEN, K.R. 1953. Zooplankton investigations in some fjords in Western Norway during 1950-1951. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. X (6):1-54.
- HODGES, J.L. Jr. & LEHMANN, E.L. 1970. Basic concepts of probability and statistics. Holden-Day, 1970: 441 pp.

- JOHANNESSEN, K.A. & LOSSE, G.F. 1977. Methodology of acoustic estimations of fish abundance in some UNDP/FAO Resource survey projects. Rapp. P.-v.Réun. Cons. int. Explor. Mer, 170:296-318.
- LEHMANN, E.L. 1975. Nonparametrics: Statistical methods based on ranks. MC. Graw-Hill, Book Company, New York, 1975:457 pp.
- LINDEM, T. 1978. Utviklingen av et ekkolodd til mengdebestemmelse av fisk. Hovedfagsoppgave i elektronikk, Universitetet i Oslo. Upublisert. Deponert ved Universitetsbiblioteket i Oslo, 71 s.
- LINDQUIST, A. 1964. Zur Fischereihydrographie der Spratte (Clupea sprattus) an der Schwedischen Westküste. Inst. Mar. Res. Lysekil Biol. Report 1964 (15):1-88.
- LJØEN, R. 1962. Om hydrografiske forhold i Skagerak og den nordøstlige del av Nordsjøen, og deres betydning for fordelingen av brislingegg og yngel. Fisken Hav., 1962 (1):15-23.
- LOZOW, J.B. 1977. The role of confidence intervals in the application of hydroacoustic techniques for biomass estimates. Rapp. P.-v.Réun. Cons. int. Explor. Mer, 170:214-218.
- Mc.CARTNEY, B.S. & STUBBS, A.R. 1971. Measurements of the acoustic target strengths of fish in dorsal aspect, including swimbladder resonance. J. Sound. Vib., 15:397-420.

MIDTTUN, L. & NAKKEN, O. 1971. On acoustic identification, sizing and abundance estimation of fish. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. 16(1):36-48.

MIDTTUN, L. & NAKKEN, O. 1977. Some results of abundance estimation studies with echo integrators. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 170:253-258.

MOOSE, P.H. & EHRENBURG, J.E. 1971. Variance of the abundance estimate obtained with an echo integrator. J. Fish. Res. Board Can. 28(9): 1293-1301.

MONSTAD, T. & RØTTINGEN, I. 1977. Loddeundersøkelser i Barentshavet i september-oktober 1977. Fisken Hav., 1977 (3):13-28.

NAKKEN, O. & OLSEN, K. 1977. Target strength measurements of fish. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 170:52-69.

RØTTINGEN, I. 1976. On the relation between echo intensity and fish density. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. 16:301-314.

SUND, O. 1911. Undersøkelser over brislingen i norske farvand. Aarsberetn. Norg. Fisk. 1919: 357-474.

SVENDSEN, H. & UTNE, N. 1973. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Hardangerfjordprosjektet. Preliminær rapport 2-73. Geofysisk Institutt, avd. A, Universitetet i Bergen. Upublisert.

- SÆLEN, O.H. 1962. The natural history of the Hardangerfjord. 3. The hydrographical observations 1955-1956. Tables of observations and longitudinal sections. Sarsia 6:1-25.
- URICK, R.J. 1967. Principles of underwater sound for engineers. McGraw-Hill Book Company, New York. 342 s.
- VESTNES, G. & NAKKEN, O. 1970. Ekkointegratoren, et apparat for å måle fisketetthet. Fiskets Gang 56 (51):932-936.
- WIBORG, K.F. 1971. Investigations on euphausiids in some fjords on the West Coast of Norway in 1966-1969. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 16(1):10-35.
- WIDERØE, B. 1956. Vekslinger i vannmassene i Nordfjord. Hovedoppgave i oseanografi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetsbiblioteket i Bergen (101 s).
- ZAR, J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice-hall inc., N.J.1974. 620 s.

APPENDIX A

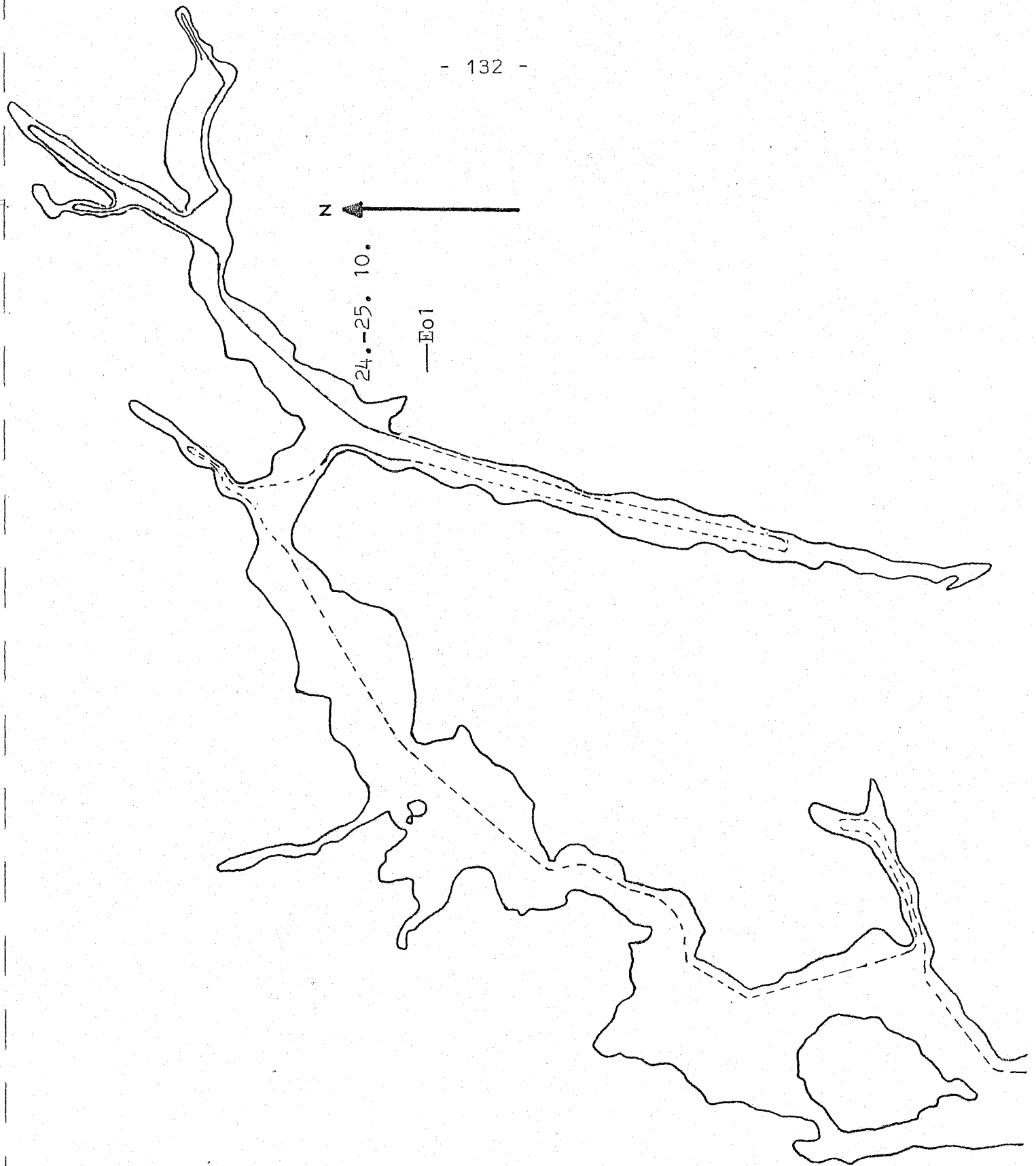
Kart som viser kursnett for de akustiske toktene med F/F "Peder Rønnestad" i Hardanger og Nordfjord i perioden oktober 1977 til mars 1978, med M/B "Hans Reusch" i Lindåspollene i september og oktober 1977 og med M/S "Daffy" i Lindåspollene i mars 1978.

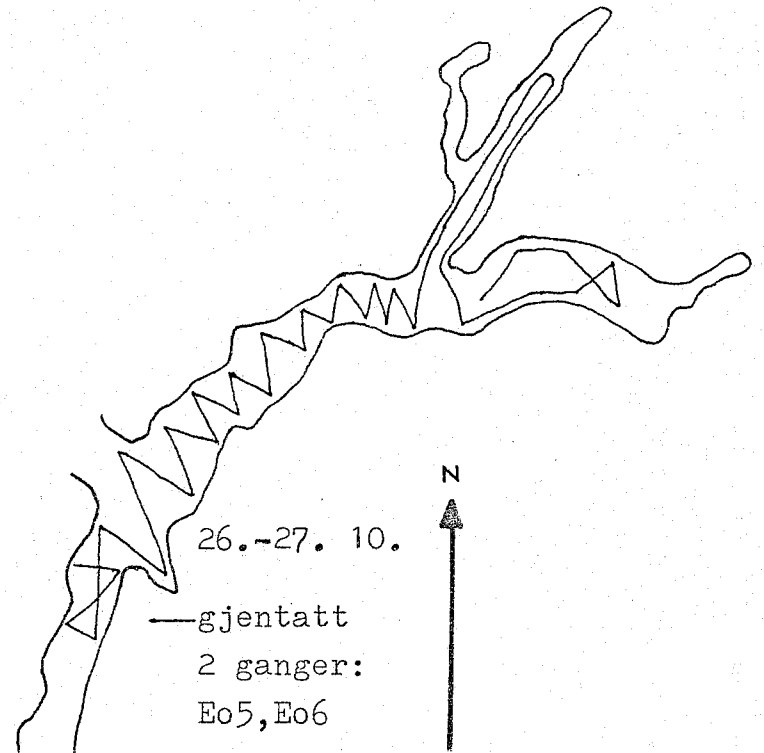
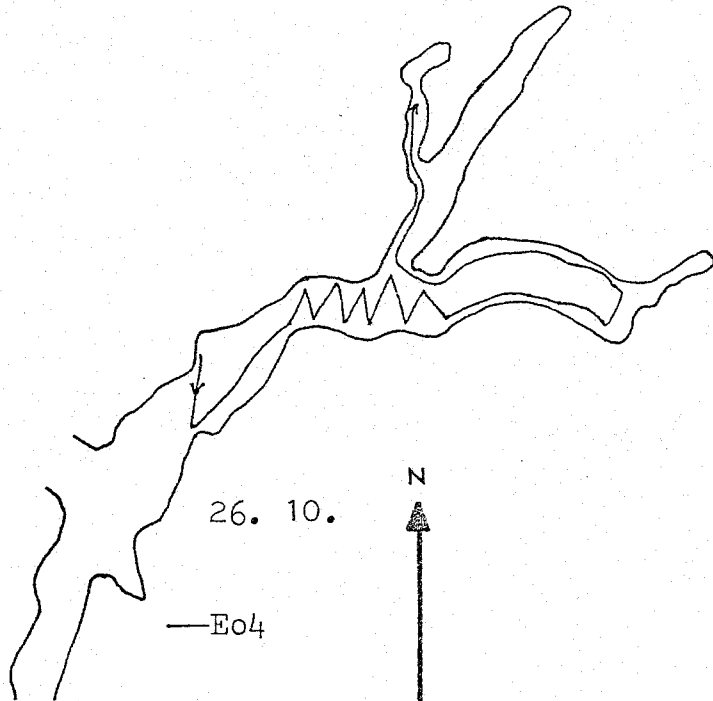
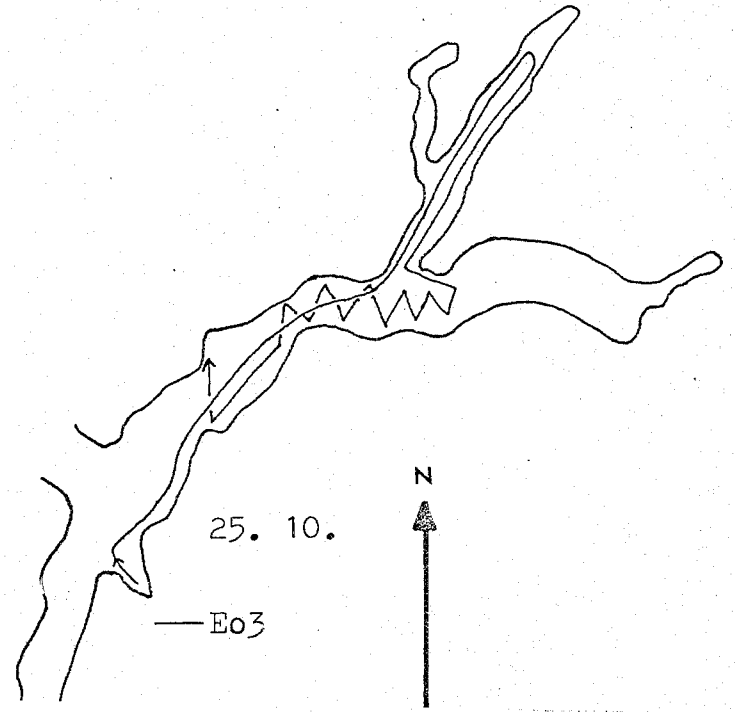
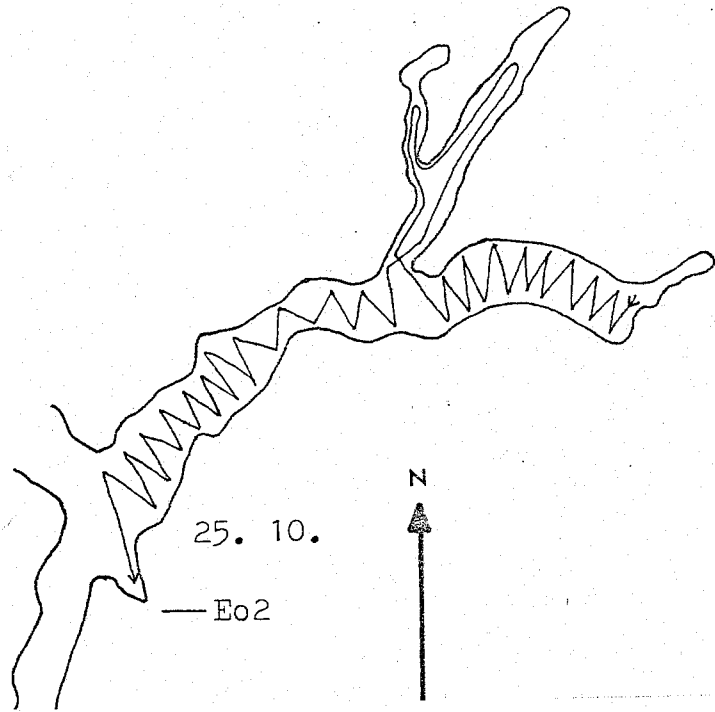
Dato og betegnelse for dekningene er angitt på kartene.

E = Eidfjord, S = Samlafjord, N = Nordfjord, o = oktober, n = november, d = desember, j = januar, f = februar, m = mars.

Målestokk: Hardanger og Nordfjord; 1:300 000
 Lindåspollene; 1:25 000.

Kunne spørsmål med tilsette på figur

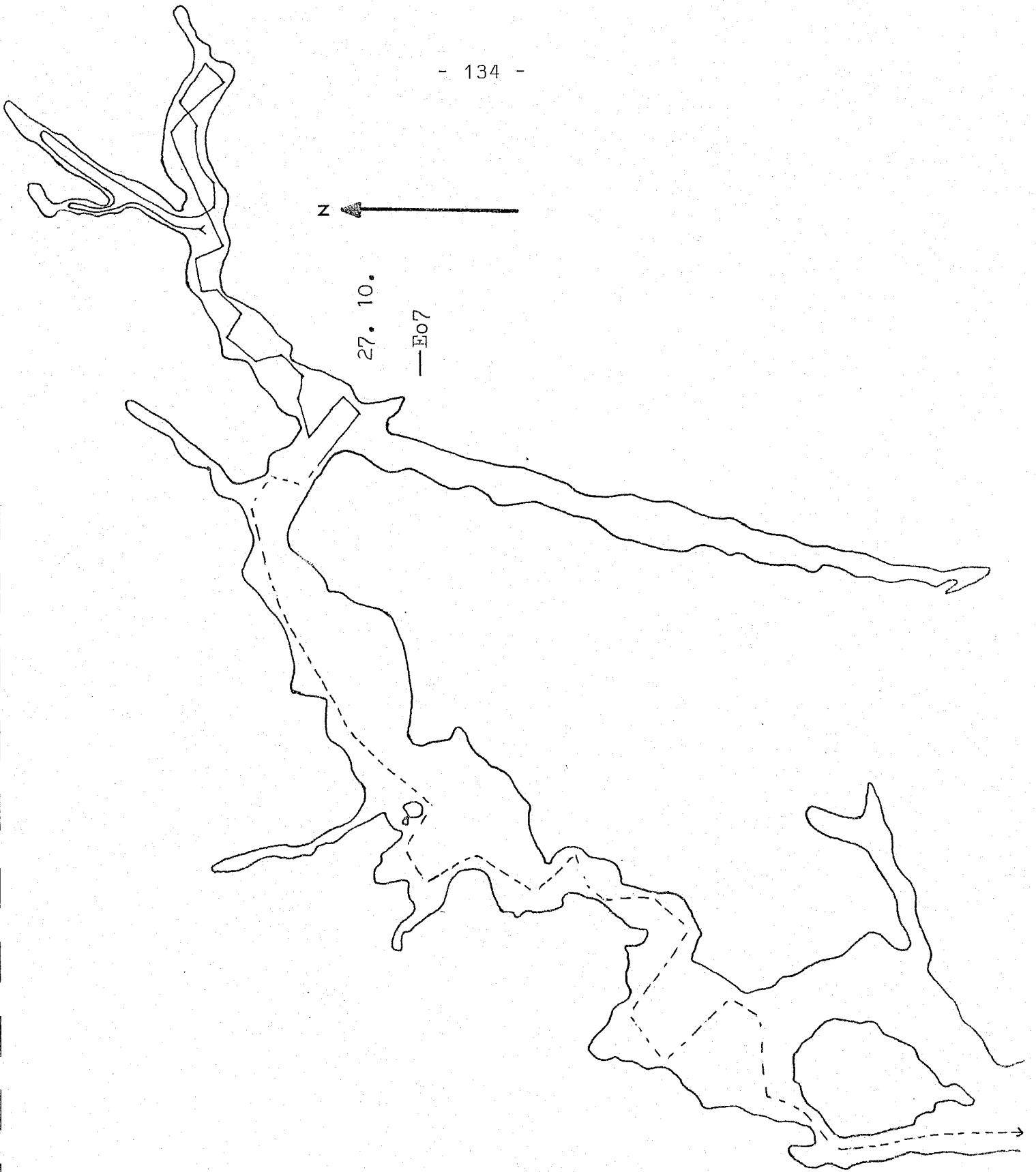






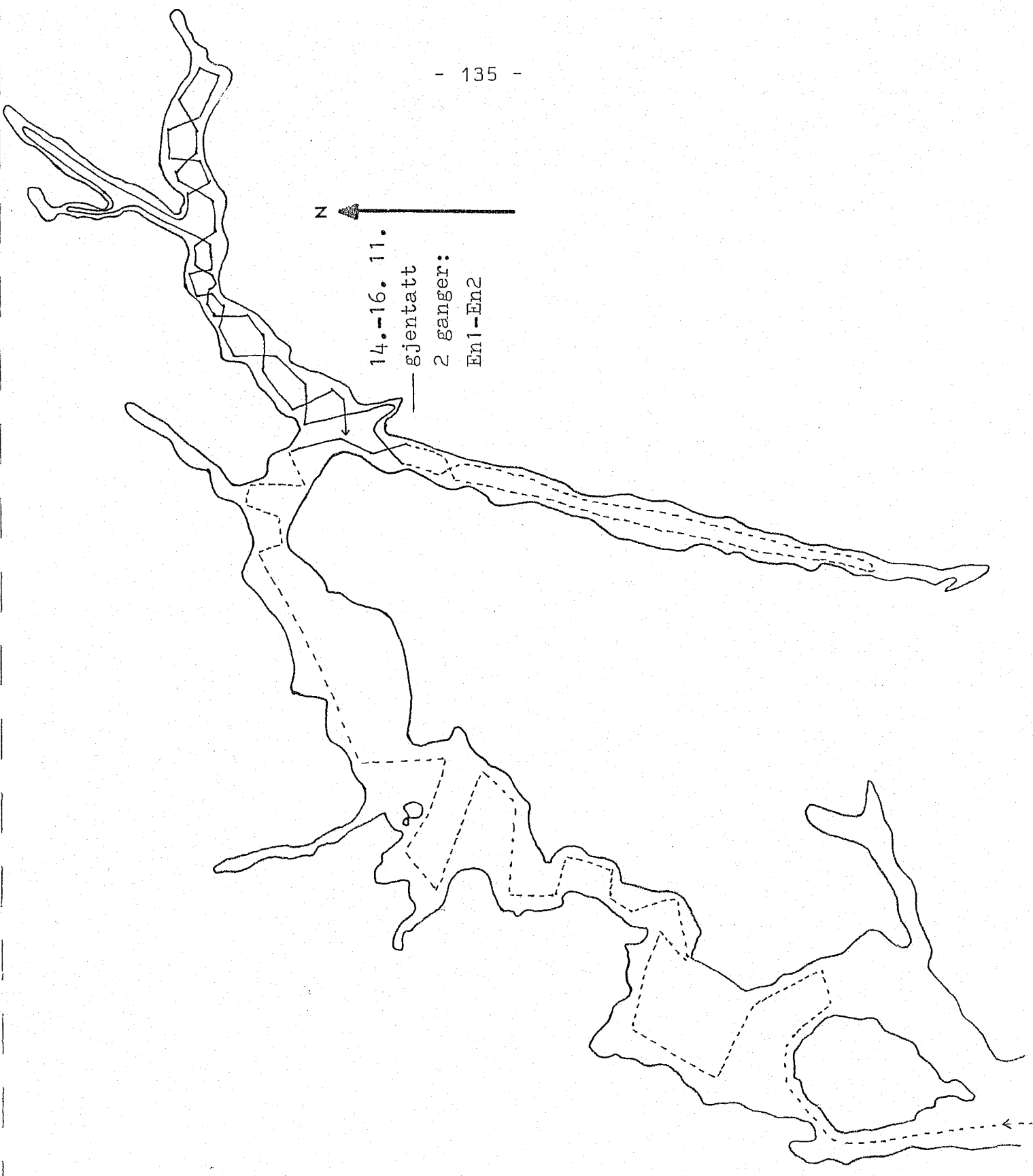
27. 10.

—Eo7



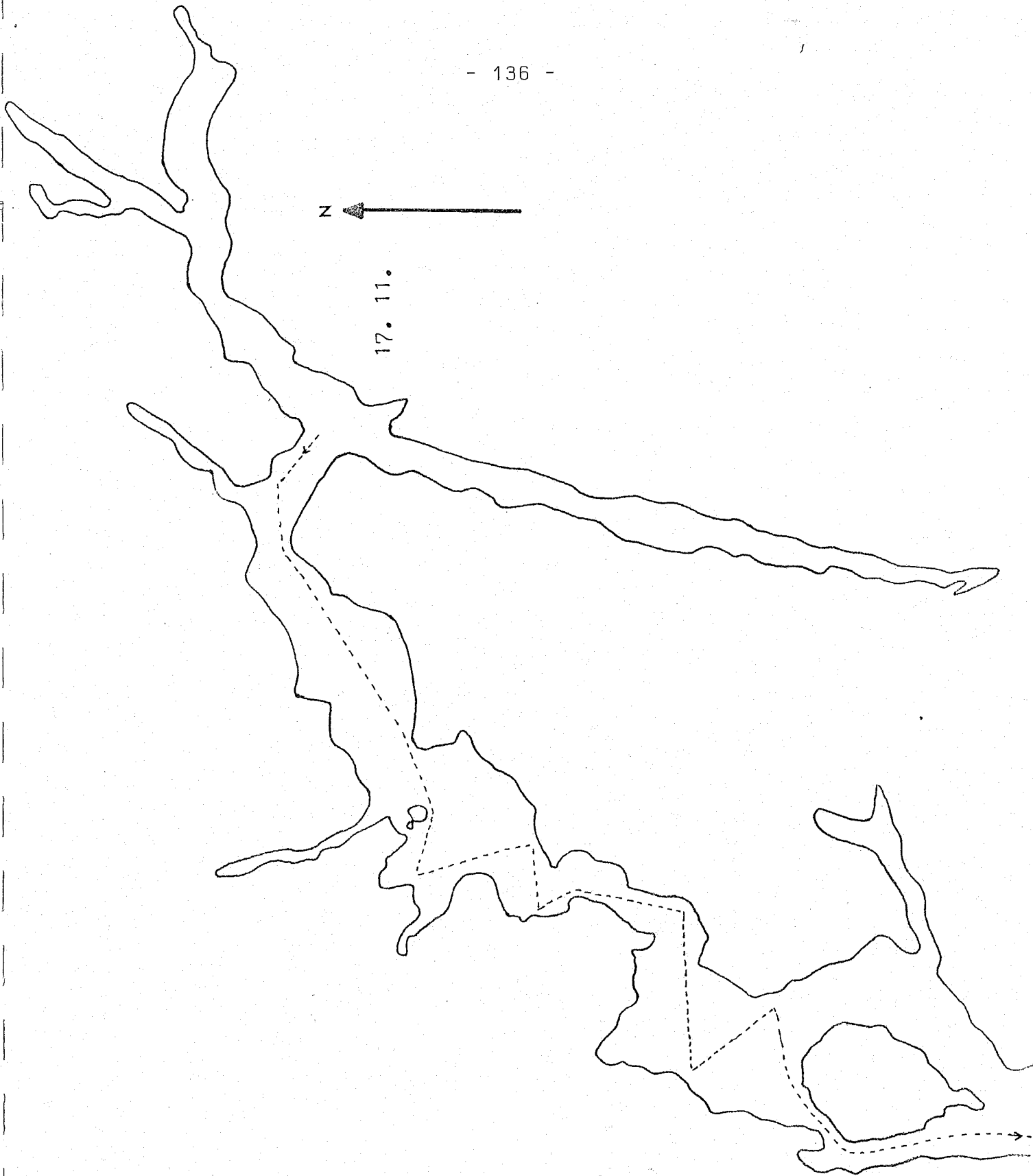


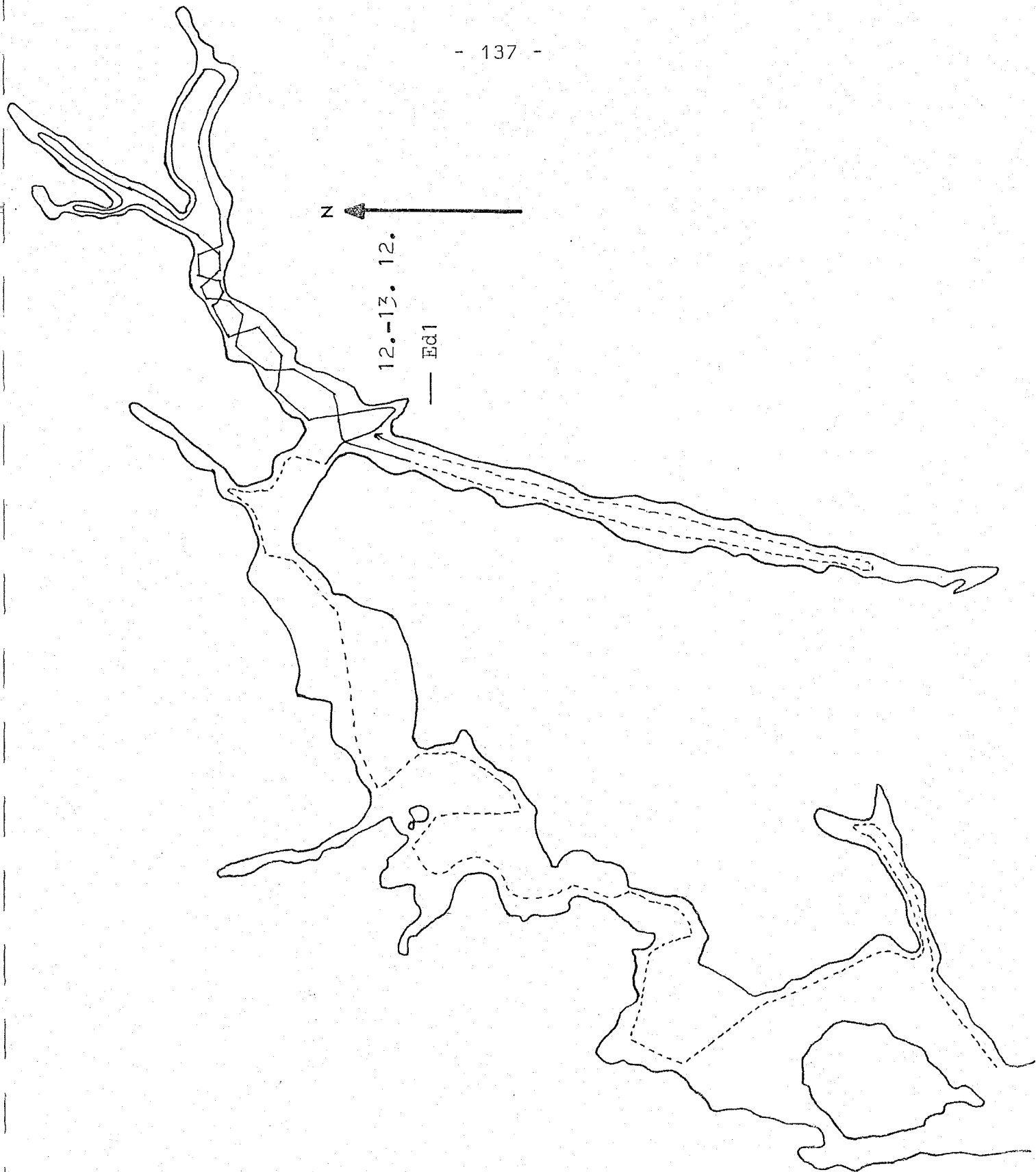
14.-16. 11.
gjentatt
2 ganger:
En1-En2





17. 11.





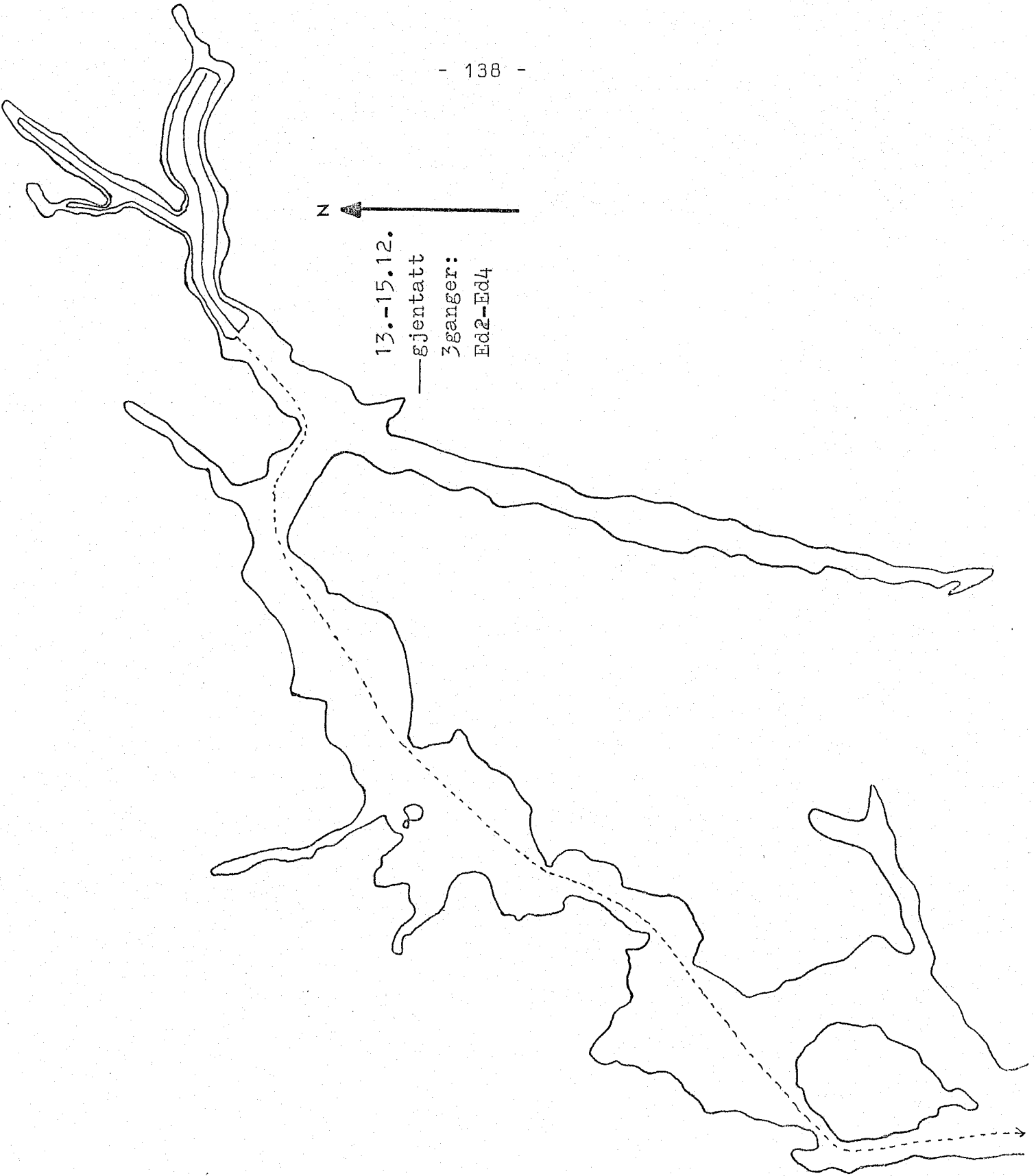


13.-15.12.

— gjentatt

3ganger:

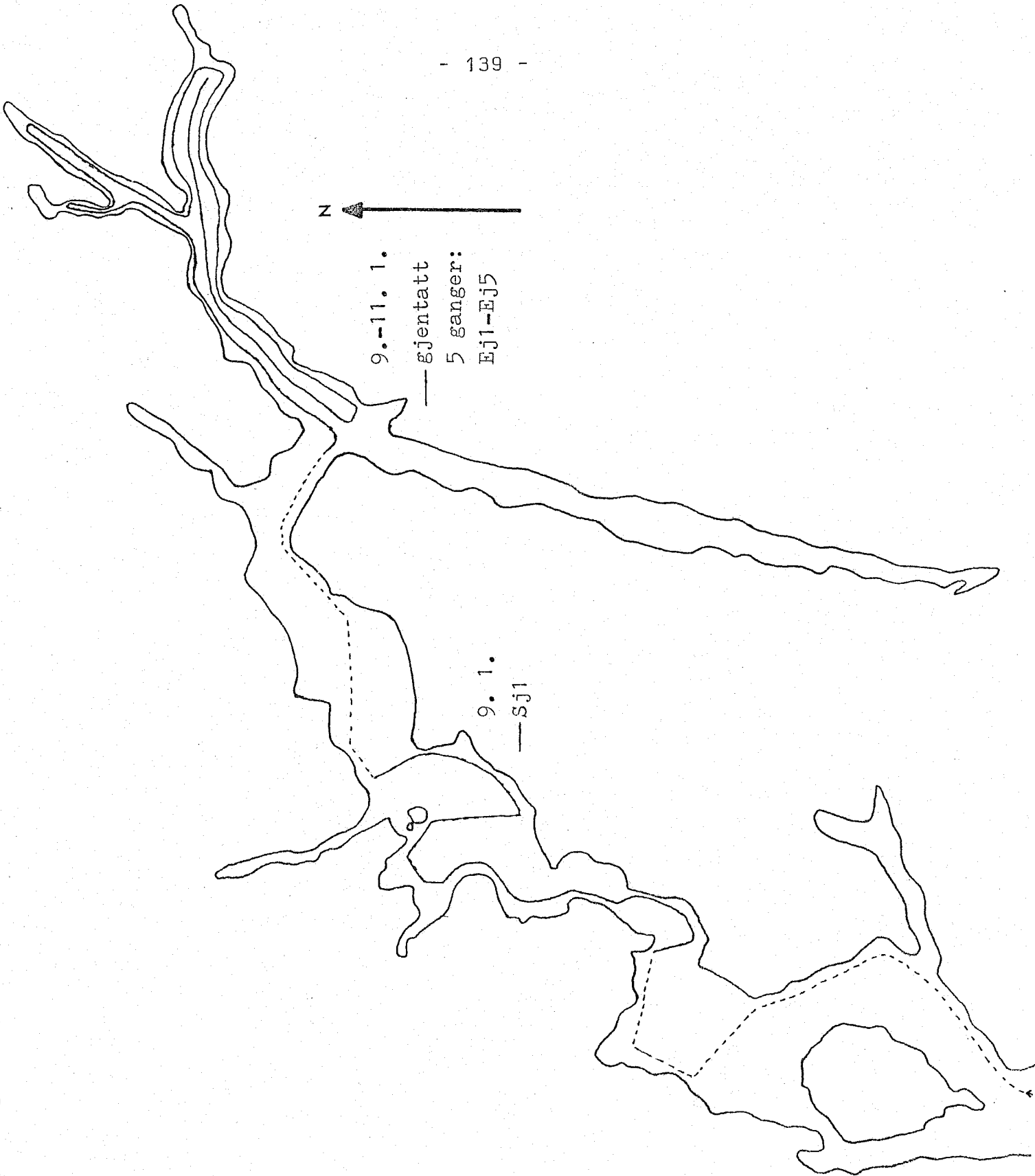
Ed2-Ed4





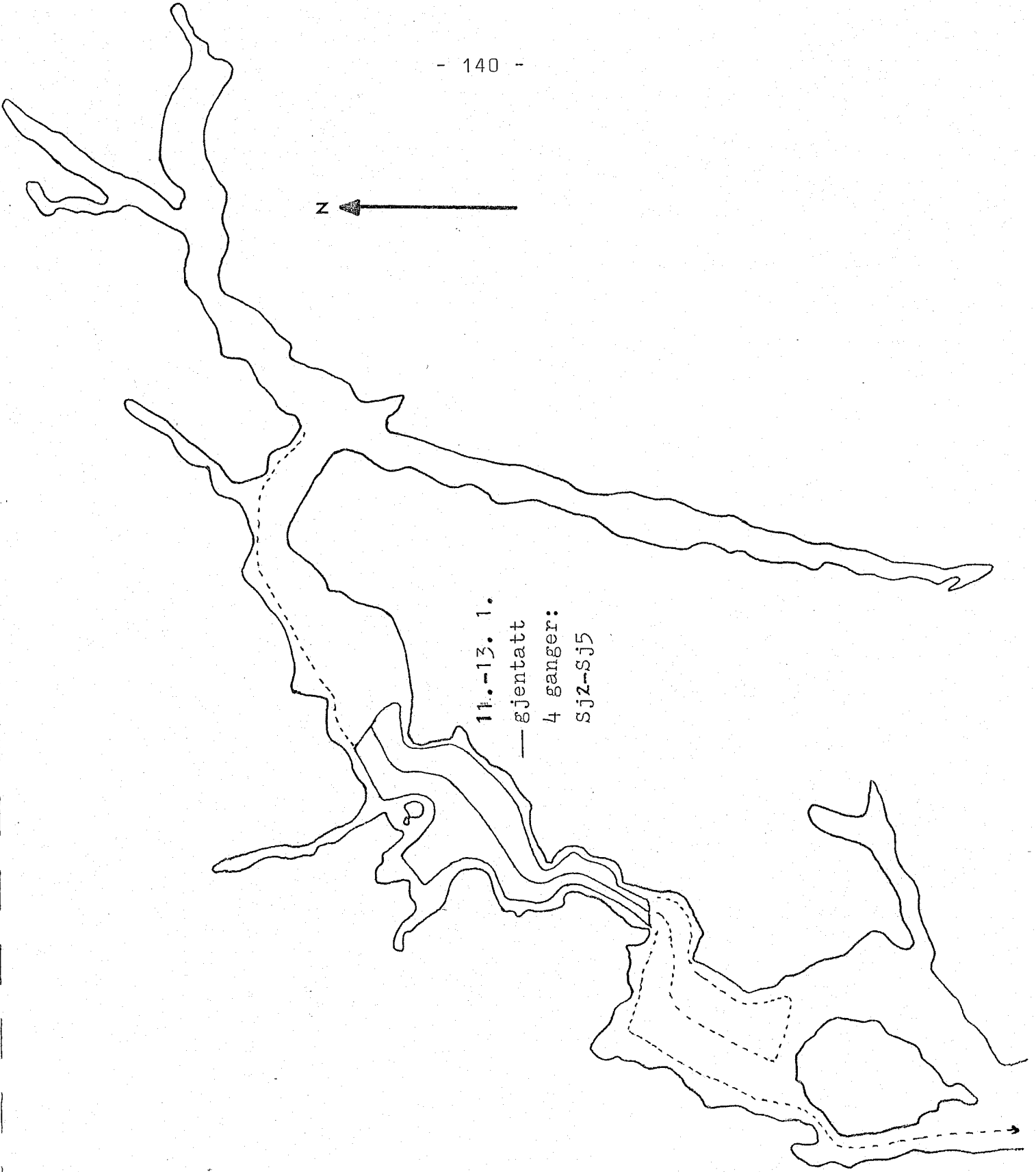
9.-11. 1.
— gjentatt
5 ganger:
Ej1-Ej5

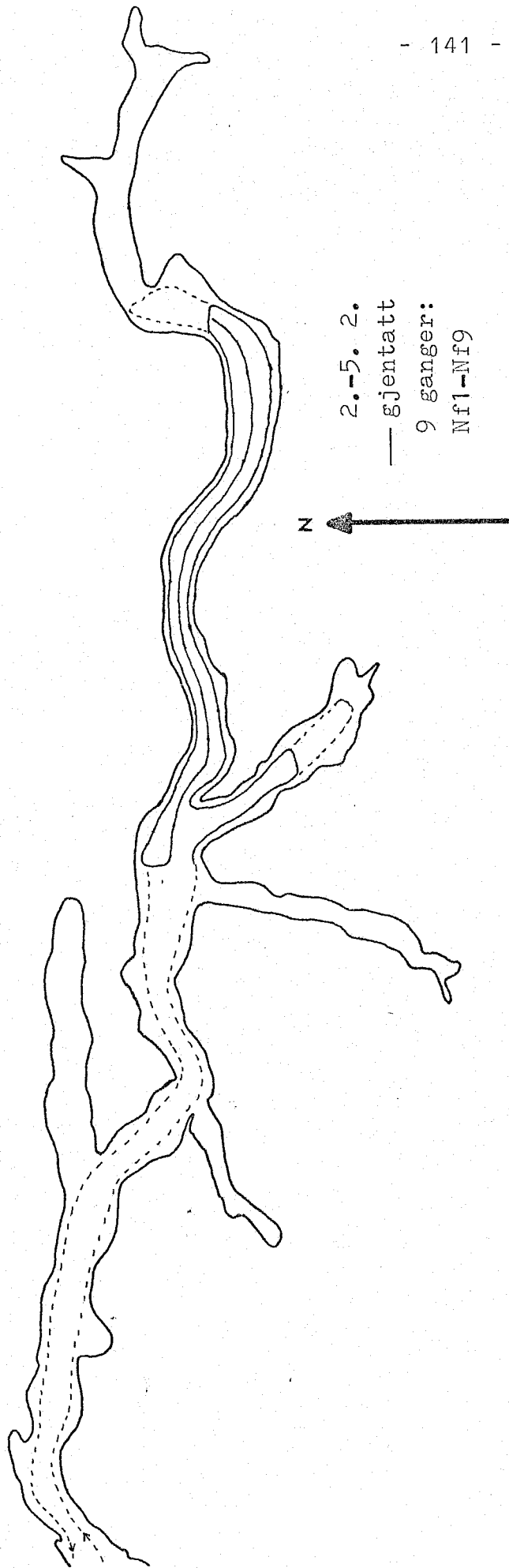
9. 1.
— Sj1

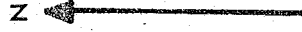




11.-13. 1.
— gjentatt
4 ganger:
SJZ-SJ5

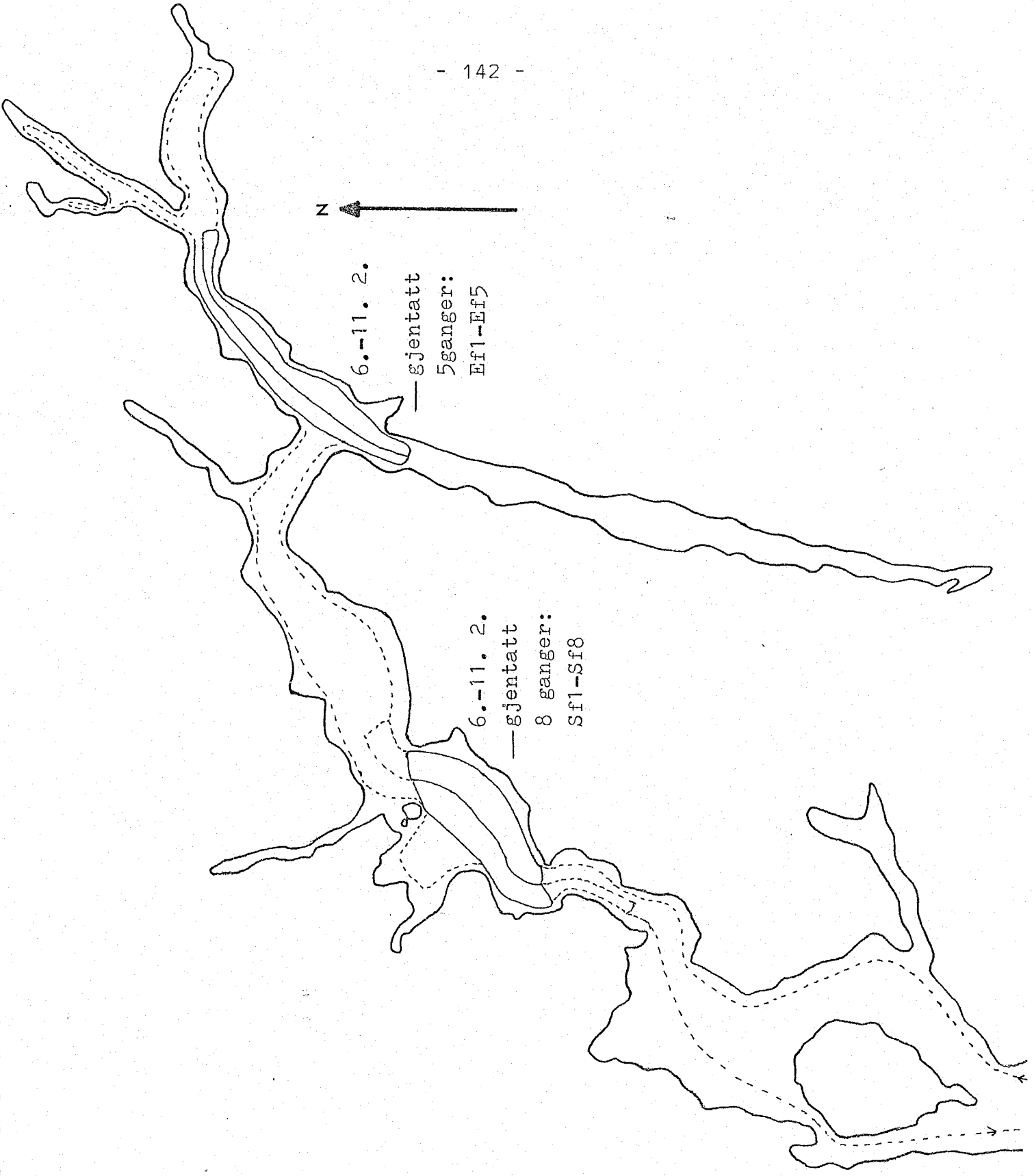


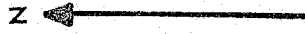




6.-11. 2.
— gjentatt
5 ganger:
Ef1-Ef5

6.-11. 2.
— gjentatt
8 ganger:
Sf1-Sf8





29. 3.

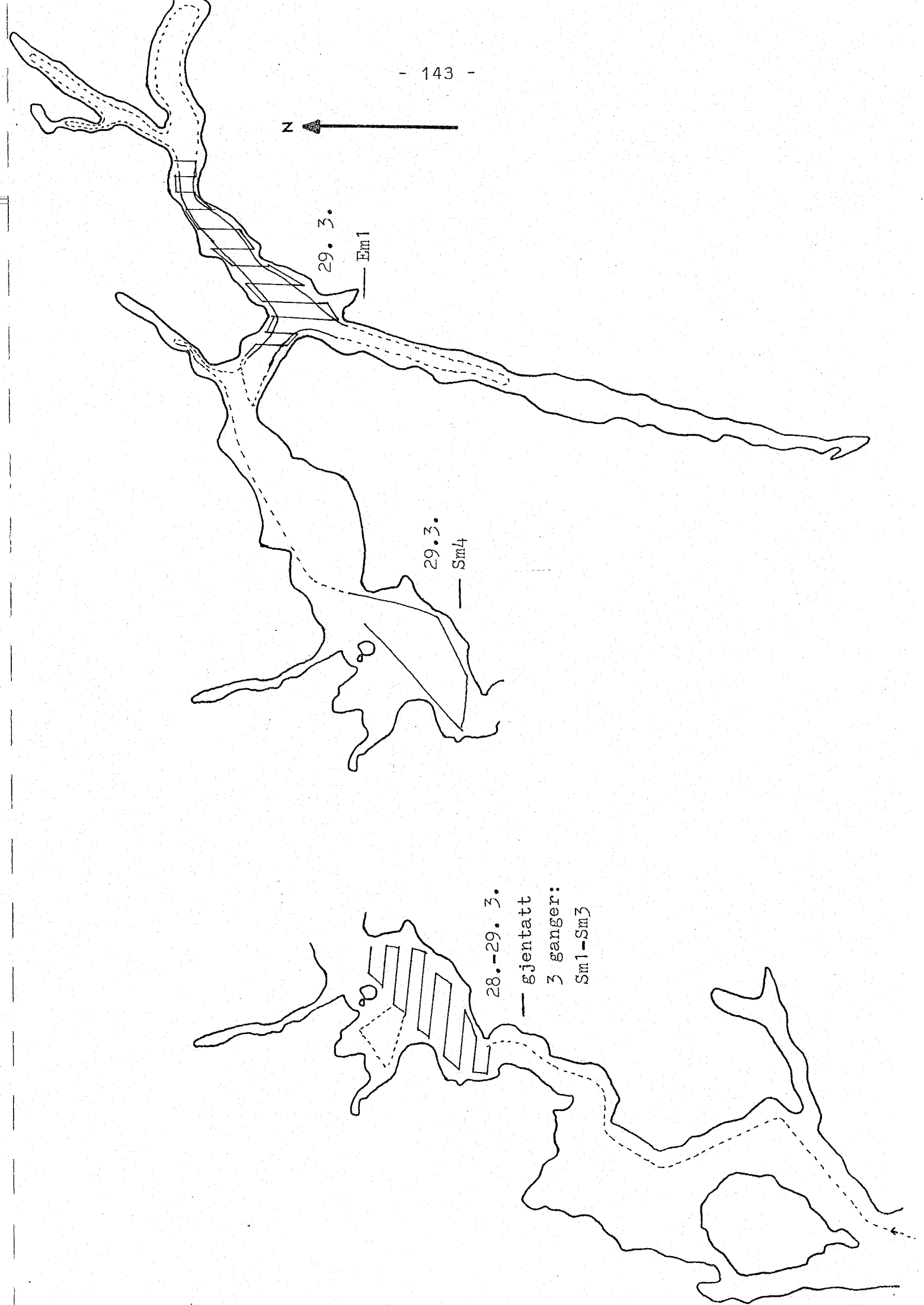
— Em1

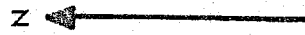
29. 3.

— Sm4

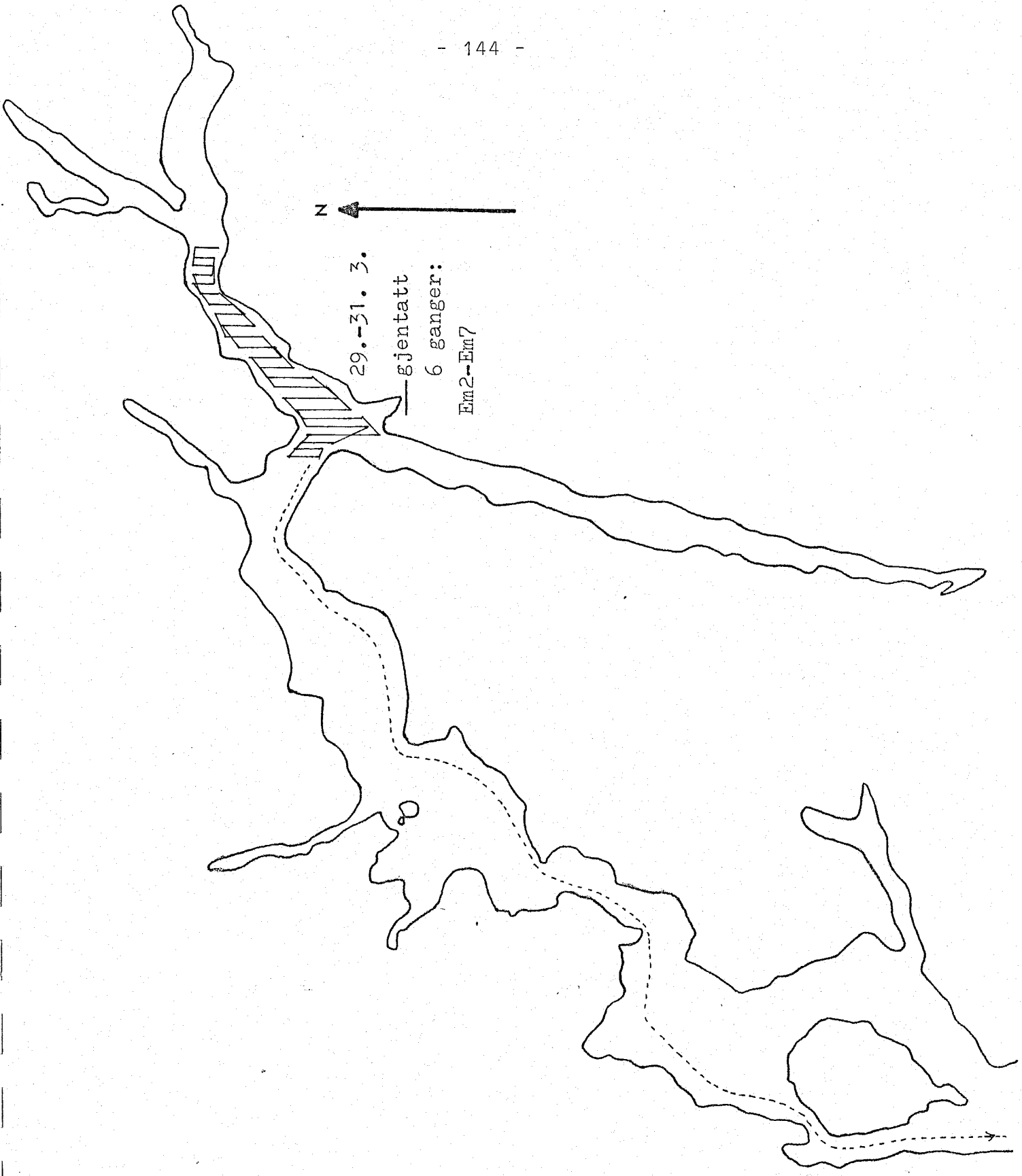
28.-29. 3.

— gjentatt
3 ganger:
Sm1-Sm3

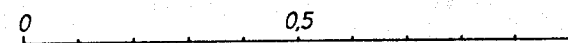




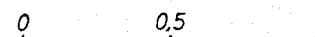
29.-31. 3.
— gjentatt
6 ganger:
Em2-Em7



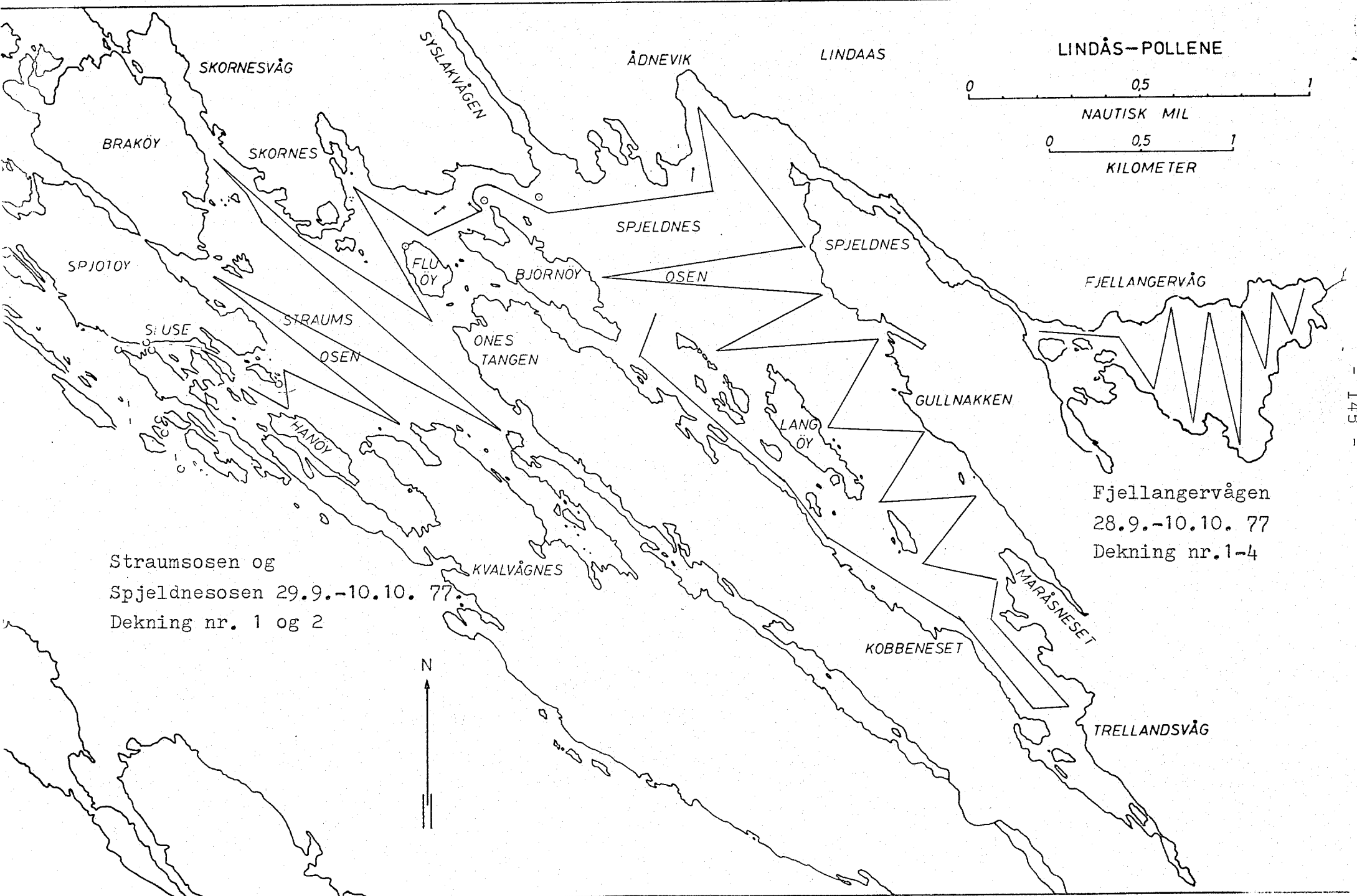
LINDÅS-POLLENE



NAUTISK MIL

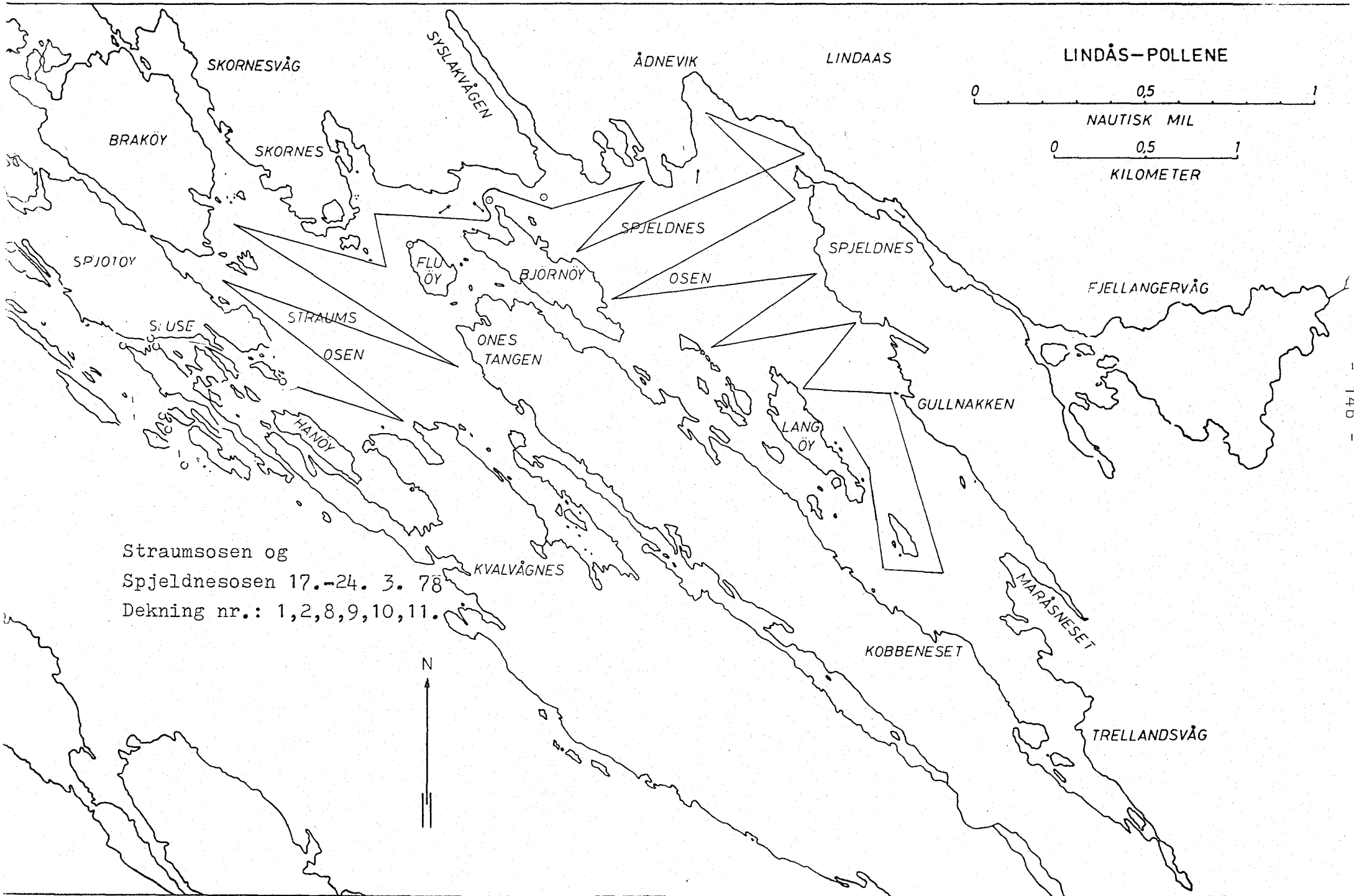


KILOMETER

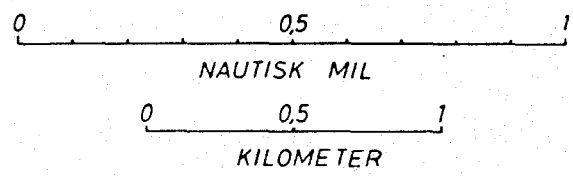


Straumsosen og
Spjeldnesosen 29.9.-10.10. 77.
Dekning nr. 1 og 2

Fjellangervågen
28.9.-10.10. 77
Dekning nr.1-4



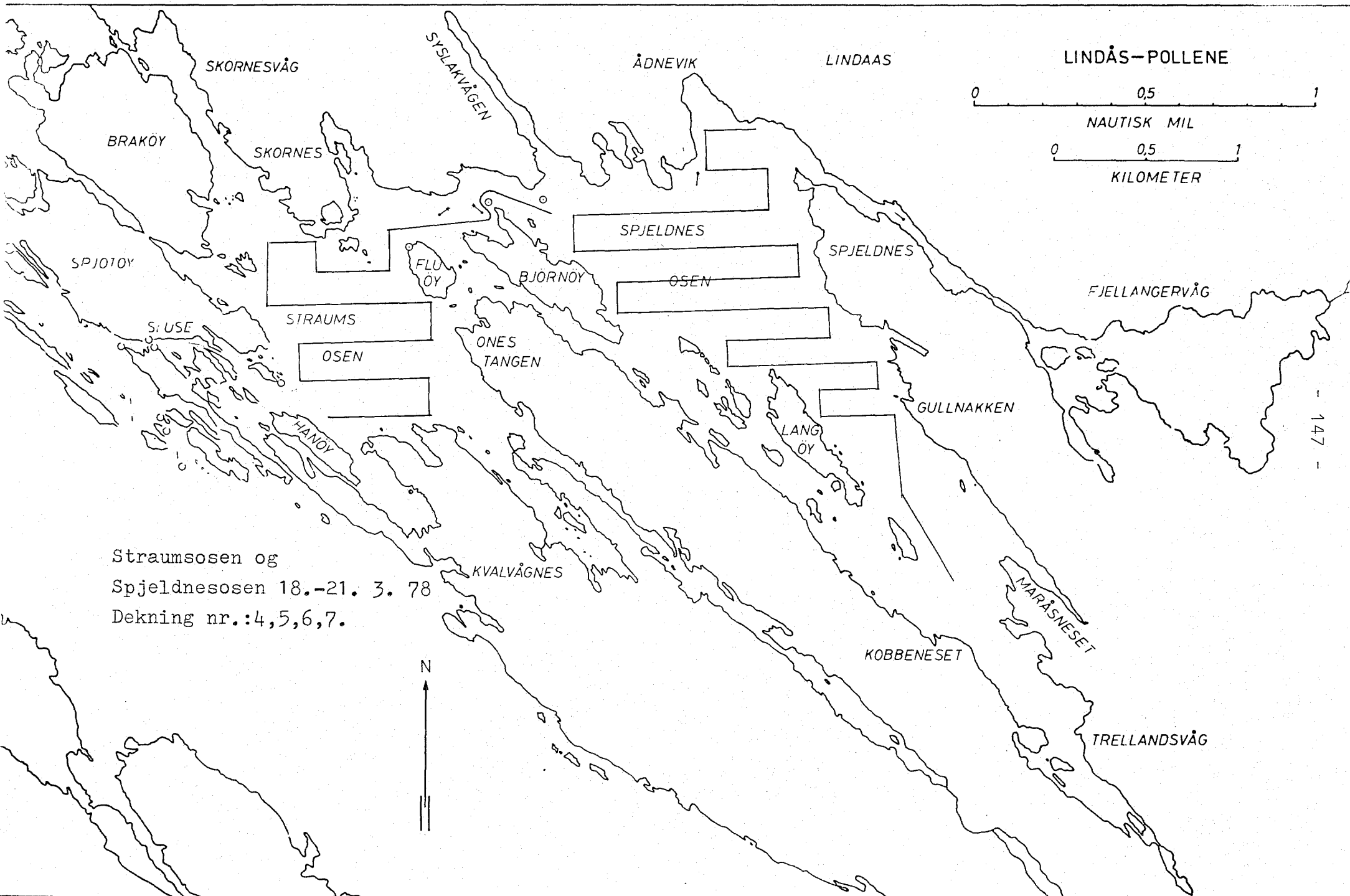
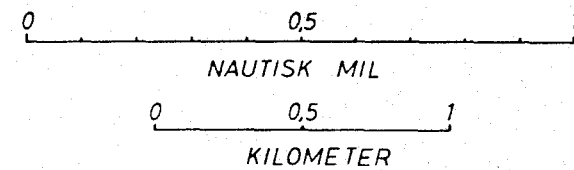
LINDÅS-POLLENE



Straumsosen og
 Spjeldnesosen 17.-24. 3. 78
 Dekning nr.: 1,2,8,9,10,11.

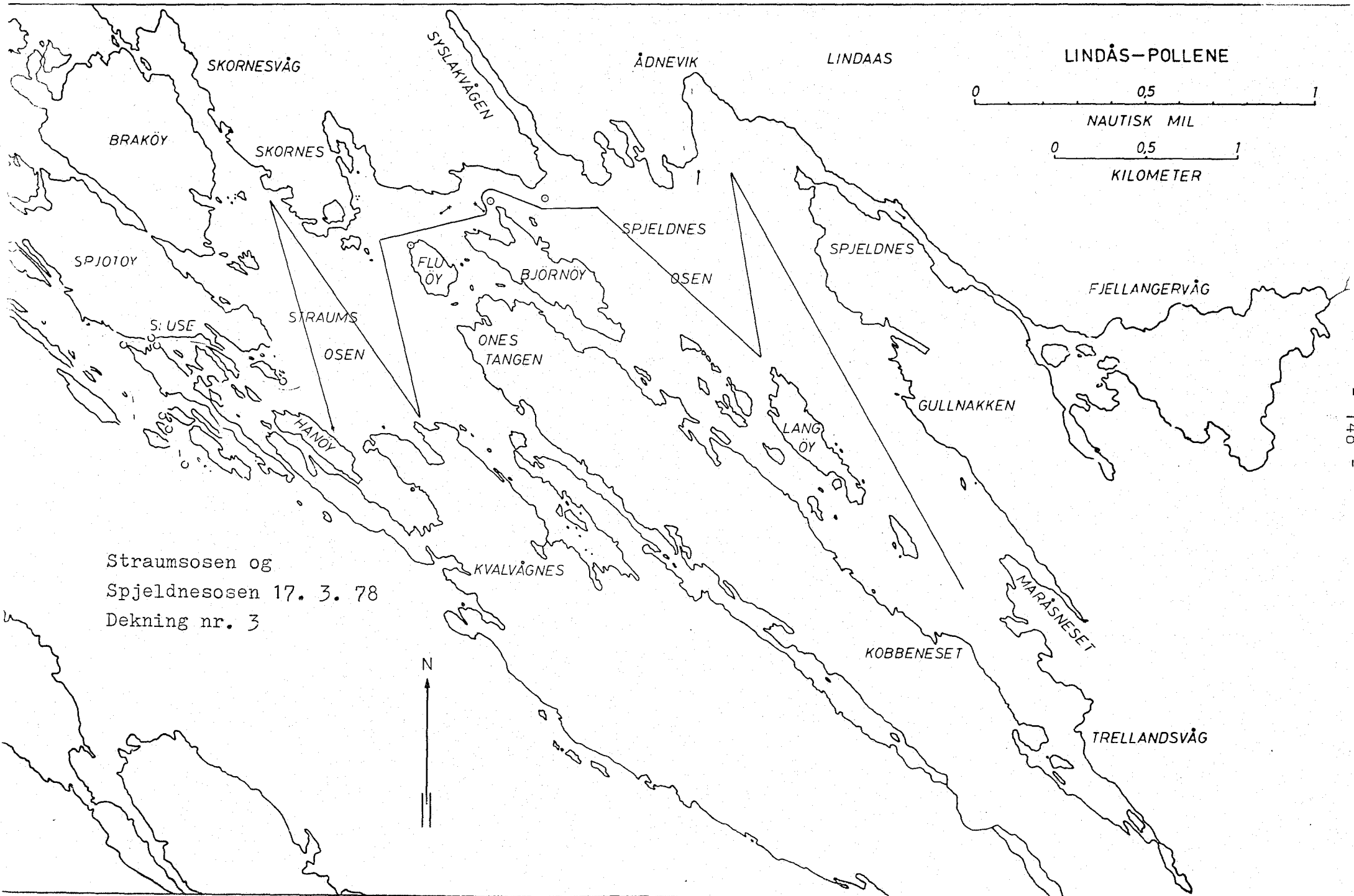


LINDÅS-POLLENE



Straumsosen og
Spjeldnesosen 18.-21. 3. 78
Dekning nr.:4,5,6,7.





LINDÅS-POLLENE

0 0,5 1

NAUTISK MIL

0 0,5 1

KILOMETER

Straumsosen og
Spjeldnesosen 17. 3. 78
Dekning nr. 3



APPENDIX B

Tabeller over integrert ekkomengde ved alle utgangsdekninger og alle dekninger konstruert ut fra disse. Dekningsgraden angir forholdet mellom antall utseilte nautiske mil og kvadratroten av det undersøkte areal målt i (nautiske mil)².

Tabell 1. Brisling i Hardangerfjorden og Nordfjord i perioden oktober 1977 - mars 1978. E=Eidfjord, N=Nordfjord, o=oktober, n=november, j=januar, f=februar, m=mars.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	Gjennomsnittlig integratorveri (mm/naut.mil)								
		N A T T			D A G					
		Eo1 24-25.10.	Eo5 26-27.10.	Eo2a ¹⁾ 25.10.	Eo2b ¹⁾ 25.10.	Eo3 25.10.	Eo4 26.10.	Eo6a ¹⁾ 27.10.	Eo6b ¹⁾ 27.10.	Eo7 27.10.
25 n.mil	5,0	0,4	1,2	9,5	5,0	4,5	12,4	5,9	8,1	6,8
15 "	3,0	0,4 0,3	1,1 0,9 0,9	8,8 13,2	1,8	1,3 6,8	5,6 14,5	9,6 7,2	6,3 5,3	7,9
10 n.mil	2,0	0,4 0,6 0,3	1,2 1,0 1,0 1,2 1,1	8,0 26,0 3,0	14,0 3,0	11,5 4,2	3,0 12,6	0,8 6,3	2,3 8,9 12,1	4,7 7,6 9,5 7,0
5 n.mil	1,0	2,0 0 2,0 0 0 0	1,4 1,4 1,6 1,4 2,0 1,2 1,8 1,6	16,0 28,0 4,0 4,0 0	0 24,0 2,0 24,0 6,0	3,6 19,4 5,0 3,4 4,0	4,0 2,6 14,4 10,8 12,4	0,2 1,4 12,2 0,4 2,0	2,6 13,4 4,4 18,5 5,6	5,0 4,4 13,6 1,6 15,0 3,8

1) Utgangsdekningene i oktober hadde varierende dekningsgrad. For å få lik dekningsgrad er like mange nautiske mil fra hver utgangsdekning benyttet. Dekning nr. Eo2 og Eo6 har derfor gitt to 25-mils dekninger hver.

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T	
		En1 15-16.11	En2 17.11
Hver kurs	10,6	2,5	2,1
2.hver kurs	5,2	1,8	1,9
		2,2	2,0
4.hver "	2,6	1,5	2,4
		2,0	1,5
		2,2	2,4
		2,2	1,6
8.hver "	1,4	1,6	3,1
		1,4	1,5
		1,5	1,6
		3,0	1,2
		1,4	3,2
		3,1	1,7
		2,1	1,7
		2,4	1,4

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T				D A G	
		Ej1 9-10.1	Ej3 10-11.1	Ej4 11.1	Ej6 11.1	Ej2 10.1	Ej5 11.1
Hver n.mil	10,0	5,6	6,4	5,2	4,8	25,6	12,1
2.hver "	5,0	7,3 3,3	3,5 8,8	6,7 6,5	5,8 3,7	25,3 24,9	10,3 13,7
4.hver "	2,4	2,6 5,2 4,0 9,3	1,3 4,1 16,3 2,9	1,8 5,8 6,5 6,9	3,6 2,8 8,1 4,7	18,7 27,4 41,5 4,2	5,0 15,8 23,1 5,2
		Sj1 9.1	Sj3 11-12.1	Sj4 12.1	Sj5 12-13.1	Sj2 12.1	
Hver n.mil	5,8	3,1	3,3	4,0	3,2	17,7	
2.hver "	3,1		3,2 3,4	4,2 3,7	3,0 3,5	13,3 23,0	
4.hver "	1,5		4,7 3,6 2,1 2,8	4,4 5,6 3,0 2,8	3,4 2,3 2,6 4,6	36,0 14,1 9,9 12,5	

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T					D A G			
		Nf2 2.2	Nf3 2-3.2	Nf6 3.2	Nf7 3-4.2.	Nf9 4.2	Nf1 2.2.	Nf4 3.2.	Nf5 3.2.	Nf8 4.2.
Hver n.mil	11,1	8,1	6,4	8,8	6,5	6,4	36,5	46,3	52,1	17,5
2.hver "	5,6	9,1	8,0	6,4	7,3	6,3	51,4	19,9	22,9	15,1
		7,3	4,7	11,2	6,6	6,3	52,7	73,4	78,9	20,1
4.hver "	2,8	10,6	6,2	4,8	5,3	82,9	10,2	29,1	8,4	
		10,0	3,2	14,7	7,4	4,7	43,7	26,3	131,2	14,6
		7,5	9,7	7,9	7,8	7,2	19,9	28,6	16,6	21,7
		4,5	6,2	7,5	5,7	7,9	61,6	120,4	26,6	26,1

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T						D A G		
		Sf1 6.2	Sf2 8.2	Sf3 8.2	Sf4 8.2	Sf5 8.2	Sf8 10.2	Sf6 9.2	Sf7 9.2	
Hver n.mil	5,0	4,4	4,7	4,6	4,7	4,3	6,5	46,2	46,6	
2.hver "	2,5	3,6 5,1	4,5 4,9	4,7 4,5	4,9 4,4	4,3 4,2	5,9 7,1	40,3 52,8	37,1 62,7	
3.hver "	1,8	5,5 4,3 3,7	3,9 2,9 7,7	5,1 4,3 3,9	4,4 5,9 4,0	3,6 5,3 3,9	4,3 8,6 7,0	46,7 56,7 50,6	54,6 38,3 43,1	
		Ef2 7-8.2	Ef3 8.2					Ef1 7.2	Ef4 8.2	Ef5 8.2
Hver n.mil	8,2	1,7	1,0					16,1	13,1	11,1
2.hver "	4,2	1,9 1,4	1,3 0,9					15,4 17,2	11,8 15,2	9,7 13,5
3.hver "	2,8	2,0 1,2 1,8	1,2 1,2 1,0					18,5 8,9 19,9	18,4 10,9 11,2	11,6 9,9 13,3

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T			D A G			
		Em1	Em4	Em6	Em2	Em3	Em5	Em7
		29-30.3	30-31.3	29-30.3	30.3	30.3	31.3	31.3
Hver kurs	15,5	5,3	6,1	4,4	20,4	18,4	15,3	14,5
2.hver "	7,7	3,9 6,9	5,9 6,4	4,3 4,6	15,4 25,7	25,7 11,3	14,9 15,6	12,4 17,8
4.hver "	3,9	4,3 3,4 7,4 6,3	5,3 6,5 7,8 4,9	4,6 4,1 7,4 6,4	14,9 15,9 25,6 24,4	10,2 11,5	17,6 11,9 19,1 11,9	13,3 11,5
8.hver "	1,9	5,1 3,6 6,6 7,6	8,2 6,8 4,1 6,6	8,4 6,8 3,9 5,3	7,0 22,9 27,0 31,9	15,2 4,6	9,5 17,7 15,4 14,6	15,4 19,5 20,1 18,0
16.hver "	1,1	4,3 5,8 6,5 6,8 13,3 4,3	2,8 6,3 3,7 14,7 4,5 3,0	4,6 10,3 4,5 9,3	10,5 2,3 13,2 44,3	15,3 12,0 6,4 14,7	20,0 9,3 24,6 12,7	24,5 9,3 20,8 18,3

Tabell 1. forts.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	N A T T			
		Sm1 28.3	Sm2 28-29.3	Sm3 29.3	Sm4 29.3
Hver kurs	6,8	1,2	1,5	2,0	1,4
2.hver "	3,8	1,5 1,0	1,4 1,7	2,2 1,7	1,3 1,5
4.hver "	2,0	1,2 0,8 1,3 1,9	1,5 1,0 2,4 1,3	2,1 2,6 1,1 2,0	
8.hver "	1,0	0,6 0,8 0,6 1,3 1,8 0,8 2,3 2,3	1,4 1,3 2,7 1,7 1,7 0,8 2,3 1,0	2,5 3,0 1,1 1,0 1,8 2,3 1,0 2,8	

Tabell 2. Sild og brisling i Lindåspollene høsten 1977 og våren 1978.

Område, årstid	Benyttet andel av utgangs- dekning	Dek- nings- grad	Areal-veiet middel for regnemaskinverdi/105 m utseilt distanse				
			N A T T				D A G
			1 28.9	2 29.9.	3 29.9	4 10.10.	
Fjellanger høst-77	Hver kurs	6,5	302	199	233	271	
	2.hver "	3,3	296	225	287	242	
				182	184	300	
	4. " "	1,6	280	258	286	201	
			311	284	288	283	
			297	196	161	337	
			165	213	258		
			1				
			30.9		2		
					10.10		
Straumsos- en+Spjeld- nesosen høst-77	Hver kurs	8,0	543			432	
	2.hver "	4,0	573			298	
			505			555	

Tabell 2. forts.

Område, årstid	Benyttet andel av utgangs- dekning	Dek- nings- grad	N A T T				D A G						
			8	9	10	11	1	2	3 ¹⁾	4	5	6	7
			21.3	21.3	22.3	24.3	17.3	17.3	17.3	18.3	20.3	21.3	21.3
Straumsos- sen+Spjeld- nesosen	Hver kurs	8,0	352	174	191	174	255	353		363	397	1045	416
våren-78	2.hver "	4,0	501	177	173	178	338	514	376	516	386	970	456
			212	156	210	168	217	195		209	406	1071	378

1) "Løst" kursnett anvendt.

Tabell 3. Lodde i Barentshavet ved høstloddetektene i årene 1974-1978.

Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	Gjennomsnittlig integratorverdi (mm/naut.mil)				
		16.9.-9.10 1974	12.9.-6.10 1975	11.9.-1.10. 1976	17.9.-6.10. 1977	14.9.-10.10. 1978
Hver kurs	9,4-11,0	309,5	150,4	94,1	113,4	100,1
2.hver "	4,7-5,5	301,4	131,2	83,5	121,7	66,1
		317,6	169,6	104,7	105,2	134,1
4. " "	2,4-2,8	344,1	113,4	51,3	60,4	49,7
		245,9	143,6	118,1	115,0	62,1
		260,3	148,4	94,7	173,5	82,5
		292,1	203,3	89,7	96,3	213,3
8.hver "	1,2-1,4	254,1	100,7	92,5	57,0	43,8
		260,0	123,8	36,0	149,0	44,0
		180,3	142,0	158,5	149,6	90,3
		202,0	187,0	152,9	61,0	320,9
		420,4	124,4	85,6	136,5	58,1
		366,7	155,6	73,9	78,6	75,6
		368,9	147,8	61,4	188,2	75,3
		311,1	222,5	52,4	116,5	113,2
16.hver "	0,6-0,7	121,2	222,1	111,6	21,1	80,5
		338,6	48,4	20,7	117,9	82,7
		122,5	132,8	99,9	259,1	125,7
		168,1	60,0	159,1	65,7	94,7
		451,4	70,7	106,1	250,1	61,7
		470,2	188,2	92,3	148,0	201,8
		457,0	113,0	65,9	290,0	133,5
		496,8	129,3	65,6	194,0	220,2
		356,7	222,7	82,5	99,8	25,4
		313,6	126,2	47,9	187,8	32,4
		202,0	120,1	212,0	56,6	58,9
		235,0	180,5	145,8	57,9	522,9
		386,8	249,7	51,8	64,2	54,7
		234,6	85,2	38,2	26,6	4,0
		269,5	183,5	52,0	71,8	14,5
		261,3	269,7	18,9	41,5	2,4

Tabell 4. Torsk i Lofoten 20.-30.3. 1971.

		Total ekkomengde (relative enheter)					
Benyttet andel av hver utgangsdekning	Dekningsgrad	Dekning nr. og dato					
		I 20.3.	II 21.3.	III 22.3.	IV 24.3.	V 25.3.	VI 30.3.
Hver kurs	9,6	20.451	31.961	37.121	17.944	38.540	37.894
2.hver "	4,8	19.950	26.054	26.886	16.453	37.040	33.078
		19.277	22.176	24.908	17.340	43.634	45.786
3. " "	3,2	18.077	29.899	23.924	16.795	53.930	49.210
		16.379	17.599	22.981	15.488	30.600	35.677
		19.063	31.594	20.783	16.184	34.991	32.981
4. " "	2,4	19.722	16.091	26.816	17.943	50.937	39.696
		21.137	19.603	22.466	13.944	22.616	40.564
		18.391	28.446	25.403	14.361	25.547	43.847
		17.819	22.531	24.630	18.572	44.904	47.965
5. " "	1,9	12.643	20.356	28.387	9.863	25.115	37.404
		19.273	22.414	24.071	14.870	27.660	35.323
		22.584	28.232	13.337	13.892	11.908	19.746
		17.219	28.723	25.119	19.543	83.957	46.557
		25.663	23.613	48.001	21.264	37.404	71.387