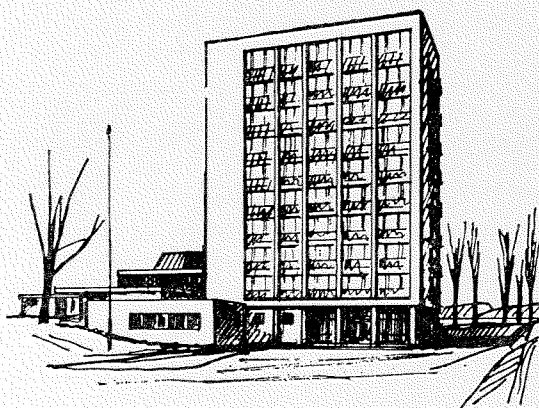


Fisken og Havet

RAPPORTER OG MELDINGER FRA FISKERIDIREKTORATETS
HAVFORSKNINGSINSTITUTT BERGEN



SERIE B NR. 6

1974

Begrenset distribusjon
varierende etter innhold
(Restricted distribution)

EN HYDROGRAFISK UNDERSØKELSE I
MATREVÅGEN, NORDHORDLAND

av

Roald Sætre

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt

Boks 2906, 5011 Bergen - Nordnes

Redaktør

Erling Bratberg

SERIE B NR. 6

1974

April 1974

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	1
2. MATERIALET	3
3. RESULTATER	3
3.1 Overflatesirkulasjonen	3
3.2 Horisontalfordeling av $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget	4
3.3 Horisontalfordeling av O_2 i overflatelaget	7
3.4 Vertikalfordeling av $t^{\circ}\text{C}$, S°/oo og O_2	8
3.5 Den estuarine sirkulasjon	10
3.6 Strømmålinger	13
3.7 En sammenligning mellom de hydrografiske stasjonene I, II og III	16
3.8 Hydrografiske observasjoner i Masfjorden	17
4. ISFORHOLD	19
5. OPPSUMMERING	20
6. LITTERATUR	22
7. FIGURLISTE	24
8. FIGURER	26
9. TABELLER	64

1. INNLEDNING

I 1971 inngikk Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt et samarbeid med A/S Fiskekultur om etablering og drift av et anlegg for laksefisk på Matre i Masfjorden, Nordhordland. Beliggenheten fremgår av fig. 1. De oppgavene man der hadde tenkt å arbeide med kan kort oppsummeres slik:

Produksjon for salg av rogn, yngel og settefisk av laksefisk.

Forsøk innenfor genetisk seleksjon, ernæring og dambruksmetodikk.

Faglig opplæring og veiledning innenfor dambruksnæringen.

I den forbindelse var det nødvendig å kjenne til de hydrografiske forhold i Matre. En forundersøkelse ble foretatt i februar 1972. (SÆTRE 1972). Med denne som utgangspunkt ble det så lagt opp en hydrografisk undersøkelse for best mulig å dekke en hel årssyklus. Målingen i denne serien startet i november 1972.

Matre ligger altså innerst i Masfjorden. Vannskiftningen mellom fjorden og kystvannet utenfor skjer via Fensfjorden (se fig. 1). Et lengdesnitt langs denne "utskiftningsveien" er vist på fig. 2. Fra de relativt grunne kystområdene utenfor går det hurtig nedover mot de store dyp i Fensfjorden. Like innenfor inngangen til Masfjorden er Fensfjorden nesten 700 m dyp. Ved Masfjordnes er det en terskel på omkring 90 m. Innenfor denne er største dyp på omkring 500 m. De indre deler av fjorden er vist på fig. 3 og 4. Dybdene i Matrevågen fremgår av fig. 4. I sundene nord og sør av Matreøy er dypene 30 til 40 m. Herfra går det så raskt nedover til ca. 200 m like vest av Matreøy.

I Matre har Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap et kraftanlegg. Driftsvannet fra dette føres ut i Matrevågen via to tunneler som er vist som stiplede linjer like sør for B.K.K.'s kai på fig. 4. Tunnelene munner ut ca. 1.5 m over middel vannstand. Kraftanlegget er utført i to byggetrinn. Det eldste er Haugsdalsvassdraget som er utstyrt med horisontaltliggende Peltonturbiner.

Inntakshøyden for vannet her er 536 m og driftsvannet føres ut via den sørligste tunnelen. Siste utbyggingstrinn er Matrevassdraget som er utstyrt med vertikaltliggende Francisturbiner. Inntakshøyden er her 476 m og driftsvannet føres ut via den nordligste tunnelen.

I den tiden vi har observert har den totale ferskvannstilførsel til Matrevågen fra kraftanlegget variert mellom $6.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ og $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pr. uke. Dette svarer til henholdsvis ca. $10 \text{ m}^3/\text{s}$ og $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Fig. 5 viser hvorledes vannmengden fra Matrevassdraget og Haugsdalsvassdraget har variert i observasjonsperioden.

Totalt er det fra kraftanlegget i dette året tilført $1164 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ferskvann til Matrevågen. Reguleringen har medført at en større total ferskvannsmengde enn tidligere går ut i Matrevågen ved at vann er overført fra Sognesiden. Da kraftanlegget kjøres med høyere belastning om vinteren har en fått vesentlig høyere vintervannføring til fjorden etter reguleringen.

Øvrig ferskvannstilførsel skjer først og fremst via Matreelven. Denne er regulert men den nedre og uregulerte del av nedslagsfeltet utgjør ca. 30 km^2 . Den meteorologiske stasjon Masfjorden antas å være representativ for nedbørsmengden i dette nedslagsfelt. Middlere årsnedbør for perioden 1930 - 1960 var 2752 mm. Fratrullet 200 mm som går tapt utgjør dette en avrenning til Matrevågen på omkring $75 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Dette blir ca. 6% av den ferskvannstilførsel som skyldes kraftanlegget. Ferskvannstilførselen til Matrevågen via Matreelven er således av mindre betydning bortsett fra på ekstremt nedbørsrike dager. En døgnetnedbør på 50 mm vil resultere i en avrenning på ca. $17 \text{ m}^3/\text{s}$. På slike nedbørsrike dager vil altså tilførselen fra Matreelven kunne bli nesten like stor som den fra kraftanlegget.

Kraftanlegget i Matre ble utbygget i årene 1956-1963. Det er helt klart at der etter denne tid er vesentlig mindre isdannelse i Masfjorden enn tidligere. Etterhvert som flere turbiner kom i drift er islegging i fjorden blitt mere sjelden. Etter 1963 har det ikke forekommet is i Masfjorden bortsett fra på Haugsdalsvågen og i Nordfjorden. (SPONBERG 1968). Oftest var fjorden tidligere islagt

ut til Krossnes ca. 5 km fra Matre fra jul til påske. Enkelte år kunne isen dekke hele fjorden nesten helt ut til Masfjordnes. Såvidt en vet er der tidligere ikke foretatt hydrografiske observasjoner i Masfjorden.

2. MATERIALET

Det materialet som er innsamlet består av overflateprøver av temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold. Posisjonen hvor disse prøvene er tatt er vist ved sirkler på fig. 3 og 4. Videre er der tatt fulle hydrografiske stasjoner i de posisjoner som er merket med en trekant på fig. 3 og 4. Her ble det observert de samme parametre som for overflateprøvene. Observasjonsdypene var 0 - 1 - 3 - 5 - 10 - 15 osv. hver femte meter ned til bunn. Overflateprøvene ble tatt ved at en bøtte ble fylt og prøven tatt derfra. Verdien for 0 m vil således være et middel for de øvre 30 cm. De øvrige prøver ble tatt med vendevannhentere. I de posisjoner som er merket med en firkant er det foretatt strømmålinger med selvregistrerende instrumenter. Disse instrumentene registrerer strømmens retning og styrke samt temperatur hvert 10. minutt. Overflatesirkulasjonen i Matrevågen ble ved flere anledninger kartlagt ved å følge driften av flytelegemer. I et tilfelle ble tykkelsen av brakkvannslaget i Matrevågen målt med et temperatur - saltholdighetsmeter. Ved tre anledninger ble det tatt hydrografisk snitt inn hele fjorden. Tabell 1 gir en fullstendig oversikt over det hydrografiske materiale som er innsamlet. Tabell 2 gir oversikt over strømmålingene.

3. RESULTATER

3.1. Overflatesirkulasjonen

Fig. 6 viser sirkulasjonsmønsteret i Matrevågen 30. november 1972. Observasjonen ble tatt da både Matreelven og Kvernhusbekken hadde relativ stor vannføring. I hovedtrekkene er dette bildet meget stabilt gjennom hele året. Man kan få en mindre modifikasjon av mønsteret dersom Matreelven har svært liten eller ingen vannføring. Som vi ser av fig. 6 vil driftsvannet fra tunnelene gå tvers over vågen mot land på motsatt side. Her deler vannet seg.

Største delen bøyer av mot venstre og går ut på nordsiden av vågen. Endel svinger inn mot høyre og danner en stasjonær antisyklonisk hvirvel i den indre del av vågen. Dersom Matreelven har stor vannføring vil driftsvannet bli presset over mot sørsiden av vågen og gå ut der. Ved liten eller ingen vannføring i Matreelven følger driftsvannet mere nordsiden. Langs driftsvannets søndre strømrast er det en turbulent lateral blanding med det øvrige vann i vågen. Her er det en kontinuerlig hvirveldannelse. Disse små hvirvlene rives løs og fraktes innover i vågen samtidig som de svekkes. I de sentrale deler av vågen synes det som om en har en større stasjonær syklonisk hvirvel.

3.2. Horisontalfordeling av $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget.

Fig. 7 - 22 viser temperatur- og saltholdighetsfordeling i overflatelaget gjennom den tiden man har observert. Denne fordelingen vil være en funksjon av årstidene, ferskvannstilførselen til vågen og temperaturen i dette ferskvannet.

Temperaturen i driftsvannet fra kraftstasjonen er vist på fig. 23. Vi ser at temperaturen er noe forskjellig i de to vassdrag. Den laveste temperatur er funnet 20/2-73 og er ca. 0.6°C . Den høyeste er observert 8/8-73 og er ca. 10°C . Temperaturen i Matreelven og Kvernhusbekken er vanligvis noe høyere.

De horisontal temperatur- og saltholdighetsvariasjoner i Matrevågen kan være meget store. Tabell 3 gir høyeste og laveste overflateverdi av saltholdighet og temperatur samt amplityden av den horisontale variasjon. De høyeste horisontale temperatur- og saltholdighetsforskjeller i vågen er henholdsvis 5.9°C og $19.5^{\circ}/\text{oo}$.

Der er vanligvis en meget god sammenheng mellom fordelingen av saltholdighet og sirkulasjonen i vågen. Dette kan vi se ved å sammenligne f. eks. fig. 6 og fig. 9. Vi kan altså bruke saltholdighetskartene og delvis temperaturkartene på fig. 7 - 22 til å følge utbredelsen av ferskvannet. Når vannføringen i Matreelven er av noen størrelse vil den føre til at driftsvannet som nå er blitt noe blandet, vil bli presset over mot neset på sørsiden av vågen. Ferskvannet fra Matreelven har ennå ikke rukket å bli noe særlig blandet og derfor får en sterke horisontale

saltholdighetsgradienter mellom posisjonene A og B på fig. 4. Slike tilfeller fremgår tydelig av figurene 9 - 15 - 19 - 20 og 21. Dersom Matreelven ikke fører vann, vil driftsvannet mere følge nordsiden av vågen som vist på fig. 7. Når temperaturen i Matreelven og Kvernhusbekken er vesentlig høyere enn i driftsvannet, kan en følge denne ferskvannsutbredelsen også i temperaturen. Fig. 15 gir et godt eksempel på dette. Temperaturen i driftsvannet var da ca. 2.4°C mens den i begge de to øvrige ferskvannskilder lå godt over 9°C . Ferskvannsstrømningen fra Matrevågen skjer gjennom begge sundene på hver side av Matreøy (se fig. 3). Overflateprøvene som er tatt der ute tyder på at elvevannet vil ha en tendens til å følge det nordligste sundet ut.

På fig. 11 ser det ut for at der kommer relativt fersk vann inn i Matrevågen utenfra den 20/2-73. Det samme er tilfelle 7/11-73 på fig. 21. Det vannet som der er under 4°C og har en saltholdighet på over 4 ‰ kan ikke ha sin opprinnelse hverken i driftsvannet eller fra Matreelven. Dette vannet må altså være fraktet inn i vågen lengre utenfra. Den nærmeste større ferskvannskilde lengre ut i fjorden er Haugsdalselven. Det ser altså ut for at brakkevann dannet der ute har muligheter for å bli fraktet inn i Matrevågen.

Som nevnt tidligere får man i Matrevågen dannet hvirvler. Disse kan være sykloniske, dvs. med rotasjonsretning mot urviseren eller antisykloniske med rotasjon med urviseren. I sykloniske hvirvler hvor strømhastigheten avtar med dypet vil en få oppstrømning av vann nedenfra i sentrum av hvirvelen. I Matrevågen vil dette vannet som regel være varmere og saltere enn det øvrige overflatevannet. I antisykloniske hvirvler vil en få en samling av relativt lett vann, dvs. vann med lav saltholdighet. I de sentrale deler av vågen er der en mere eller mindre stasjonær syklonisk hvirvel. Denne resulterer vanligvis i et maksimum i saltholdigheten her. Hvorvidt vi samtidig skal få en forhøyelse av temperatur er avhengig av den vertikale temperaturgradient. På fig. 7 - 16 - 20 - 21 og 22 ser vi eksempler på hvordan denne hvirvel gir seg utslag både i temperatur og saltholdighet. På fig. 21 ser vi dessuten en antisyklonisk hvirvel i den søndre del av vågen.

I den indre delen av vågen har vi så en større stasjonær anti-syklonisk hvirvel. I sentrum av denne får vi så en samling av lett vann, dvs. lite utblandet vann fra kraftstasjonen. Dette medfører at vi vanligvis har de laveste temperaturer der bortsett fra om høsten da de laveste temperaturer finnes utenfor munningen av Matreelven. Dette kommer av at ellevannet avkjøles raskere enn driftsvannet. De laveste saltholdigheter finner vi også i denne hvirvelen eller utenfor elvemunningen.

I fig. 24 - 26 er sammenhørende verdier av temperatur og saltholdighet plottet i et såkalt T-S diagram. En vannmasse eller vannstype er karakterisert ved sin temperatur og saltholdighet og vil således være representert ved et punkt i dette diagram. Dersom en har flere slike karakteristiske vannmasser tilstede, vil blandingsproduktene mellom disse ligge på de rette linjene som forbinder punktene for disse vann typer. Dersom ferskvann tilførselen til vågen utelukkende skyldes driftsvannet fra kraftstasjonen eller at temperaturen i driftsvannet og Matreelven er noenlunde den samme vil T-S sammenhengen være relativt stram og observasjonspunktene ligger på en tilnærmet rett linje. Når temperaturen i de to ferskvannskilder er vesentlig forskjellig, vil punktene som representerer overflateobservasjonene ligge mere spredt.

På fig. 24 - 26 ser vi at T-S relasjonen for overflateprøvene vanligvis er relativt stram om høsten og vinteren. Ved mildvær og nedbør kan man også da få en spredning som f.eks. 29/1-73 på fig. 24. Spredningen der skyldes at Matreelven fører vann med vesentlig høyere temperatur enn driftsvannet. Om våren og sommeren derimot kan spredningen være nokså stor. Årsaken til dette skyldes altså at temperaturen i vannet fra Matreelven på denne tiden er vesentlig høyere enn den i driftsvannet. Et ekstremt tilfelle ser vi av fig. 25 fra 24/5-73. Punktene som representerer overflateprøvene utgjør her tilnærmet en trekant. Den dagen var både Matreelven og Kvernhusbekken meget vannrik. Temperaturen i disse to vannkilder lå på mellom 9°C og 10°C mens den i driftsvannet lå på 2.4°C . Den nederste tenkte side i trekanten representerer blandingen mellom driftsvannet og de øvrige vann i vågen. Den øverste trekantsiden viser blandingen mellom vann fra Matreelven og vannet utenfor og den side som ligger lengst

til høyre på figuren blandingen mellom vann fra Kvernhusbekken og det noe utblandede driftsvann. På fig. 25 fra 7/11-73 merker vi oss de to punkter som faller utenfor den linje man kan trekke gjennom den øvrige punktskyen. Dette vannet representerer det vannet som kommer inn i Matrevågen utenfra og som er nevnt tidligere.

3.3. Horisontalfordeling av O_2 i overflatelaget.

Løseligheten av oksygen i vann er en funksjon av både temperatur, saltholdighet og trykk. Løseligheten vil avta når temperaturen eller saltholdigheten øker. Dette medfører at de høyeste oksygenverdier finner en i den indre del av vågen. I vinterhalvåret vil oksygenmetningen i overflatevannet ligge mellom 95 % og 105 % bortsett fra 26/3-73 hvor en metningsprosent på opptil 112 % ble observert. I hele sommerhalvåret fra og med 24/5-73 til og med 4/9-73 er det en større eller mindre grad av overmetning av oksygen. De høyeste verdiene er observert 4/9-73 med opptil 133 % metning. Denne overmetningen henger sammen med ferskvannutstrømningen fra kraftverket, noe som også tydelig fremgår av fig. 27. Denne figuren viser metningsgraden av oksygen i overflaten 4/9-73 og er karakteristisk også for de øvrige tilfeller av overmetning en med sikkerhet har observert.

I de tilfeller av overmetning som er blitt registrert har det ikke vært synlige forandringer i Matrevågen. I flere tilfeller f.eks. 3/1-73 og 5/11-73, synes det som om en har et mere dramatiske utslag av overmetning uten at dette har vært observert ved O_2 -prøver. Dette arter seg ved at driftsvannet fra Matrevassdraget er sterkt blakket og grågrønt av farge. Skum og gassblærer ble også observert i dette vannet. Opptreden av dette fenomenet ble fulgt av massedød av settefisk som sto i flytenøter i sjøen. Årsaken til blakkingen som finner sted kan være overmetning av gasser med frigjøring av gassblærer eller suspenderte partikler av f. eks. leire i vannet. Undersøkelser av prøver fra det blakkede vannet med hensyn på suspenderte partikler var negativ. Den sannsynlige årsak vil derfor være overmetning av gasser i driftsvannet. Fenomenet synes å dukke opp når store nedbørsmengder etterfølger en periode med lite eller ingen nedbør

og varer vanligvis et par dager. Overmetning av gasser i vann fra kraftstasjoner har også vært påvist i Canada (MAC DONALD 1973). I dette tilfelle fant overmetningen sted ved lave belastninger og var sannsynligvis forårsaket av at man da slapp luft inn i turbin-systemet for å redusere undertrykket. Denne forklaringen synes ikke å passe i Matre. 3/1-73 var således belastning i kraftstasjonen på topp og luft ble ikke sluppet inn i turbin-systemet. Den mest sannsynlige årsak til den overmetning som opptrer leilighetsvis ligger i at der suges inn luft i Matrevassdragets trykksjakt via fire mindre inntak. Hvorvidt den mindre dramatiske overmetning som finner sted i sommerhalvåret også kan ha samme årsak er ikke mulig å si. Denne kan jo også tenkes å være forårsaket av forhøyet primærproduksjon i vannet.

3.4 Vertikalfordeling av $t^{\circ}\text{C}$, S°/oo og O_2 .

Som det fremgår av tabell 1 er det tre hydrografiske stasjoner som er tatt noenlunde regelmessig. Jeg har valgt å bruke St I på fig. 4 som representativ for Matrevågen.

Av fig. 28 ser en at temperaturen om vinteren vil øke med dypet. Utover våren skjer det en oppvarming i alle dyp. Denne oppvarmingen er sterkest omkring 3-5 m. Resultatet av dette er at vi her får utviklet et temperaturmaksimum. Om sommeren vil altså den vertikale temperaturfordeling være karakterisert ved økende temperatur ned til omkring 5 m og derfra avtagende videre nedover. Sommermaksimumet vil vanligvis forplante seg nedover utover høsten. Dette ser ikke ut til å være tilfelle her. Selv i slutten av november 1973 ligger fremdeles maksimums-temperaturen i 3 til 5 m. Høsten 1972 må sommermaksimumet ha vandret noe raskere nedover. I månedskiftet november - desember finner vi således høyeste temperatur i 20 m. Utover høsten 1971 og vinteren 1972 må også beliggenheten av temperaturmaksimumet vært temmelig stabil. Observasjoner 4/2-72 viser høyeste temperatur på omkring 9°C i 5 m. Den største vertikale temperaturgradient ligger vanligvis mellom 1 og 3 m. Av fig. 32 ser vi at den årlige amplitude i temperaturen øker fra ca. 8.8°C i overflaten til ca. 10.2°C i 3 m. Herfra avtar den så inntil 20 m hvor den er ca. 3.8°C .

Av fig. 29 fremgår det at saltholdigheten øker med dypet hele året. Også her vil den største vertikale gradient vanligvis være mellom 1 og 3 m. Fig. 32 viser den årlige amplitude i saltholdigheten. Ser vi bort fra overflaten vil også her den største årlige amplitude være i 3 m med ca. 14.5 ‰. Derfra avtar amplituden til ca. 2 ‰ i 20 m.

I overflaten er det vanskelig å snakke om en årlig variasjon da de variasjoner som skyldes andre ting er så store at de fullstendig kan maskere denne. Av tabell 3 ser vi jo at bare den horisontale variasjon på et bestemt tidspunkt kan langt overgå den årlige amplitude.

Fra 10 m og nedover har vi en klar årlig variasjon med høyeste verdier i vinterhalvåret og de laveste om sommeren. Dette er et helt vanlig mønster i våre kystfarvann. Den samme tendensen gjør seg nok også gjeldende lengre oppe, men her kommer andre ting inn og forstyrrer det rene bildet.

I den måleperioden som dekkes av fig. 29 har høyeste saltholdighet nær bunn i Matrevågen vært ca. 33.8 ‰. Dette ble observert i slutten av mai. Målingene fra 4/2-72 viser adskillig høyere saltholdigheter. Allerede i 10 m var den over 34 ‰ og i 20 m lå den på 34.2 ‰.

På fig. 30 er fremstillt variasjonene i σ_t gjennom observasjonsperioden. I Matrevågen vil σ_t først og fremst være en funksjon av saltholdigheten. Vi ser at også her vil den største vertikale gradient finnes mellom 1 og 3 m. Vannet i de nedre lag er tyngst om vinteren med σ_t -verdier omkring 26. Om sommeren ligger verdiene i de nedre lag på omkring 24.

Oksygeninnholdet i Matrevågen er vist på fig. 31. Dessverre mangler det verdier for den første del av måleperioden. Vi ser at oksygeninnholdet vil avta med økende dyp. I månedskiftet mars - april er der en kraftig øking av oksygeninnholdet i alle dyp. I løpet av april og mai avtar så oksygeninnholdet igjen. I løpet av sommeren holder det seg så relativt konstant for siden å avta utover høsten. Ser vi på oksygenets metningsprosent har

vi en solid overmetning i månedskiftet mars - april. Likeledes vil vannet om sommeren være karakterisert ved en overmetning i hele vannsøylen. Dette er ganske vanlig i de vestlandske fjorder på grunn av oppblomstringen av phytoplanktonproduksjonen på denne tiden (GAARDER 1916). Vi skal også være oppmerksom på at metningsprosenten er utregnet for et trykk på 760 mm kvikksølv. Der eksisterer derfor ingen reell overmetning in situ i de dypere lag. Den virkelige metningsprosent in situ kan en få ved å dele metningsverdien ved 1 atmosfæres trykk med 2 eller 3 for henholdsvis 10 m og 20 m dyp.

For at en skal kunne sammenligne de hydrografiske forhold i Matrevågen med kystvannet utenfor, er der i fig. 33 tegnet opp isopetdiagram for saltholdighet og temperatur for Havforskningsinstituttets faste stasjon på Sognesjøen. Posisjonen for denne stasjonen er markert på fig. 1. Dersom vi sammenligner temperaturene på de to lokaliteter kan en slå fast følgende:

Bortsett fra de øvre metrene vil temperaturen i Matrevågen om vinteren være vesentlig høyere enn temperaturen i samme nivå på Sognesjøen. Laveste temperatur i 20 m i Matrevågen er ca. 7.5°C mens den i samme dyp på Sognesjøen ligger på omkring 5.1°C . 7.5° isoterme når på Sognesjøen helt ned i ca. 100 m i februar måned. Maksimumstemperaturen på Sognesjøen finner en i overflaten med ca. 14.7°C mens en i Matrevågen finner den i 3-5 m. Temperaturene i 20 m vil ligge noe høyere på Sognesjøen om sommeren.

Når det gjelder saltholdigheten legger vi merke til at i hele vinterhalvåret vil saltholdigheten i 10 - 20 m i Matrevågen være høyere enn i samme dyp på Sognesjøen. I sommerhalvåret er det motsatte tilfellet.

3.5 Den estuarine sirkulasjon.

I fjorder hvor man har større tilførsler av ferskt vann, får en satt opp en såkalt estuarin sirkulasjon i de øvre vannlag. Fig. 34 illustrerer denne sirkulasjonen. På grunn av ferskvanntilførselen dannes det et brakkvannslag øverst. Dette vil strøme ut fjorden. På sin vei river det med seg en god del sjøvann nedenfra. Dette sjøvannet må så erstattes ved en inngående strøm like under brakkvannslaget. Denne strømmen kaller en gjerne kompensasjonsstrømmen.

Man deler inn den estuarine sirkulasjon i flere typer avhengig av den vertikale tetthetsfordeling. Da tettheten i estuarier først og fremst er en funksjon av saltholdigheten, kan en klassifisere sirkulasjonen etter den vertikale saltholdighetsfordeling. Her har jeg fulgt inndelingen som opprinnelig ble foreslått av STOMMEL (1953) og senere modifisert av BOWDEN (1967).

Fig. 35 viser den vertikale saltholdighetsfordelingen i Matrevågen for datoene 27/3-73 og 8/8-73. Vi ser at det ikke er noen vesentlig forskjell mellom de to fordelinger. På grunn av den kontinerlige ferskvannstilførsel til Matrevågen vil en slik fordeling kunne observeres gjennom hele året. Ifølge BOWDEN (1967) skulle dette tilsi at en i Matrevågen hadde en to-lags sirkulasjon hvor "entrainment" var den dominerende mekanisme i vannutskiftningen mellom de to lag. "Entrainment" vil si at sjøvann nedenfra trenger opp i ferskvannslaget. Denne prosessen er en en - veis prosess i motsetning til turbulent blanding. Den store tetthetsgradienten en finner mellom 1 og 3 m vil redusere den turbulente blandingen mellom de to lag til et minimum.

Området hvor en har den største vertikale saltholdighetsgradient og dermed tetthetsgradient kaller en haloklinen. De maksimale gradienter i denne haloklinen kan være opptil ca. $12 \text{ }^{\circ}/\text{oo} / \text{m}$. En skal da være oppmerksom på at denne er beregnet på grunnlag av punktobservasjoner og derfor sannsynligvis er en minimumsverdi for den maksimale saltholdighetsgradient.

Den konvensjonelle oppfatning av den estuarine sirkulasjon er at kompensasjonsstrømmen finner sted like under haloklinen. Dette skulle da tilsi at i Matrevågen vil innstrømningen hovedsaklig skje under 3 m. GADE (1972) har på teoretisk grunnlag pekt på muligheten for innstrømning også i brakkvannslaget.

La oss nå se litt nærmere på den enkle to-lagsmodellen som er benyttet i fig. 35. Dersom vi forutsetter en stasjonær tilstand, vil kontinuitetsligningen for vanntransport og saltinnhold gi følgende relasjoner:

$$(1) \quad T_u - T_i = T_f$$

$$(2) \quad T_u S_u = T_i S_i$$

Her er T_u og S_u henholdsvis volumtransport og saltholdighet i det øvre lag og T_i og S_i de samme parametre for det nedre lag. T_f er tilførselen av ferskvann. Av ligningene (1) og (2) følger da

$$(3) \quad T_u = \frac{S_i \cdot T_f}{S_i - S_u}$$

$$(4) \quad T_i = \frac{S_u \cdot T_f}{S_i - S_u}$$

Disse såkalte Knudsens relasjoner kan altså gi oss visse ideer om størrelsen av den utgående og inngående transport. Av ligning (3) ser vi forholdet $\frac{T_u}{T_f} = \frac{S_i}{S_i - S_u}$ forteller oss størrelsen av den utgående transport i forhold til ferskvannstilførselen. I Matrevågen vil øvre grense for dette forholdet være omkring 2. Dette vil si at den utgående transport er opptil dobbel så stor som ferskvannstilførselen til vågen. I de fleste norske fjorder vil dette forholdet ligge mellom 2 og 6 (SÆLEN 1967).

I tillegg til den utstrømning som skyldes ferskvannet kommer også tidevannet inn. Arealet av Matrevågen er 132 000 m². Regner vi med en tidevannsforskjell på 1 m vil dette resultere i at mellom høyvann og lavvann vil der i middel renne ut 6 m³/s. Like stor mengde vil selvsagt renne inn i vågen mellom lavvann og høyvann. Her er da regnet med at utskiftningen av tidevannsvolumet skjer jevnt over en halv halvdaglig tidevannsperiode. Dette er neppe tilfelle slik at 10 m³/s sannsynligvis vil være mere i nærheten av den maksimale verdi for tidevannsutskiftningen.

Utløpet av Matrevågen er 180 m bredt. Vi gjør følgende forutsetninger: Utstrømningen fra Matrevågen skjer over et 100 m bredt belte og er 3 m dyp. Ferskvannstilførselen er 50 m³/s og forholdet $\frac{S_i}{S_i - S_u} = 2$. Dette medfører at mellom 90 m³/s og 110 m³/s vil strømme ut av Matrevågen i de øvre lag. Den volumtransport som skyldes tidevannsutvekslingen utgjør 10 % av den totale vanntransport ut. Videre vil midlere strømhastigheten i det utstrømmende lag variere mellom 30 cm/s og 37cm/s.

Det utstrømmende vann vil være under innflytelse av jordrotasjonens avbøyende kraft eller Corioliskraften. Dette fører til at grenseflaten mellom de ut- og innstrømmende vannmasser vil skrå oppover til venstre når vi ser ut fjorden. I Masfjorden vil vi derfor sannsynligvis ha en konsentrasjon av brakkvannslaget langs nordsiden av fjorden. Dersom fjorden er bred i forhold til de utstrømmende vannmasser kan grenseflaten mellom det inn- og utstrømmende vann skjære overflaten. I det tilfelle ville vi få en innstrømming i overflaten langs sydsiden av fjorden. De tilfellene hvor en finner brakkvann i Matrevågen som åpenbart er dannet lengre ute og som er beskrevet tidligere, kan tyde på at iallefall i perioder kan en slik sirkulasjon oppstå. Vind ut fjorden vil øke sannsynligheten for en slik innstrømming langs sydsiden av fjorden.

3.6 Strømmålinger.

Første strømmålingsperiode startet 30/11-72. Observasjonstypet var 3.5 m og posisjonene for målingene er vist på fig. 4. I posisjon A er seriens lengde 66 døgn og i posisjon B 56 døgn. I fig. 36 og 37 er det vist såkalte progressive vektordiagram for disse målingene for hele perioden. Avstanden mellom to kryss på disse kurvene viser den lengde vannet har tilbakelagt i et månedøgn, dvs. ca. 25 timer.

Av fig. 36 og 37 ser en at strømmen både på nordsiden og sørsiden av vågen har i noen perioder gått inn i vågen og i andre ut. Det er derfor klart at strømmålerne en tid har befunnet seg i det øvre utstrømmende vann og en tid i det nedre innstrømmende vann. Dette støtter opp om det som har vært sagt tidligere om at grensen mellom de innstrømmende og de utstrømmende vannmasser ligger omkring 3 m. Dybden av denne grenseflate vil variere avhengig av mengden av driftsvann fra kraftstasjonen, mengden av øvrig ferskvannstilførsel til vågen og meteorologiske faktorer som vind og lufttrykk. I de første tre ukene ser det ut for at strømmen på nord og sørsiden av vågen har motsatt fase, dvs. når den ene strømmåleren registrer utgående strøm vil den andre registrer inngående strøm. Senere kan både lik og ulik fase på de to strømmålerne observeres. I

tabell 4 og 5 er antall sammenhørende verdier av strømstyrke og retning talt opp innenfor et intervall på 10° og 5 cm/s. Det er enkeltobservasjonene som her er talt opp og strømrretningen er gitt som strøm mot vedkommende sektor. Tallene øverst er den øvre begrensning av hastighets-intervallet. Av tabellen ser vi at både på nordsiden og sørsiden av vågen har vi to dominerende strømrretninger, nemlig inn i vågen eller strøm mot omkring 100° og ut av vågen eller strøm mot omkring 300° . På nordsiden ligger de fleste målingene mellom 20 cm/s og 25 cm/s. Hvorvidt strømmen går ut eller inn later ikke til å influere styrken av strømmen. På sørsiden av vågen ligger de fleste observasjoner mellom 10 cm/s og 15 cm/s. Likeledes er det en tydelig tendens til at strømmen ut vågen er sterkere enn den som går inn. De høyeste observerte hastigheter på nordsiden ligger mellom 55 cm/s og 60 cm/s. På sørsiden ligger de maksimale hastigheter mellom 75 cm/s og 80 cm/s.

For å kunne studere strømbilledet noe mere i detalj er det i fig. 38 og 39 plottet opp timesverdier for strømmens øst-vest og nord-sydkomponenter samt for temperatur de første 14 dagene av observasjonsperioden.

Av fig. 38 ser vi at strømmens øst-vestkomponent på nordsiden viser det samme billedet vi kan se av fig. 36. Strømmen går inn i vågen de første 6 døgnene for så plutselig å skifte til ut de neste 6 døgn. Vi ser at skiftningen av retning skjer i løpet av et par timer. De halvdaglige tidevannsvariasjoner er vanskelig å plukke ut, da andre variasjoner ofte maskerer disse effektivt. I temperaturgangen har vi noen ganger tydelig halvdaglige variasjoner som f.eks. i tiden 3/12 til 5/12. Vi legger også merke til de store og raske variasjoner i temperaturen. Den 12/12 falt således temperaturen 3.7°C i løpet av 12 timer.

På sørsiden av vågen ser vi av fig. 39 at strømmens øst-vestkomponent beskriver en klar halvdaglig tidevannsvariasjon. Maksimal strøm inn i vågen kommer ca. 2 timer før høyvann og tilsvarende vil maksimal strøm ut komme ca. 2 timer før lavvann. Reststrømmen viser større variasjoner enn på nordsiden av vågen. Vi ser at temperaturvariasjonene på sørsiden nesten er identiske

med de på nordsiden. Temperaturen på sørsiden ligger jevnt over noe lavere enn på nordsiden og viser dessuten større utslag i variasjonene.

Er så de halvdaglige variasjoner i strømmen på sørsiden et uttrykk for reelle pulsasjoner i tidevannsstrømmen? Dersom dette var tilfelle skulle en vente omtrent det samme billedet også på nordsiden, noe som ikke er tilfelle. Det er derfor mere sannsynlig at disse variasjonene skyldes at tidevannskreftene setter igang vertikale oscillasjoner av grenseflaten mellom de utstrømmende og innstrømmende lag.

La oss nå se litt på den andre strømmålingsserien. Denne startet 20/11-73 og varte nesten 3 døgn. (Se tabell 2). Det øvre instrumentet i posisjon A sviktet. Resultatene fra de øvrige strømmålerne er presentert i fig. 40. Den øvre del av figuren viser målingene fra 1.5 m på sørsiden av vågen. Strømmen her gikk ut hele måleperioden og retningen var innenfor sektoren 245° - 285° . Derfor er bare øst-vestkomponenten vist på figuren. Som vi ser ligger de fleste observasjonene mellom 25 cm/s og 35 cm/s. Tidevannsvariasjonene er lite tydelige. Temperaturen avtar kraftig gjennom observasjonsperioden fra 9.1°C til 4.3°C . Denne reduksjon synes å henge sammen med en øking av den utgående transport.

Den midterste del av figuren viser temperaturgangen i 15 m på nordsiden av vågen. Strømmåleren hadde i dette dypet registrert så godt som ingen strøm. Rotoren på disse strømmålerne vil først begynne å rotere når strømmen overskrider ca. 2 cm/s. Er strømmen lavere enn dette kan den allikevel være tilstrekkelig til at strømretningen blir observert korrekt. Dette ser ut til å være tilfelle her. Instrumentet har i hele perioden registrert en strømretning på mellom 5° og 10° . Det ser altså ut som om strømmen i 15 m på nordsiden har en meget svak komponent inn i vågen. Tendensen i temperaturen synes å være den samme som i det øvre lag på sørsiden men bare med vesentlig mindre utslag.

Den nederste delen av figuren viser strømmålingen i 15 m på sør-

siden. Nord-sydkomponenten var her så godt som null og derfor er bare øst-vestkomponenten av strømmen presentert. Vi ser at strømmen her er en nesten ren tidevannstrøm. Den veksler ut og inn vågen med maksimal momentanhastighet på opptil 10 cm/s. Reststrømmen er praktisk talt null. Temperaturgangen er nesten identisk med den i 15 m på nordsiden, men ligger ca. 0.5°C høyere.

Det ser altså ut for at den vertikale temperaturgradient er større på nordsiden enn på sørsiden. Likeledes later det til at den vertikale oscillasjon av grenseflaten mellom de to lag og som vedlikeholdes av tidevanns-krefter, er størst på sørsiden av vågen. De store temperatursprangene en finnes i det øvre lag kan neppe skyldes vertikale forflytninger av grenseflaten. Den middlere vertikale temperaturgradient mellom 3 og 5 m utgjør $0.35^{\circ}\text{C}/\text{m}$ den 1/12-72. Selv om denne gradienten riktignok er noe større lengre oppe kan den vanskelig forklare et fall i temperaturen på nesten 5°C i løpet av et døgn. De lave temperaturene skyldes sannsynligvis øket ansamling av ferskvann i observasjonspunktet, forårsaket av enten en øking i ferskvannstilførselen til vågen eller hvirveldannelse.

3.7 En sammenligning mellom de hydrografiske stasjonene I, II og III

Som nevnt tidligere ble det i Matrevågen tatt tre hydrografiske stasjoner noenlunde regelmessig. Posisjonen av disse fremgår av fig. 4. En nærmere undersøkelse av disse tre stasjonene viser at under 5 m er det kun meget små horisontale forskjeller i de hydrografiske parametre. Lengre oppe kan forskjellen være nokså stor både i temperatur og saltholdighet. De horisontale variasjoner man der finner gjenspeiler i grunn bare de store laterale gradienter i overflaten som er vist tidligere. Med den flekkvise fordeling av brakkvannet i vågen må man vente slike horisontale forskjeller. For å undersøke hvorvidt disse variasjonene hadde et regulært mønster, ble det 15/3 målt dypet ned til 5°C isoterme. Denne isoterme skulle da ligge nokså sentralt i overgangslaget. Resultatet fremgår av fig. 40. Vi ser at tykkelsen av brakkvannslaget varierer mellom under 2 m og opp til 4 m. De høyeste verdiene finner en i nærheten av ferskvannskilden. I de indre deler av vågen finner man et minimumsområde som

henger sammen med den stasjonære antisykloniske hvirvel som tidligere er nevnt. I en slik antisyklonisk hvirvel hvor hastigheten i det øvre lag er størst, skulle en vente å finne en fortykkning av brakkvannslaget i sentrum av hvirvelen. Her skjer altså det motsatte. Dette kan muligens tyde på at de nedre lag her har en høyere rotasjonshastighet enn overflatelaget.

I det øvre laget vil både temperatur og saltholdighet vanligvis øke med dypet. I tre tilfeller er det blitt observert inversjoner i begge disse parametrene med instabilitet som resultat. De tilfeller av instabilitet en har observert er følgende:

- St. II 30/1-73 mellom 1 og 3 m
- St. I 12/3-73 mellom 3 og 5 m
- St. II 24/11-73 mellom 0 og 1 m

Instabilitetene er størst 24/11 med ca. 3.6 δ_t -enheter og minst 12/3 med 0.7 δ_t -enheter. PICKARD (1961) beskriver slike inversjoner i det øvre laget i noen av fjorden i Britisk Columbia. Han finner dem i nærheten av ferskvannskilder og tilskriver dem hva han kaller en skyformet struktur i sjøen. Det er vel også rimelig å tro at der hvor "entrainment" er den dominerende mekanisme bak dannelsen av brakkvannslaget, vil slike instabiliteter kunne observeres.

3.8 Hydrografiske observasjoner i Masfjorden.

29/11-72 og 19/11-73 ble det tatt hydrografisk snitt inn Masfjorden. Første gang ble det observert saltholdighet og temperatur mens siste gang ble også oksygeninnholdet inkludert. 4/2-72 ble det også tatt hydrografiske stasjoner i den indre del av Masfjorden. Disse målingene er så sammenlignet med observasjoner ved Mongstad tatt 11/2 av Geofysisk Institutt. Fig. 42 - 44 viser den vertikale fordeling av de hydrografiske parametre ved Mongstad og ved Haukevik og Frøystolen, henholdsvis 5 og 12 km fra Matre.

Ser vi på temperaturfordelingen ligger vi merke til at sommermaksimumet ligger høyere oppe inne i fjorden enn ute ved Mongstad.

Samtidig vil denne maksimumstemperaturen være høyere inne i fjorden.

Når det gjelder saltholdigheten vil denne avta innover fjorden i de øvre 5 m. Mellom 10 m og et dyp som varierer fra 70 til 150 m vil så saltholdigheten øke innover fjorden. Under dette laget vil den være høyest ved Monstad. I snittet vil altså isohalinene mellom 10 og 70-150 m skrå oppover innover i fjorden. Nedenfor får en motsatt hellning på isolinjene.

Fordelingen av oksygen på fig. 44 viser vesentlig lavere verdier i Masfjorden enn ved Mongstad. Under ca. 100 m øker denne forskjell med dypet.

De gangene man har observert har vannet under terskelnivå i Masfjorden, dvs. ca. 100 m vært helt homogent når det gjelder temperatur og kun med en meget svak saltholdighetsgradient. 29/11-72 hadde dette dypvannet en temperatur på 7.4°C og en saltholdighet på opptil $34.95^{\circ}/\text{oo}$. Året etterpå, den 19/11-73 lå temperaturen på 7.6°C og saltholdigheten opptil $35.00^{\circ}/\text{oo}$. σ_t i dypvannet lå mellom 27.20 og 27.35. Fornyingen av dypvannet i Masfjorden skjer ved at tungt vann fra Fensfjorden strømmer inn over terskelen og erstatter det gamle bunnvannet. Dette vil så heves og flyte ut over terskelnivå. Denne prosessen er neppe noen kontinuerlig prosess. Ved ingen av de snitt som er tatt inn fjorden er det mulig å påvise en slik innstrømming over terskelen. Oksygenfordelingen i fig. 44 tyder på at dypvannet i Masfjorden ikke har vært fornyet på lengre tid. Det er sannsynlig at Masfjorden, i likhet med andre vest-norske fjorder får sitt dypvann fornyet kun en gang i året. Dersom dette skal skje, må vi ha vann med saltholdighet omkring $35^{\circ}/\text{oo}$ over 100 m. Av fig. 37 ser vi at dette mest sannsynlig skjer om vinteren og våren. GADE (1973) beskriver en slik dypvannsfornyning i Fensfjorden i februar - april 1972. Ved at isohalinene derved ble løftet er det sannsynlig at vi samtidig har fått innstrømming over terskelen til Masfjorden. Det oksygenminimum med verdier under 5 ml/l han finner i 100 m like utenfor innløpet til Masfjorden i mars måned er sannsynligvis rester etter det gamle dypvannet i Masfjorden.

4. ISFORHOLD

Som nevnt tidligere er det klart at Masfjorden har mindre isproblemer etter reguleringen enn før. SPONBERG (1968) mener at grunnen til dette ligger i at vannet fra kraftstasjonen er varmere enn det ferskvann som tidligere gikk ut i fjorden. Dette er neppe riktig da laveste temperatur i driftsvannet ligger under 1°C .

En nødvendig betingelse for isdannelse i våre fjorder er en stabil tetthetsjiktning i det øvre laget. Dersom saltholdigheten i overflaten er mindre enn $24.7 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ vil temperaturen for maksimal tetthet bli nådd før frysepunktet. Har vi en kontinuerlig vanntilførsel til en fjord, vil avkjølingstiden av dette vannet være proporsjonal med vanntilførselen, antall grader vannet skal avkjøles og det areal vannet sprer seg utover. I følge DEVIK (1932) er det nødvendige areal for å kjøle av en kontinuerlig vanntilførsel på $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ferskvann en grad 750 dekar. Det er da regnet med en lufttemperatur på $\pm 10^{\circ}\text{C}$ og en vindhastighet på 1 m/s . En ferskvanntilførsel på $50 \text{ m}^3/\text{s}$ til Matrevågen vil resultere i at omkring $100 \text{ m}^3/\text{s}$ brakkvann med saltholdighet på $15-20 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ og temperatur på $3-4^{\circ}\text{C}$ transporteres ut fjorden. Frysepunktet for dette vannet vil ligge på ca. $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Dersom dette vannet skulle kjøles ned til frysepunktet, ville det kreve et "avkjølingsareal" på $6-7000$ dekar. Arealet av Masfjorden ut til Solheim ca. 8 km fra Matre vil være omkring 5900 dekar.

Nå kan man kanskje innvende at med den stabile sjiktning man har i Masfjorden vil kun en liten del av det utstrømmende vann være influert av avkjølingen fra atmosfæren. Da skal man huske på at beregningene er foretatt kun for avkjøling ned til frysepunktet. Selve fryseprosessen krever store mengder energi. For å avkjøle 1 l av brakkvannet ned til frysepunktet kreves der omkring 5 kcal . Dersom dette vannet så skal omdannet til is, kreves det 80 kcal . Dette vil si at selv om bare $1/16$ av det utstrømmende vann deltar i avkjølingsprosessen vil det allikevel ikke kunne dannes is innenfor Solheim. Beregningene er dessuten utført for ferskvann. Brakkvann fryser langsommere da frysepunktet for det første er lavere og dessuten vil selve fryseprosessen gå senere. Under

frysing utskilles det salt som vil blande seg med det underliggende vann. Derved får en satt opp en vertikalkonveksjon som forsinker isdannelsen.

SPONBERG (1968) nevner at islegging i Masfjorden tidligere skjedde lettest ved vestlig vind. Ved østlig vind hadde isen vanskelig for å legge seg. Denne vindretningen ville sannsynligvis raskere drive brakkvannet ut av Masfjorden og derved bryte ned tetthetsjiktningen.

Den viktigste årsak til at isdannelsen i Masfjorden er blitt mindre etter reguleringen er antagelig at den økte ferskvannstilførsel om vinteren har redusert brakkvannets oppholdstid i fjorden.

5. OPPSUMMERING

Matrevågen tilføres store ferskvannsmengder fra kraftanlegget der. Om vinteren ligger tilførselen på omkring $50 \text{ m}^3/\text{s}$ og noe lave om sommeren. Temperaturen i dette driftsvannet varierer mellom 0.6°C og 10°C . Øvrig ferskvannstilførsel til vågen skjer via Matreelven og Kvernhusbekken med et nedslagsfelt på omkring 30 km^2 . I perioder med store nedbørsmengder kan dette bidraget være vesentlig.

Ferskvannet resulterer i et brakkvannslag i Matrevågen som er omkring 3 m tykk. Dette laget finner en over hele Masfjorden. Ferskvannstilførselen gjør at vi får store horisontale temperatur- og saltholdighetsgradienter i overflatelaget. Variasjoner opptil 6°C og 20 ‰ kan registreres over et par hundre meter. Hvirvler forekommer hyppig i Matrevågen, både stasjonære og ikke stasjonære.

Den høyeste temperatur finner en i Matrevågen i 3 m om sommeren. At sommermaksimumet ligger noe under overflaten later til å være vanlig i nærheten av store og kalde ferskvannskilder (TAMBS-LYCHE 1954, PICKARD 1961, 1971, MATTHEWS 1971). Av T-S diagrammet for 2/7 på fig. 25 ser vi at punktene for de hydrografiske stasjonene danner et typisk bilde for blanding av tre vannmasser. Dersom vannet med den høyeste temperatur skulle være dannet inne i selve vågen måtte dette skyldes "drivhusvirkning". Dette er neppe sannsynlig da samme fenomenet viser seg også på lokaliteter hvor den høye turbiditet i ferskvannet gjør at

en slik forklaring må forkastes. Tilbake står da den mere sannsynlige forklaring at temperaturmaksimumet i 3 m er et resultat av en innstrømning. Da den drivende mekanisme i denne innstrømningen er ferskvannstilførselen vil den være tilstede hele året. Dette fremgår også av T-S diagrammene for 12/3 og 26/3 på henholdsvis fig. 24 og 25. Der ser vi igjen det karakteristiske bildet av tre vannmasser. Om vinteren vil altså det innstrømmende vann ha en lavere temperatur enn den som ville være resultatet av en turbulent blanding av øvre og nedre lag. Det innstrømmende vann har om sommeren en saltholdighet på omkring 25 ‰ og om vinteren mellom 30 ‰ og 32 ‰. Strømmålingen fra første strømmålingsperiode understøtter antagelsen om en innstrømning i ca. 3 m.

Innstrømningen til Matrevågen skjer antagelig i et relativt tynt lag. Den årlige temperaturamplitude på fig. 32 viser et tydelig knekkpunkt i 5 m. Mellom 5 og 20 m er reduksjonen i amplitude tilnærmet linjær. Strømmålingene fra andre strømmålingsperiode viser så godt som ingen strøm i 15 m. Tidspunktet for opptreden av de periodiske ekstremalverdier i temperatur og saltholdighet i de enkelte dyp tyder på at det innstrømmende lag er 2-3 m tykt om vinteren og noe tykkere om sommeren.

Enkelte ganger kan en i Matrevågen finne brakkvann i overflaten som må være transportert dit utenfra. (Fig. 11 og 21). Østlige vinder vil øke hastigheten på det utstrømmende vann. Grenseflaten mellom det utstrømmende og innstrømmende vann kan derved skjære overflaten og vi får mulighet for en innstrømning i overflaten langs sørsiden av fjorden.

Brakkvannet fra Matrevågen karakteriserer overflatelaget i hele Masfjorden. Saltholdigheten i overflatelaget vil øke ut fjorden. Dette behøver ikke nødvendigvis bety at brakkvannslaget øker i tykkelse ut fjorden da den økede innblanding av sjøvann kan kompenseres ved akselerasjon i det utstrømmende vann. Dette er påvist i Silver Bay, Alaska av MCALISTER, RATRAY AND BARNES (1959). Materialet fra Masfjorden gir ikke grunnlag for utsagn om brakkvannslagets tykkelse i fjorden. Lagdelingen i det øvre laget later til å holde seg meget stabil ut Masfjorden men er helt brutt ned ved Mongstad.

LITTERATUR

- BOWDEN, K.F. 1967. Circulation and diffusion. Estuaries, ed. G.H. Lauff. Publ. no. 83. AAAS, pp. 15-36.
- DEVIK, O. 1932. Thermische und dynamische Bedingungen der Eisbildung in Wasserläufen. Geof. Publ. 9 (1).
- GAARDER, T. 1916. De vestlandslandske fjordes hydrografi. I. Surstoffet i fjordene. Bergen Museums Aarbok 1915-1916 Naturvidensk. række Nr. 2.
- GADE, H.G., 1972. Note on the reverse current in fjords and estuaries. Report no. 30. Geophysical Institute. University of Bergen.
- GADE, H.G. 1973. Oseanografiske observasjoner i Fensfjorden 1972. Rapport til Norsk Hydro.
- MAC DONALD, J. R. 1973. Supersaturation of nitrogen in water during passage through hydroelectric turbines at Mactaquac Dam. J. Fish. Res. Bd Canada 30: 1392-1394.
- MAC ALISTER, W.B., RATTRAY, M. and BARNES, C.A. 1959. The dynamic of a fiord estuary. Silver Bay, Alaska. Tech. Rep. No. 62, Dep. of Oceanography Univ. of Washington. Office of Naval Res. Ref. no. 59-28. 70 pp.
- MATTHEWS, J.B. 1972. Some aspects of the hydrography of alaskan and norwegian fjords. Proc. from the POAC conf., Trondheim, August 23-30 1971, 1: 829-839.
- PICKARD, G.L. 1961. Oceanographic features of inlets in the British Columbia mainland coast. J. Fish. Res. Bd. Canada 18: 907-999.
- PICKARD, G.L. 1971. Some physical oceanographic feature of inlets of Chile. J. Fish. Res. Bd. Canada. 28: 1077-1106.

- SPONBERG, H.T. 1968. Isforholdene i Masfjorden før og etter kraft-
utbyggingen i Matre. Rapport til Bergenshalvøens
Kommunale Kraftselskap.
- STOMMEL, H. 1953. The role of density currents in estuaries. Proc.
Minnesota Intern. Hydraulic Convention 1953; pp 305-312
- SÆLEN, O.H. 1967. Some feature of the hydrography of norwegian
fjords. Estuaries, ed G.H. Lauff. Publ.no. 83. AAAS,
pp 63-70.
- SÆTRE, R. 1972. Noen hydrografiske observasjoner fra Matrevågen.
Rapport til Havforskningsinstituttet.
- TAMBS-LYCHE, H. 1954. Notes on the hydrography of Bolstadfjorden,
a land-locked fjord near Bergen. Universitetet i Bergen.
Årbok 1954. Naturvitenskapelig rekke, Nr. 4.

FIGURLISTE

- Fig. 1. Kart over Nordhordland.
- Fig. 2. Lengdesnitt langs "utskiftningsveien".
- Fig. 3. Kart over indre del av Masfjorden.
- Fig. 4. Kart over Matrevågen.
- Fig. 5. Driftsvann fra B.K.K's kraftanlegg.
- Fig. 6. Overflatesirkulasjonen i Matrevågen.
- Fig. 7. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 4/2-1972
- Fig. 8. " " " 27/3-1972
- Fig. 9. " " " 29/11-1972
- Fig.10. " " " 29/1-1973
- Fig.11. " " " 20/2-1973
- Fig.12. " " " 12/3-1973
- Fig.13. " " " 26/3-1973
- Fig.14. " " " 29/4-1973
- Fig.15. " " " 24/5-1973
- Fig.16. " " " 15/6-1973
- Fig.17. " " " 2/7-1973
- Fig.18. " " " 7/8-1973
- Fig.19. " " " 4/9-1973
- Fig.20. " " " 10/10-1973
- Fig.21. " " " 7/11-1973
- Fig.22. " " " 20/11-1973
- Fig.23. Temperaturen i driftsvannet fra kraftstasjonen.
- Fig.24. T-S diagram 4/2-72 - 12/3-73
- Fig.25. T-S " 26/3-73 - 7/8-73
- Fig.26. T-S " 4/9-73 - 20/11-73
- Fig.27. Metningsprosent av oksygen 4/9-73.
- Fig.28. Isopletdiagram, $t^{\circ}\text{C}$
- Fig.29. " , S°/oo
- Fig.30. " , σ_t
- Fig.31. " , O_2 ml/l
- Fig.32. Årlig amplitude i $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo .
- Fig.33. Isopletdiagram for Sognesjøen, $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo
- Fig.34. Den estuarine sirkulasjon.
- Fig.35. Vertikal saltholdighetsfordeling i Matrevågen.

- Fig.36. Vektordiagram for strømmålinger, nordsiden av vågen.
Fig.37. Vektordiagram for strømmålinger, sørsiden av vågen.
Fig.38. Strømkomponenter og temperatur på nordsiden.
Fig.39. Strømkomponenter og temperatur på sørsiden.
Fig.40. Strømmålinger 20/11-73 til 23/11-73.
Fig.41. Dyp av 5°C isoterme 15/3-73.
Fig.42. Stasjonskurver i Masfjorden og ved Monstad i febr. 1972.
Fig.43. Stasjonskurver i Masfjorden og ved Mongstad 29/11-72.
Fig.44. " " " 19/11-73

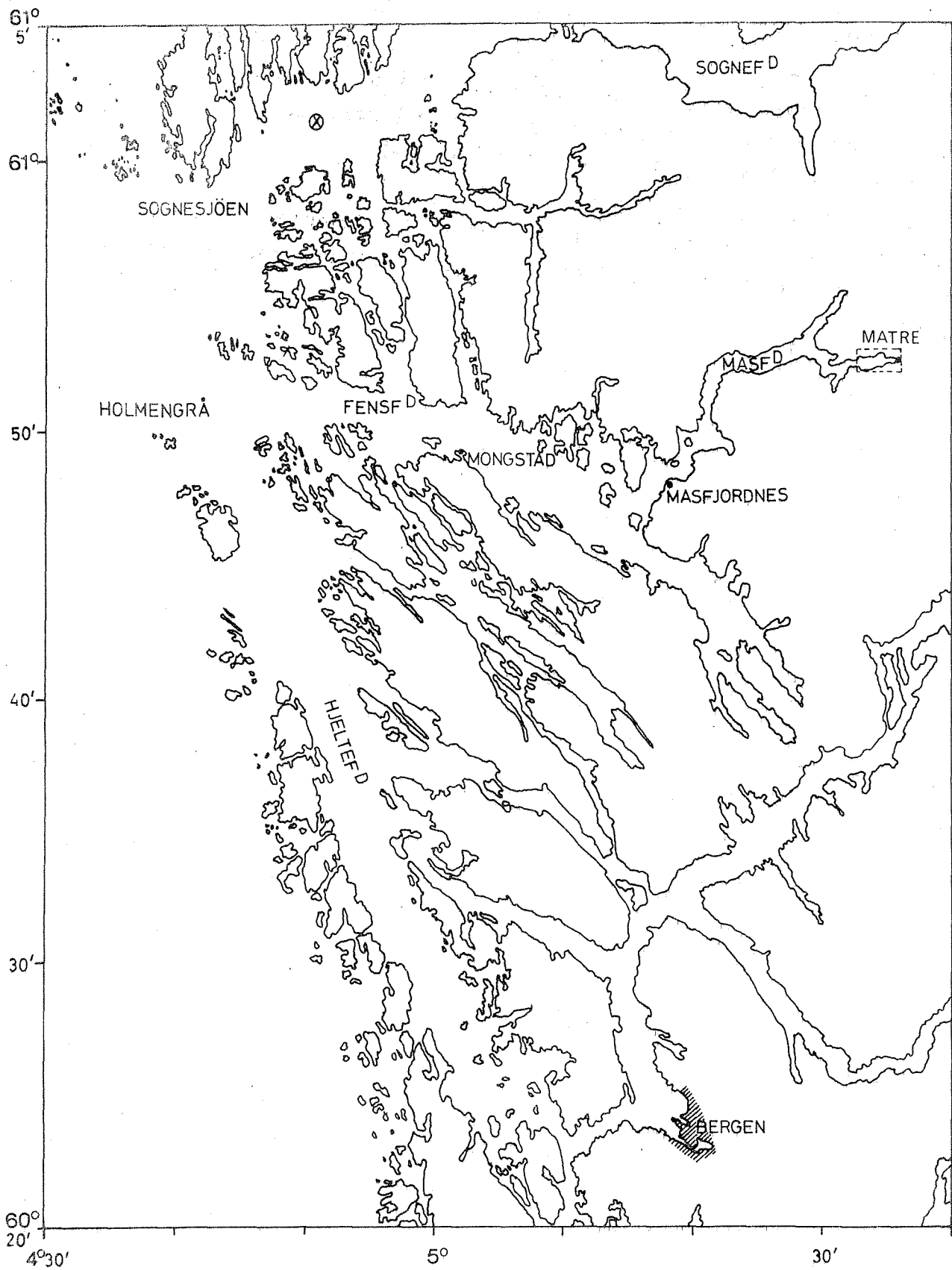


Fig. 1. Kart over Nordhordland

(X) Fast oseanografisk stasjon Sognesjøen.

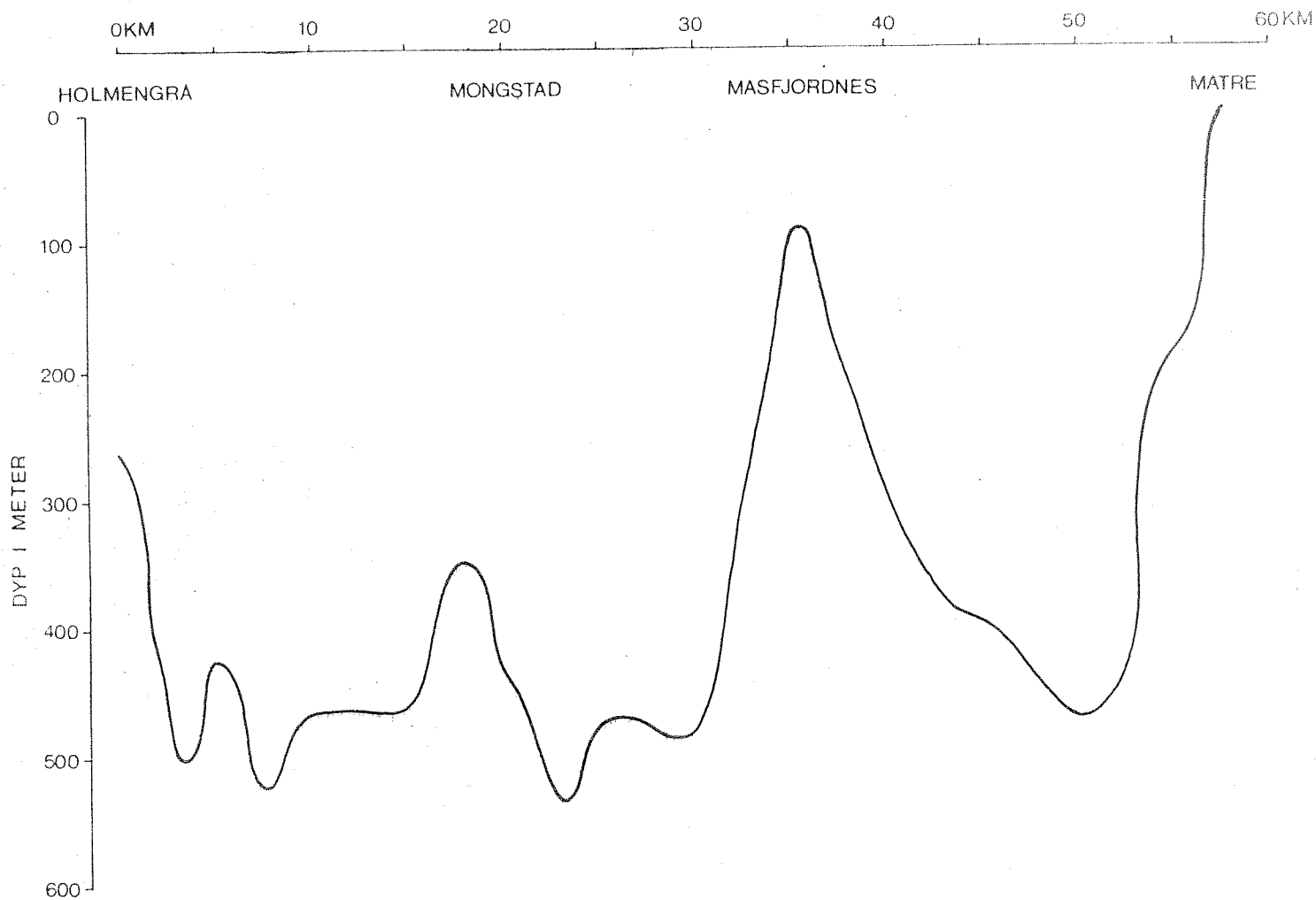


Fig. 2. Lengdesnitt langs "utskiftningsveien".

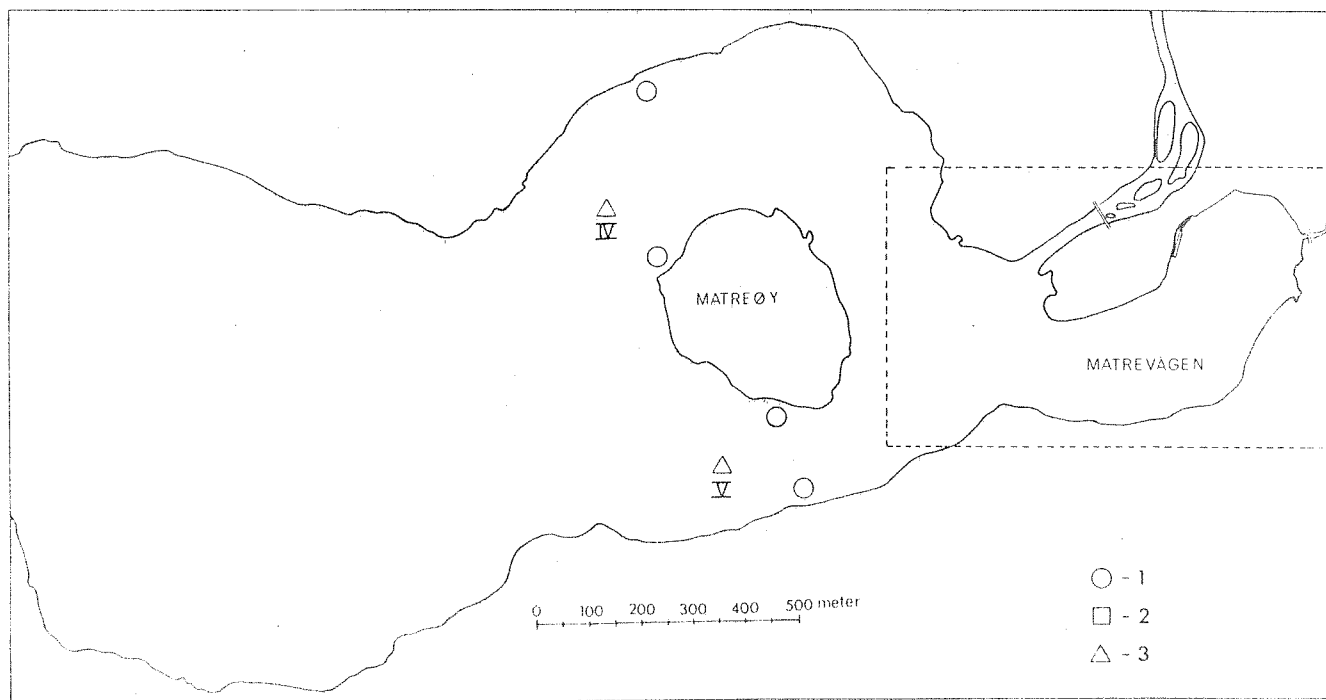


Fig. 3. Kart over indre del av Masfjorden.

- 1) Overflateprøver
- 2) Hydrografisk stasjon
- 3) Strømmålinger

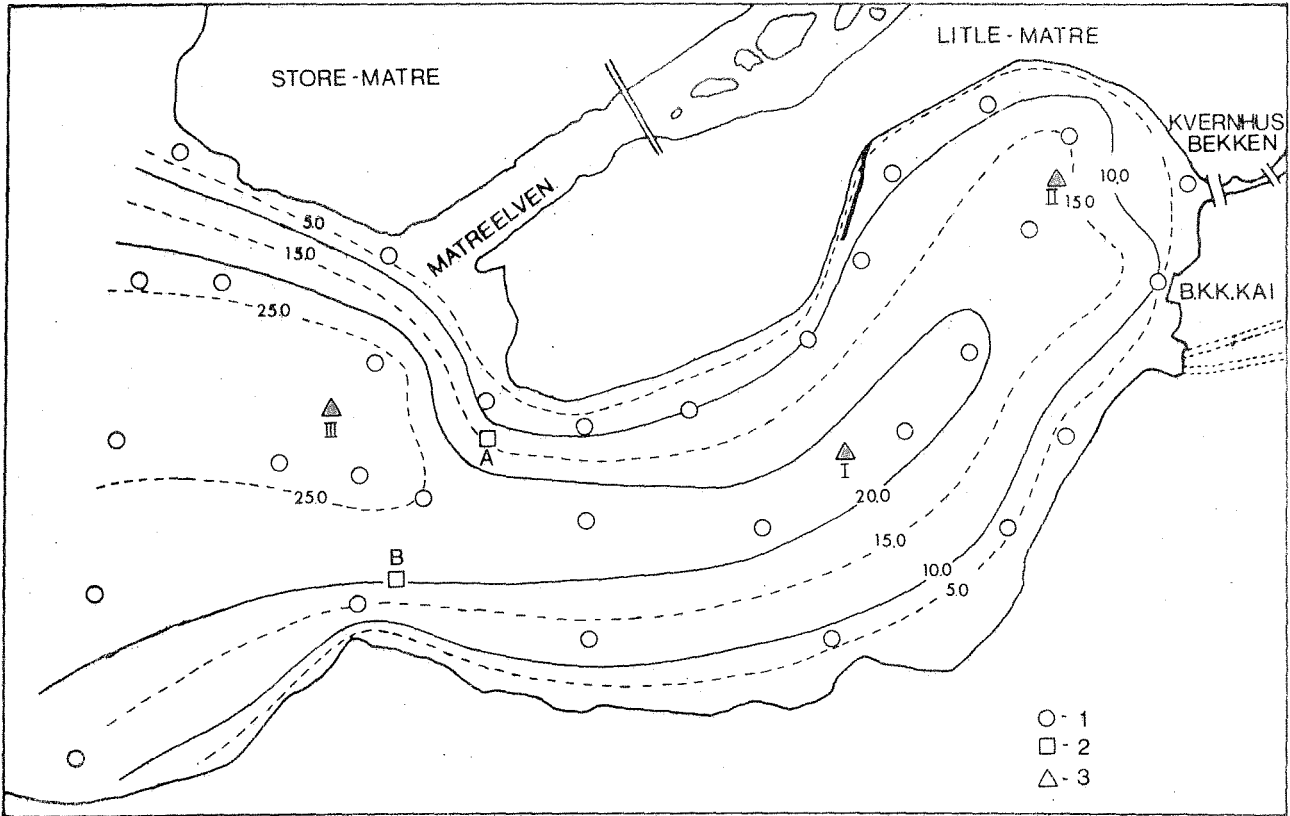


Fig. 4. Kart over Matrevågen.

- 1) Overflateprøver
- 2) Hydrografisk stasjon
- 3) Strømmålinger

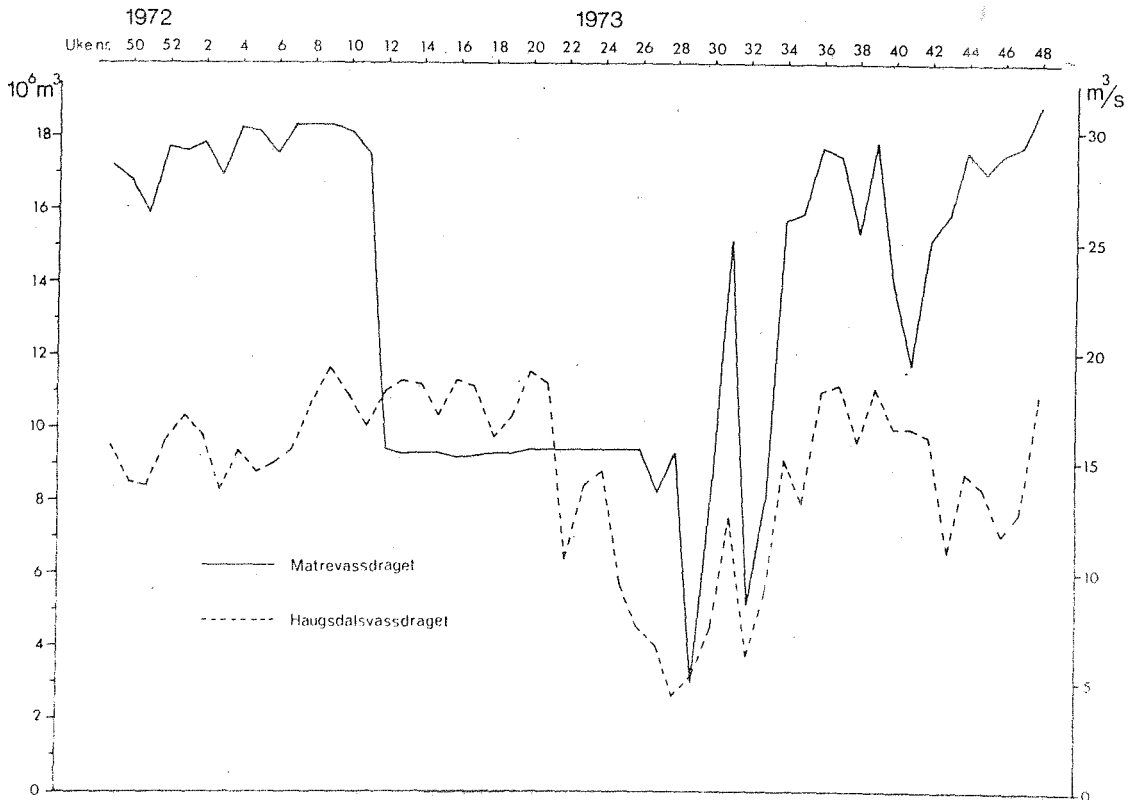


Fig. 5. Driftsvann fra B.K.K.'s kraftanlegg.

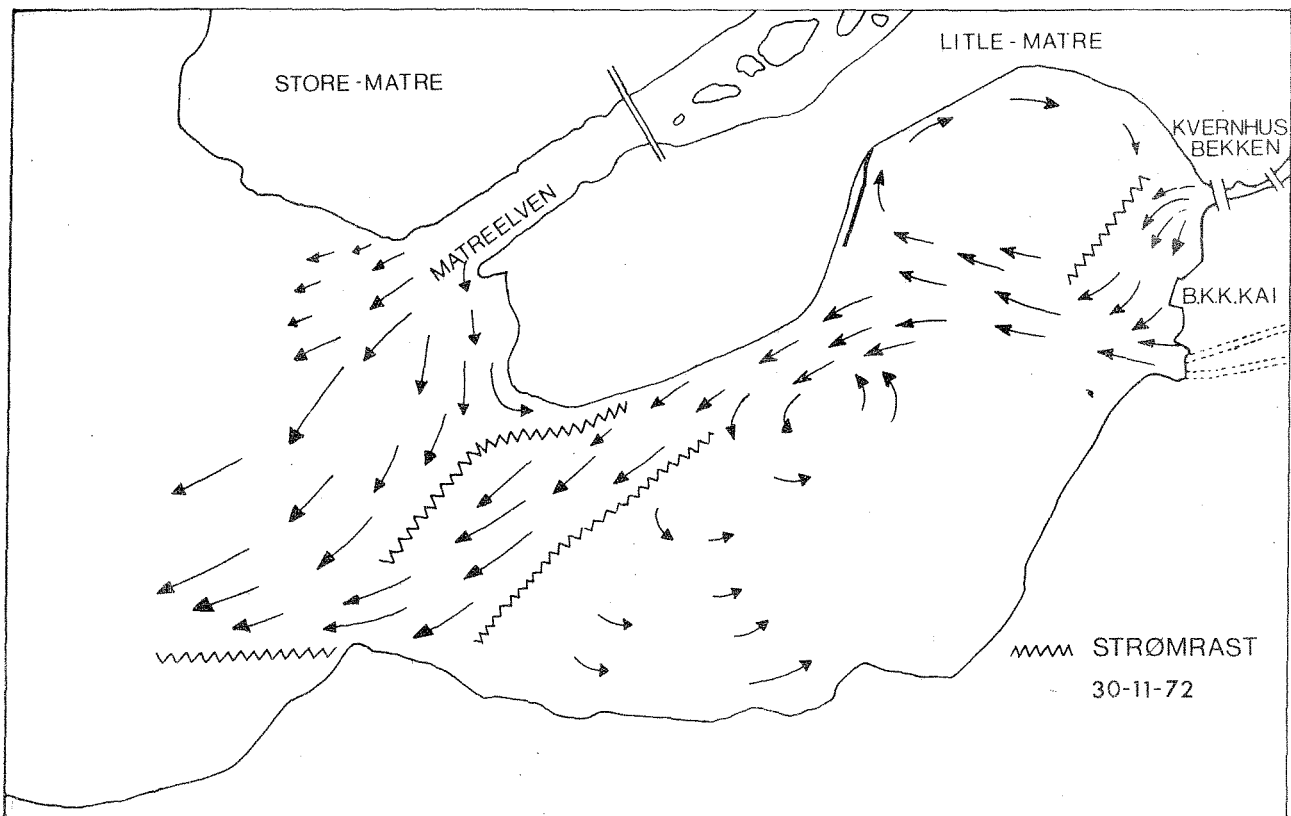


Fig. 6. Overflatesirkulasjonen i Matrevågen.

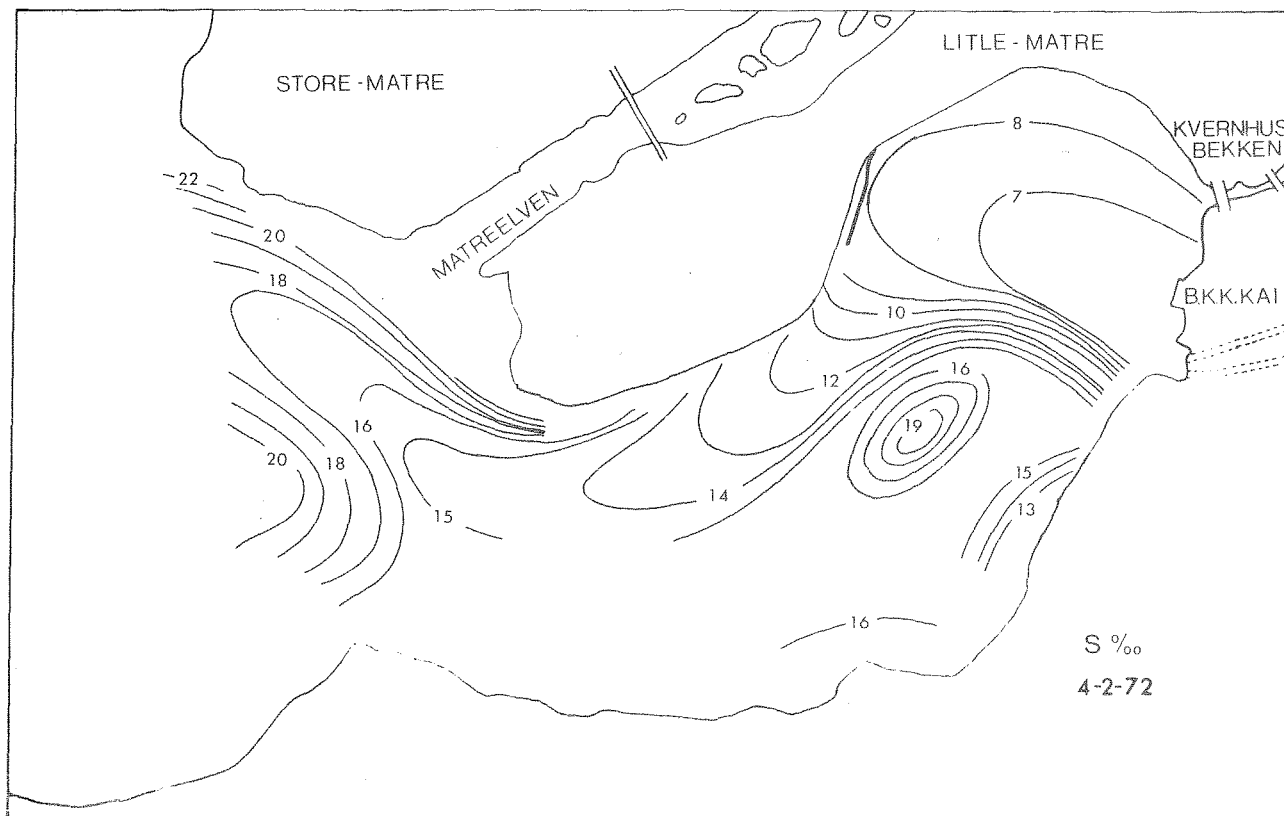
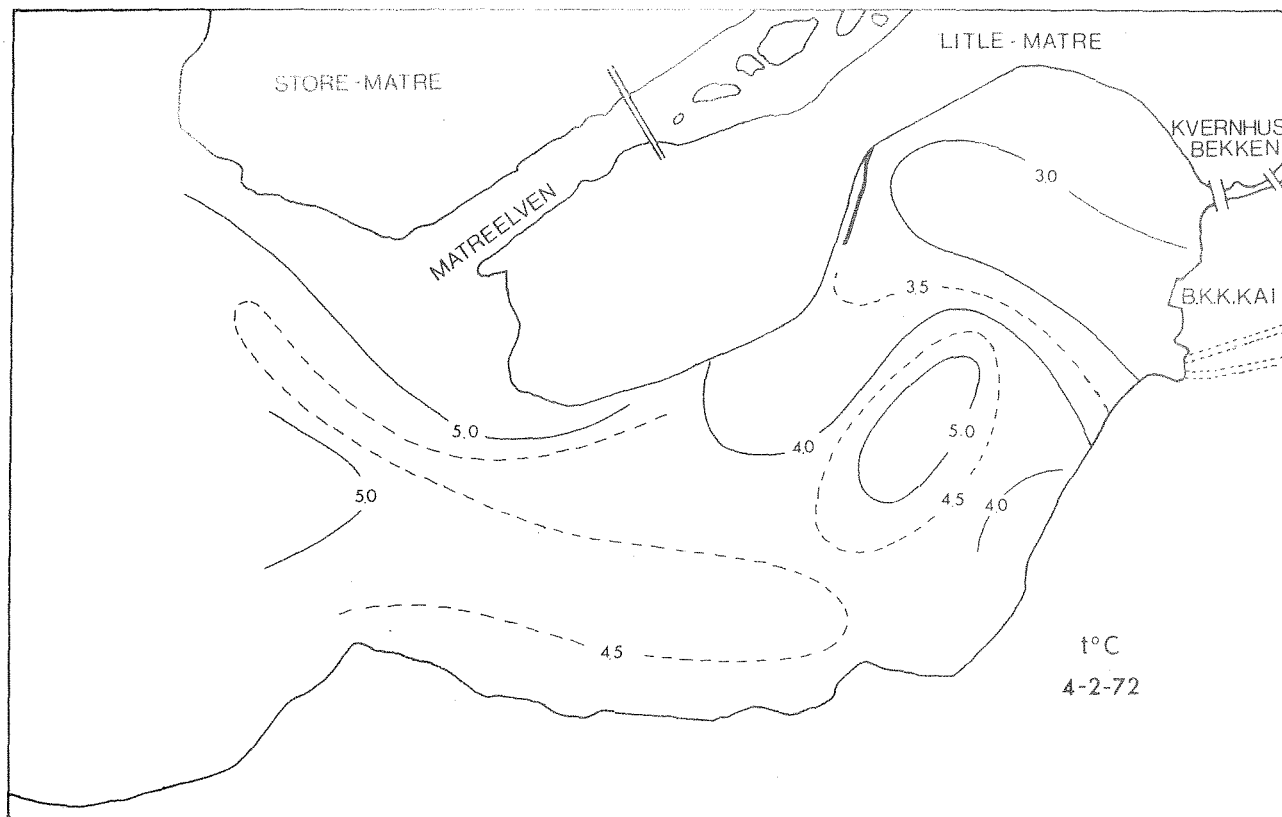


Fig. 7. t°C og S ‰ i overflatelaget 4/2-1972.

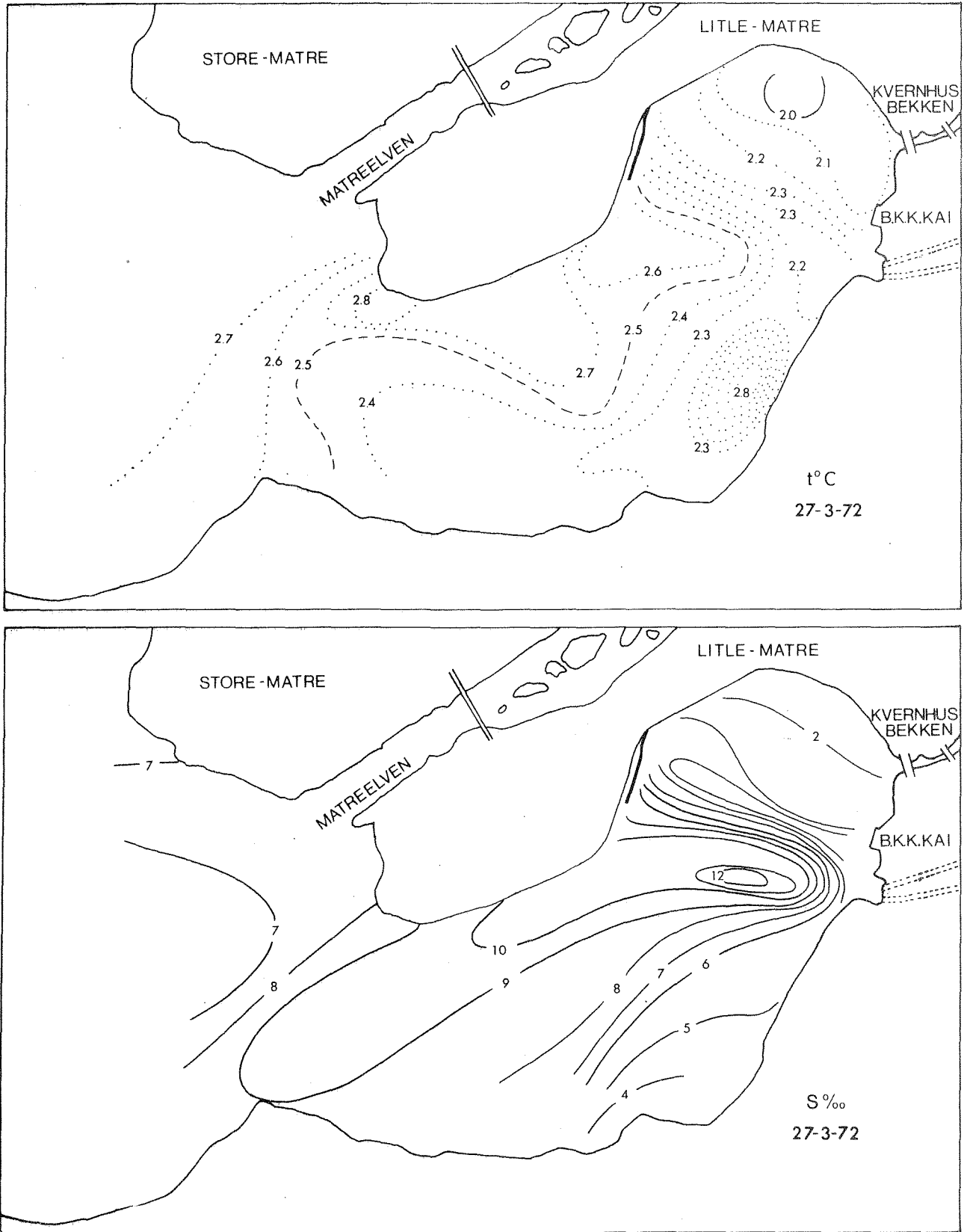


Fig. 8. $t^{\circ}\text{C}$ og $S\text{‰}$ i overflatelaget 27/3-1972.

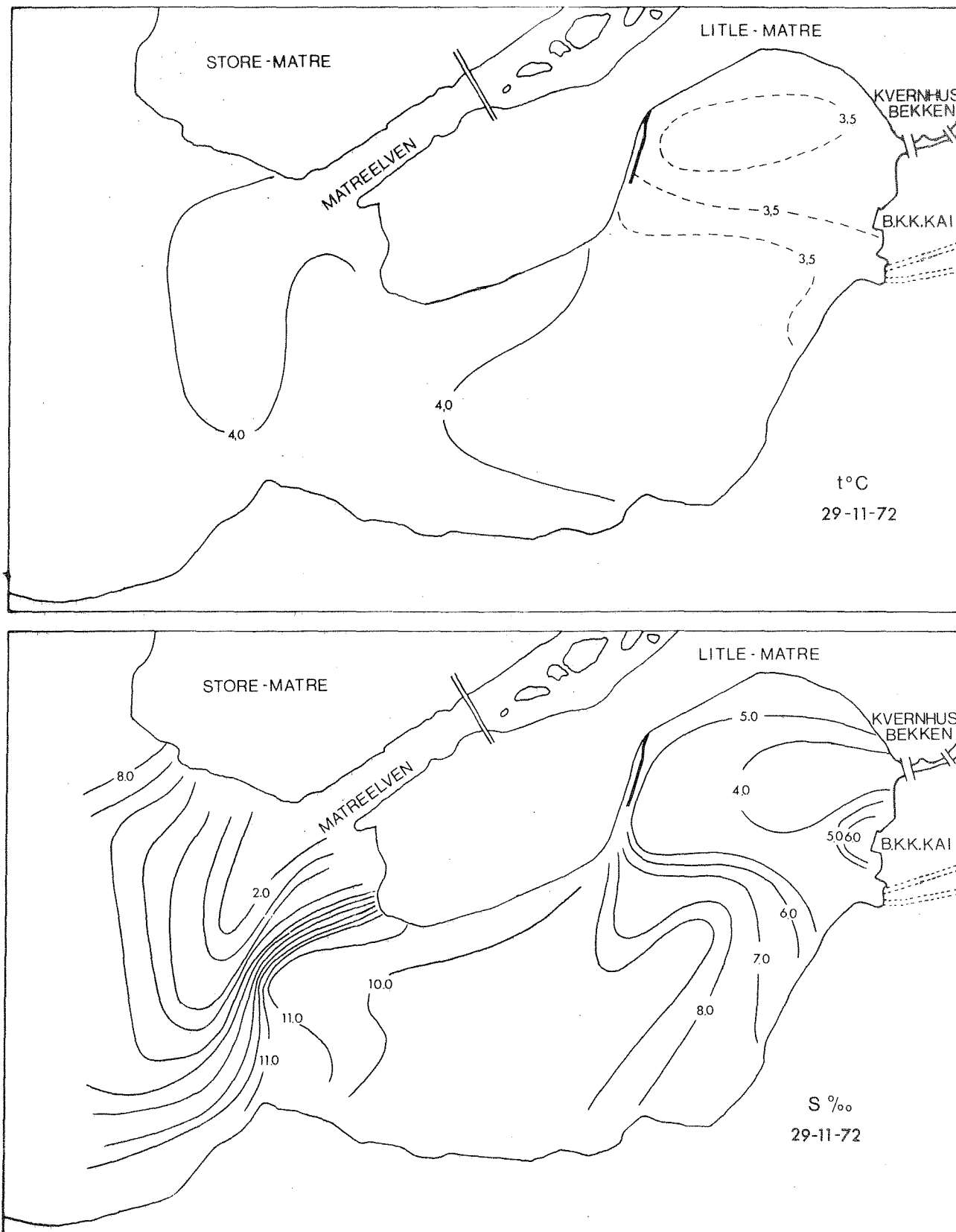


Fig. 9. $t^{\circ}\text{C}$ og $S\text{‰}$ i overflatelaget 29/11-1972.

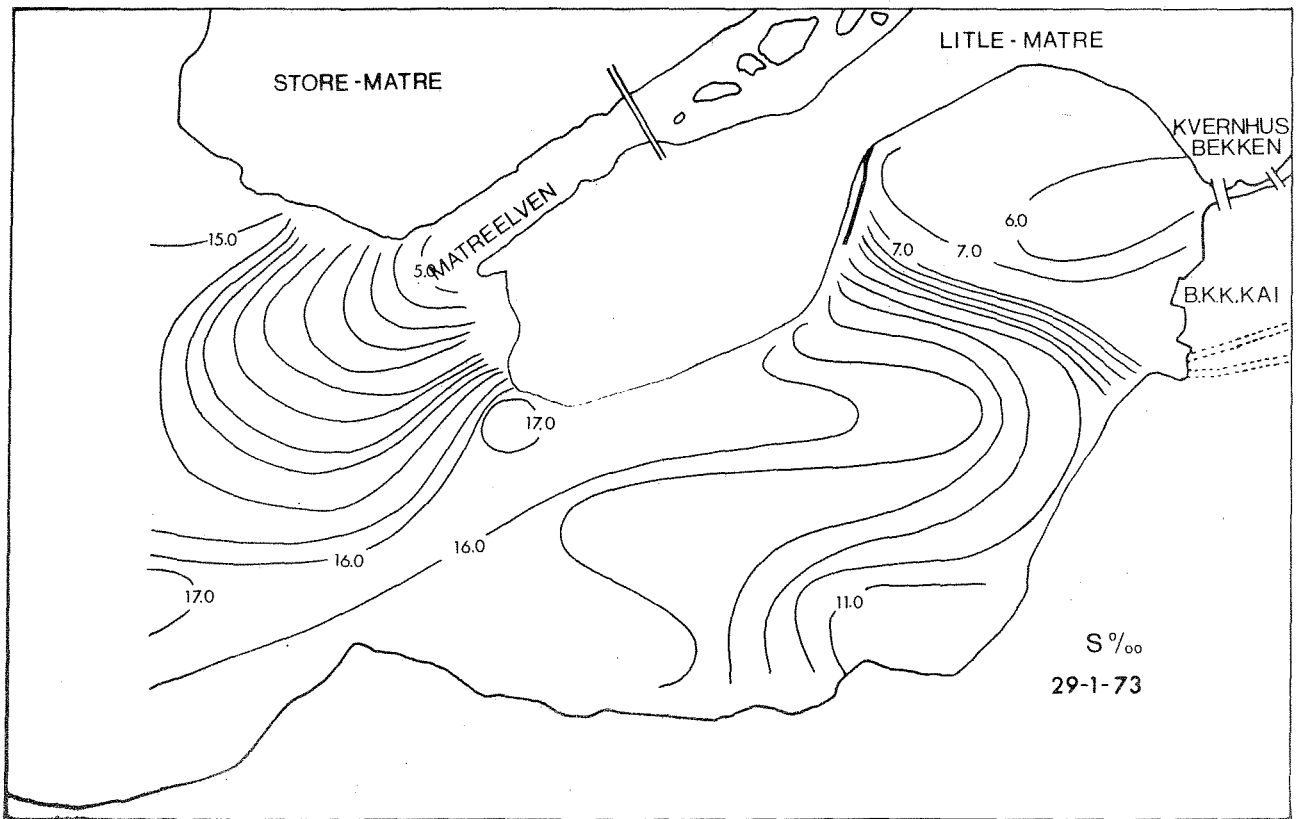
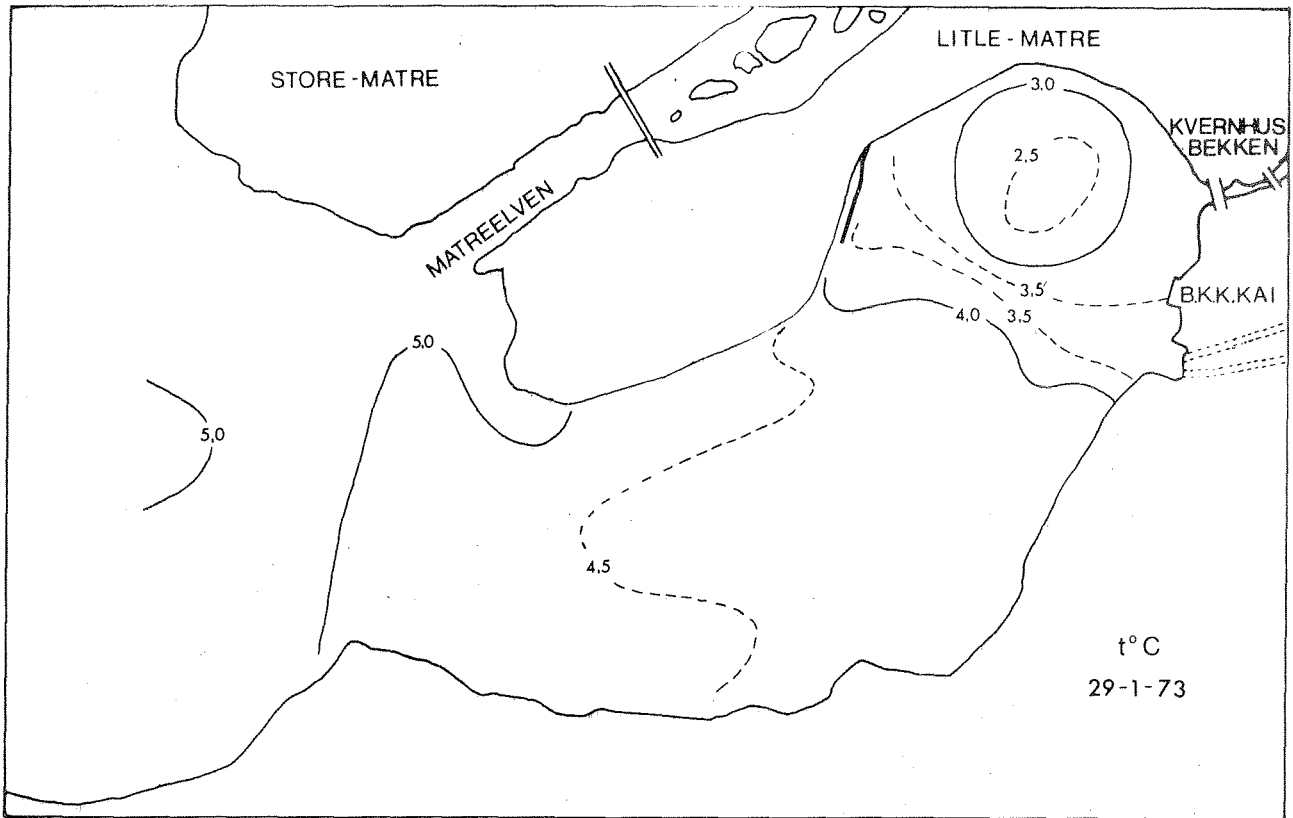


Fig. 10. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 29/1-1973.

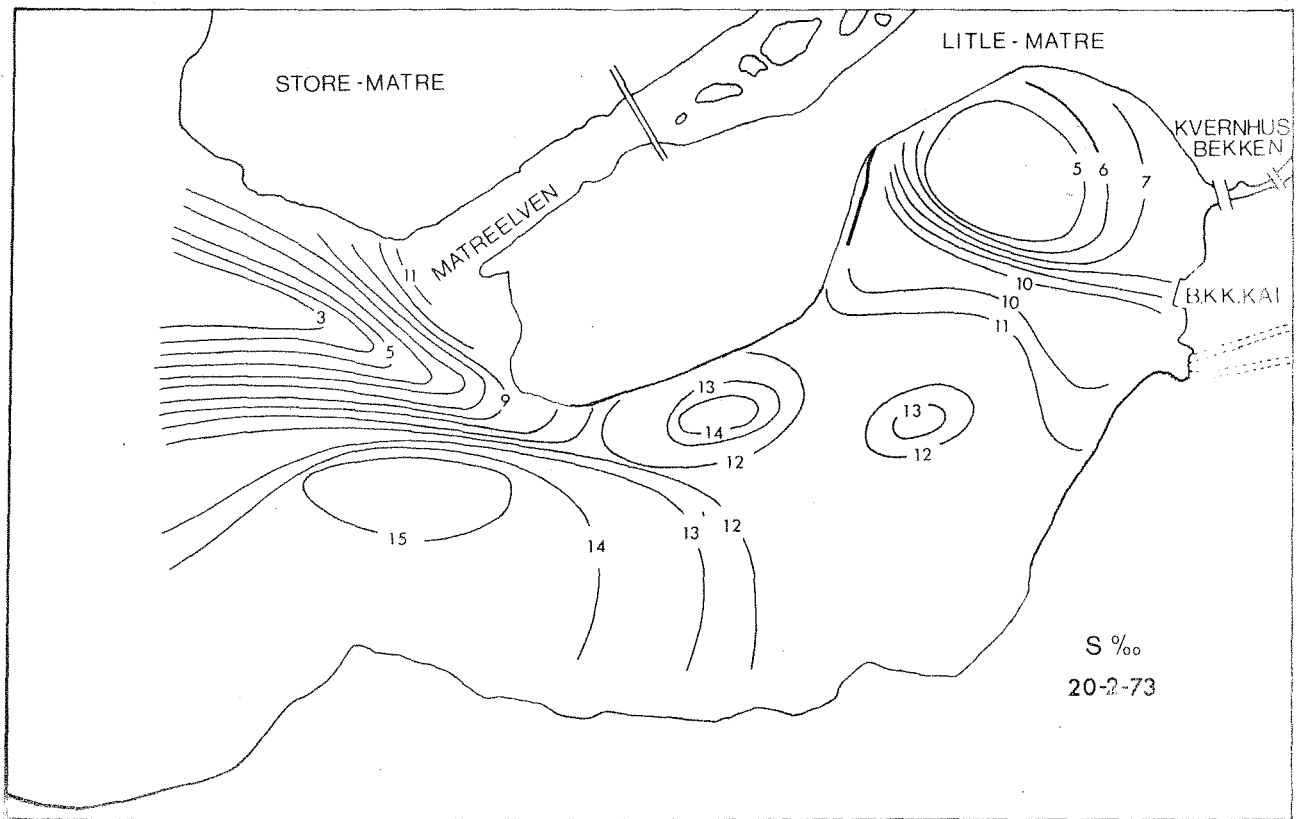
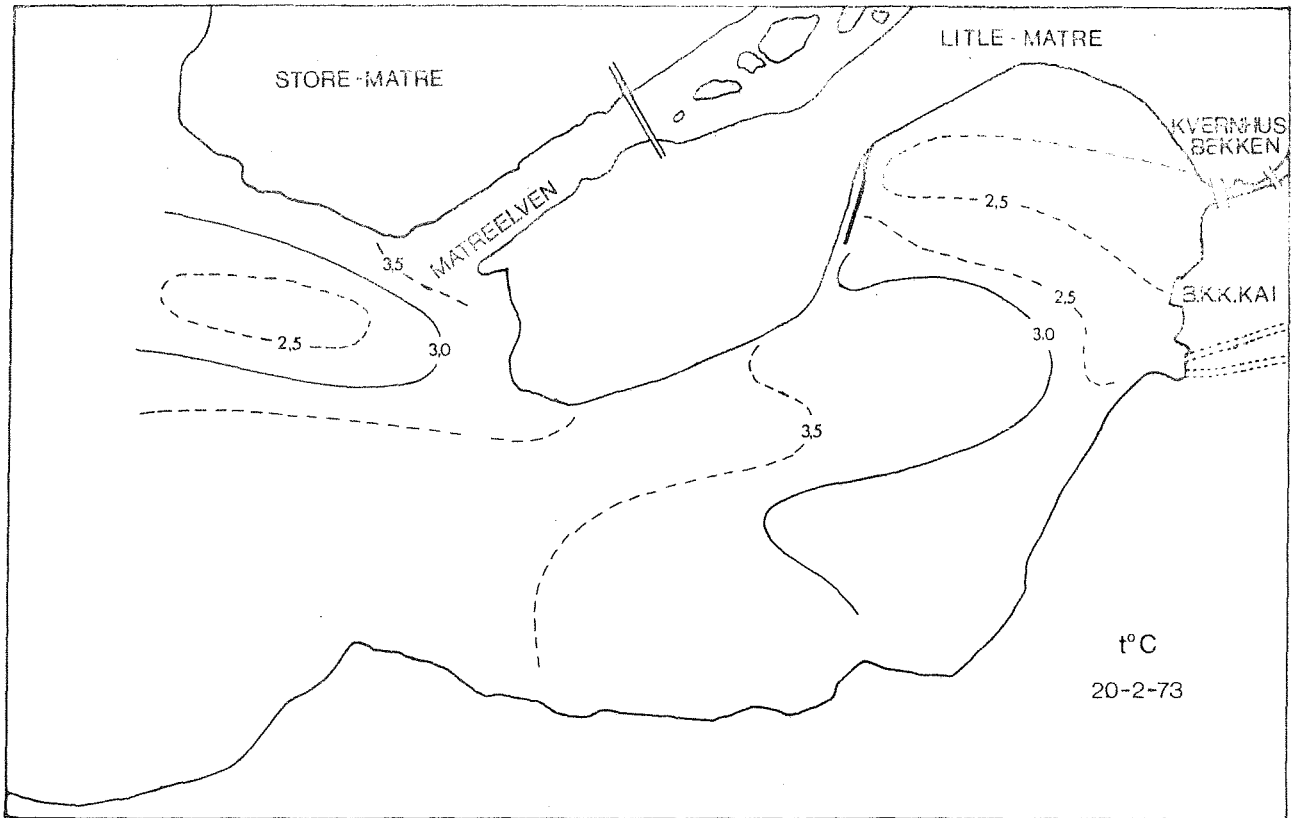


Fig. 11. t°C og S ‰ i overflatelaget 20/2-1973

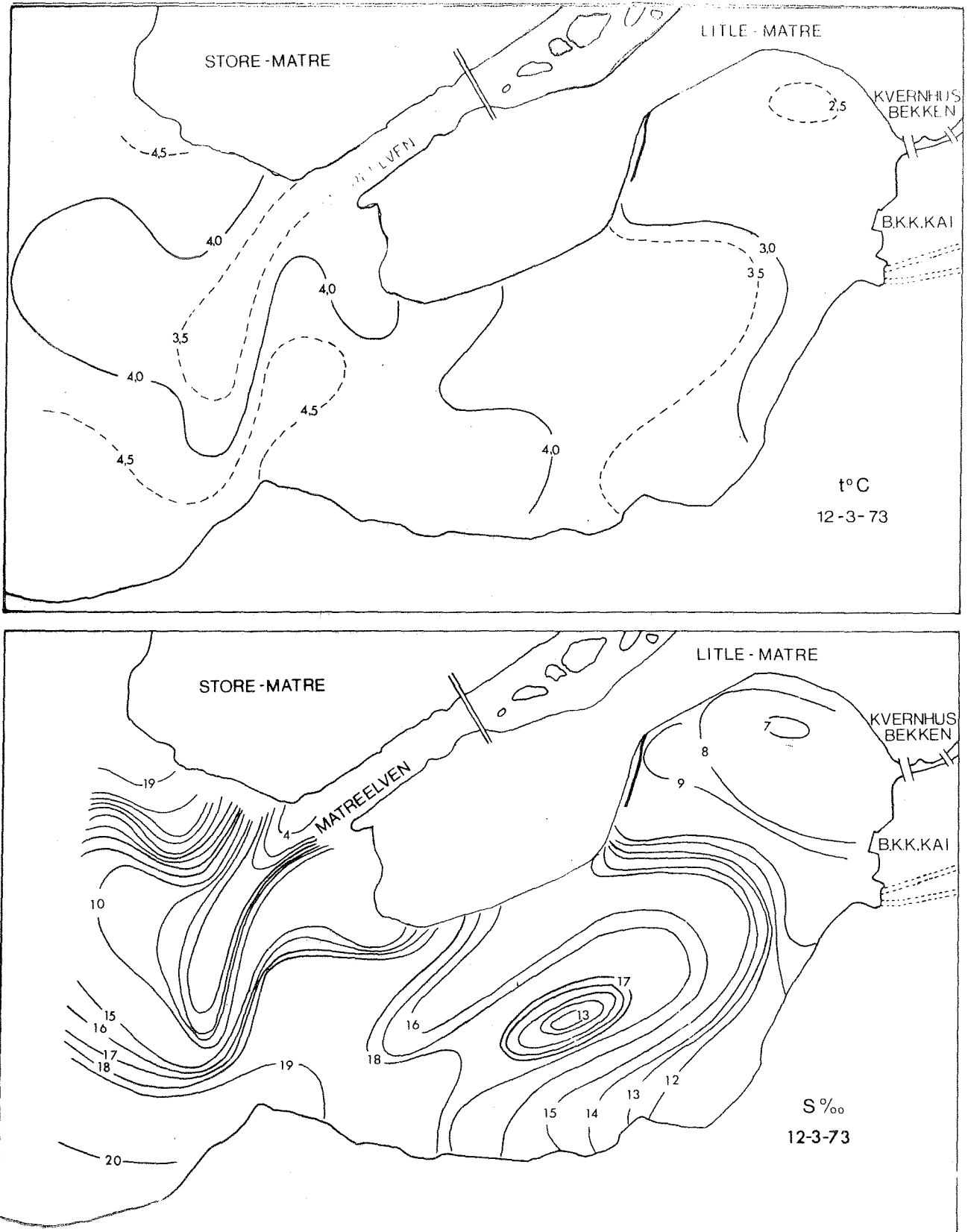


Fig. 12. $t^{\circ}\text{C}$ og $S\text{‰}$ i overflatelaget 12/3-1973.

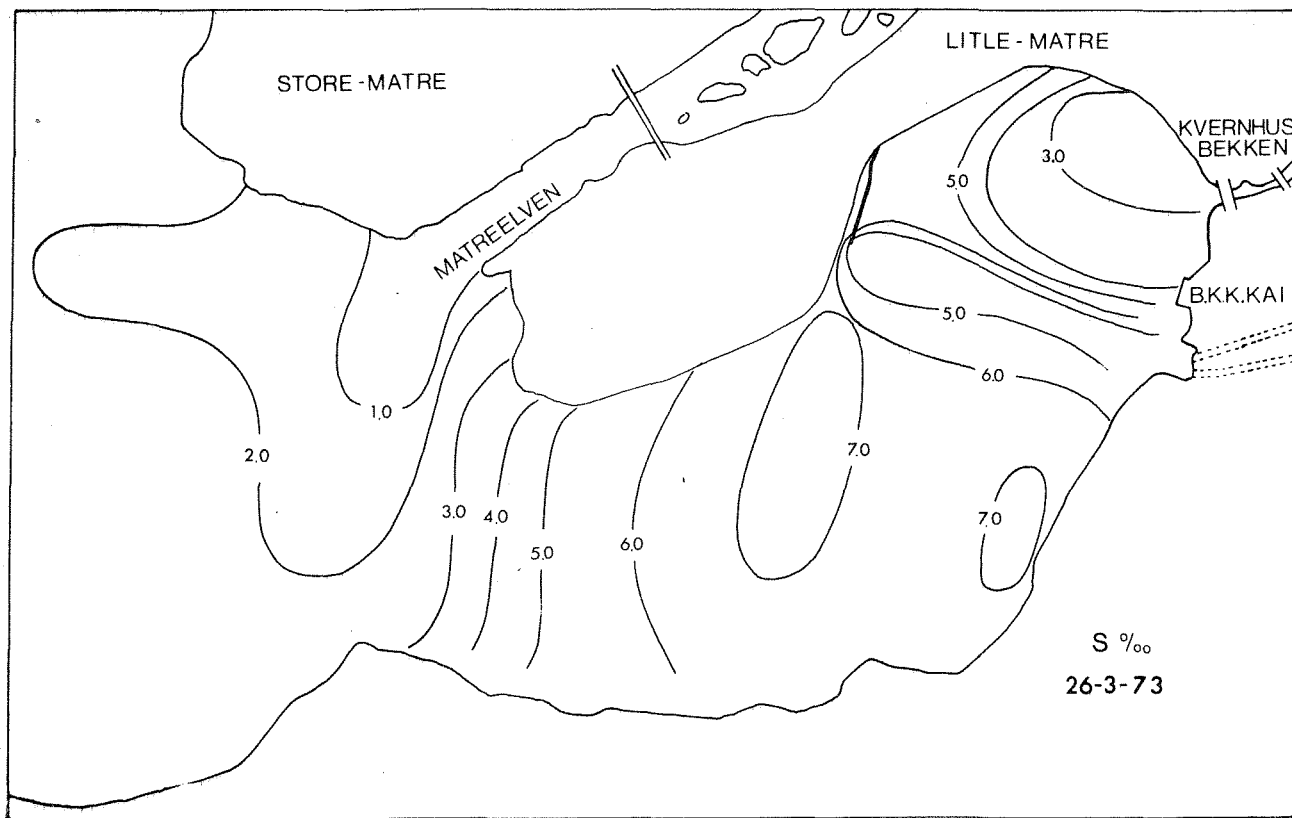
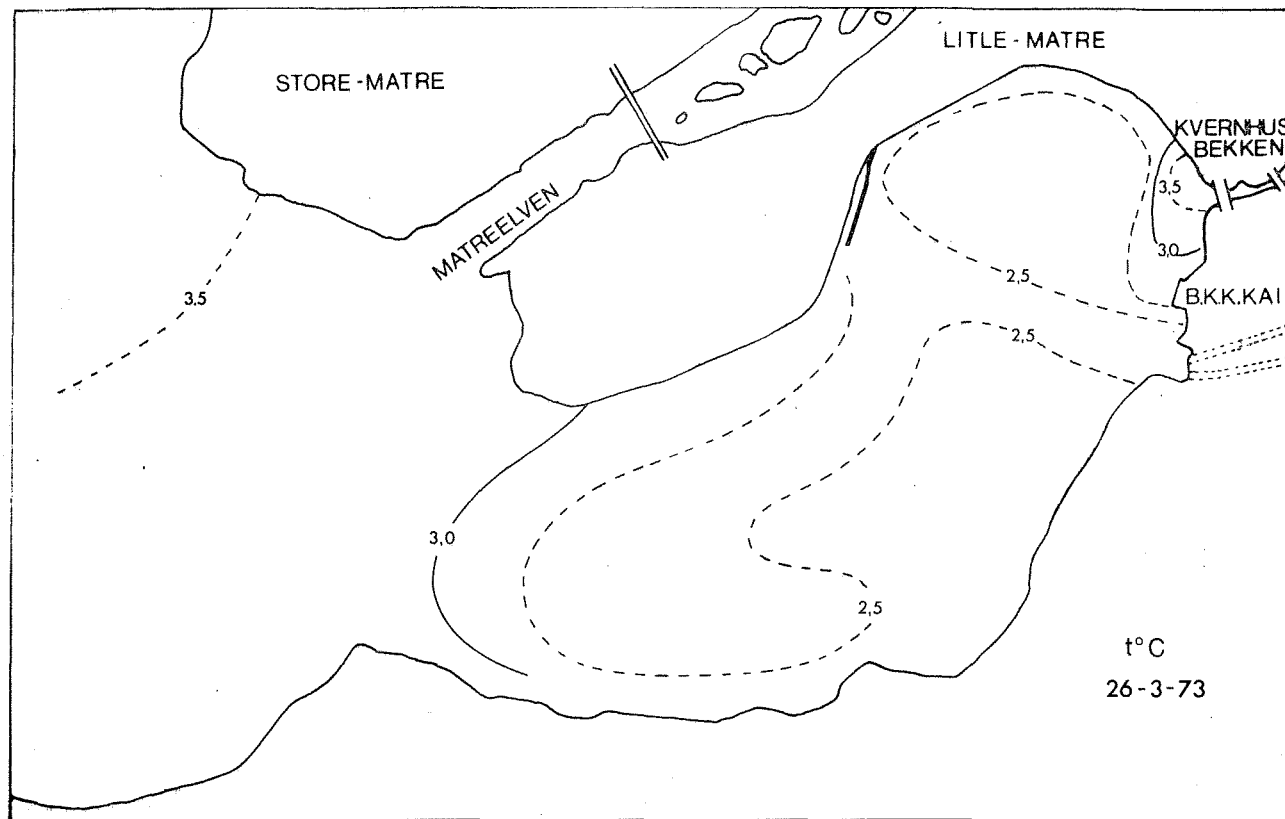


Fig. 13. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 26/3-1973.

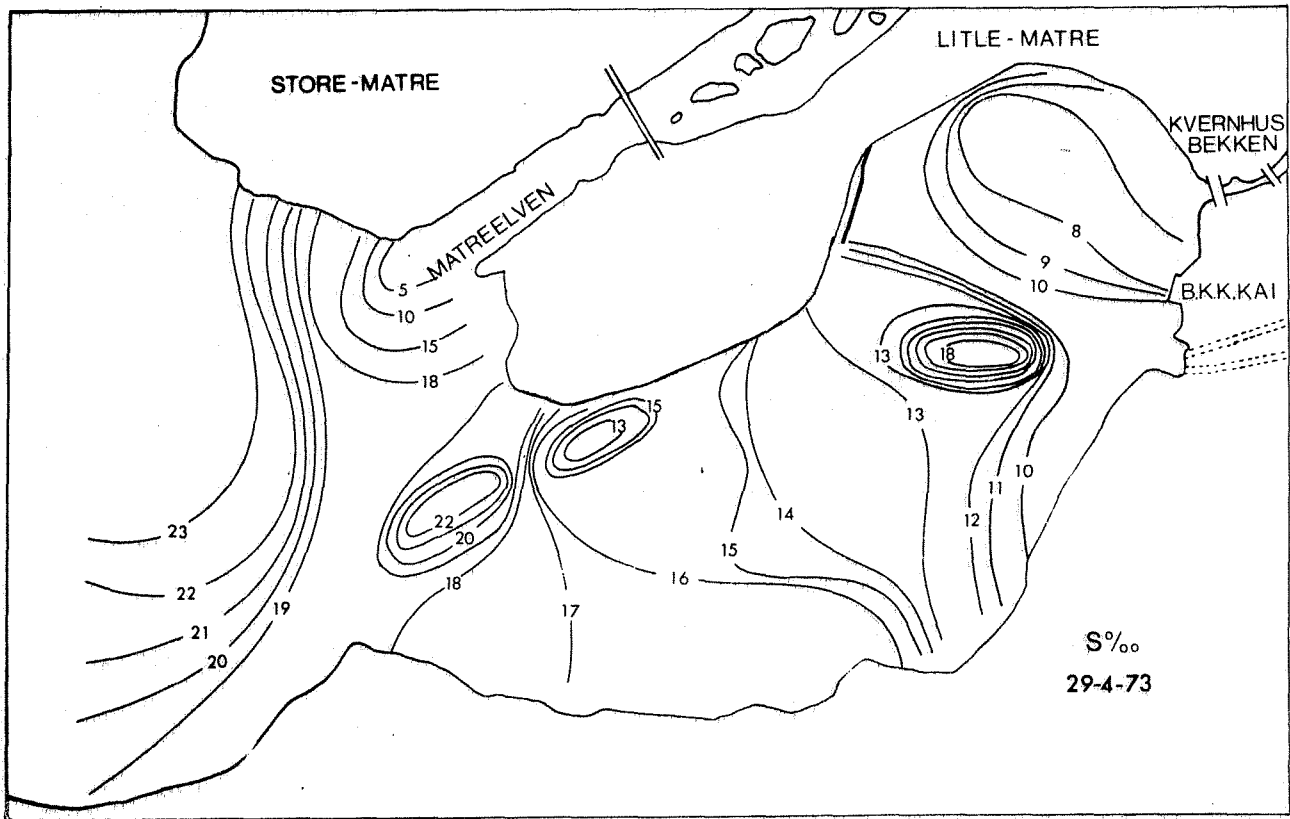
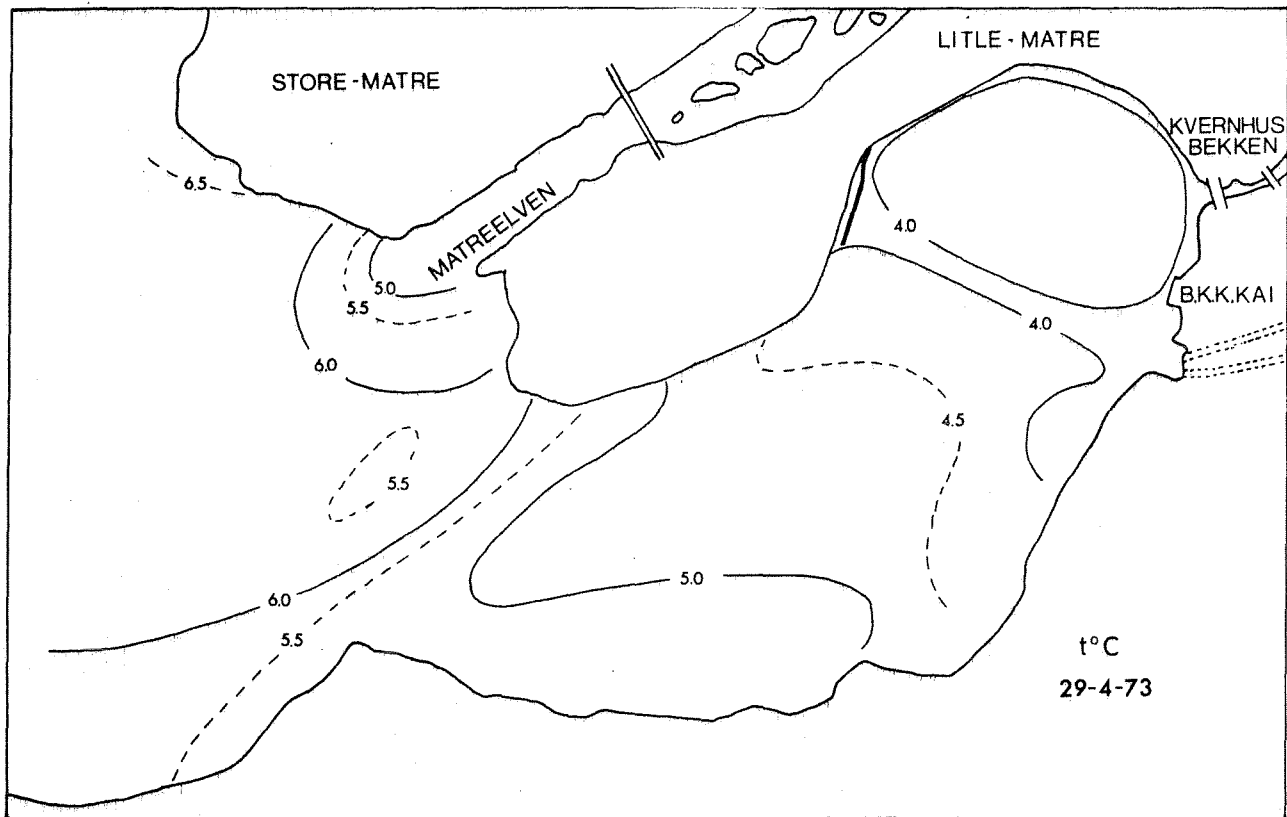


Fig. 14. t°C og S ‰ i overflatelaget 29/4-1973.

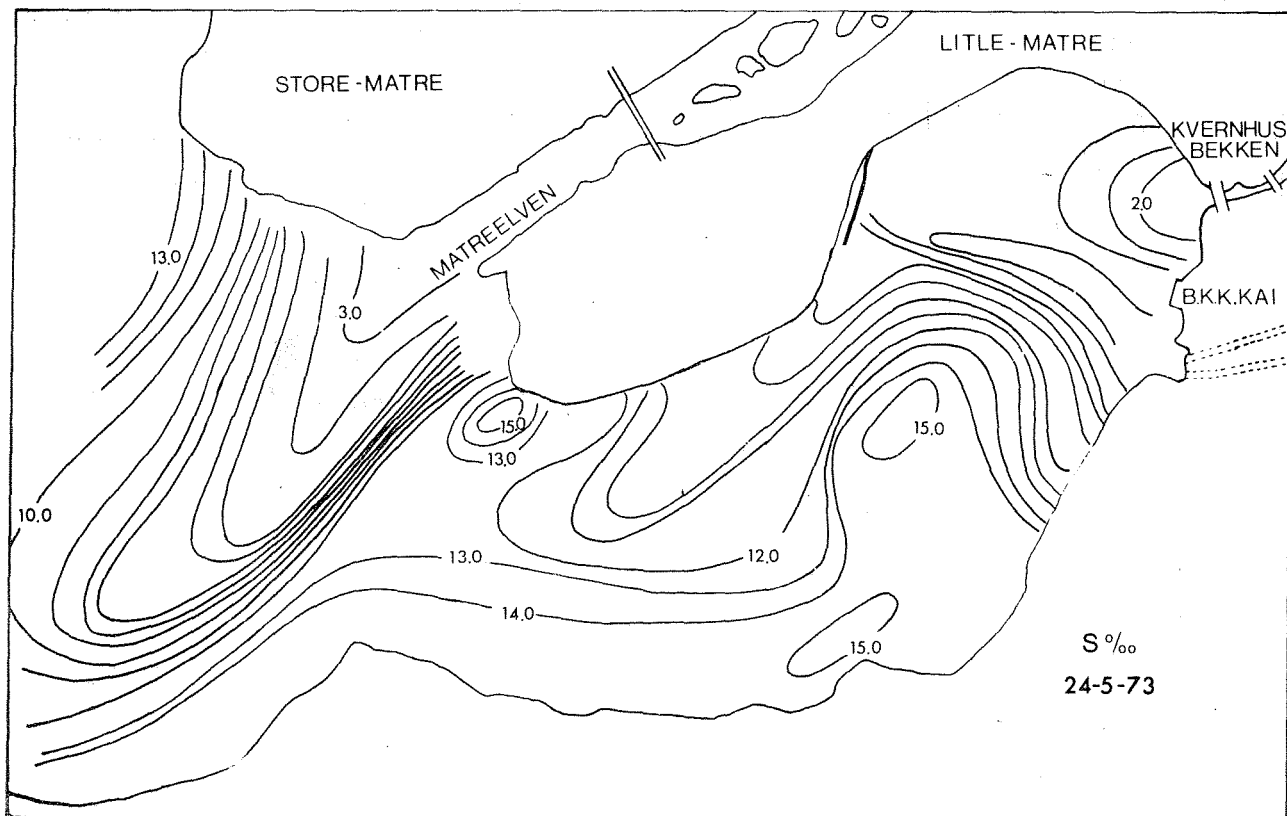
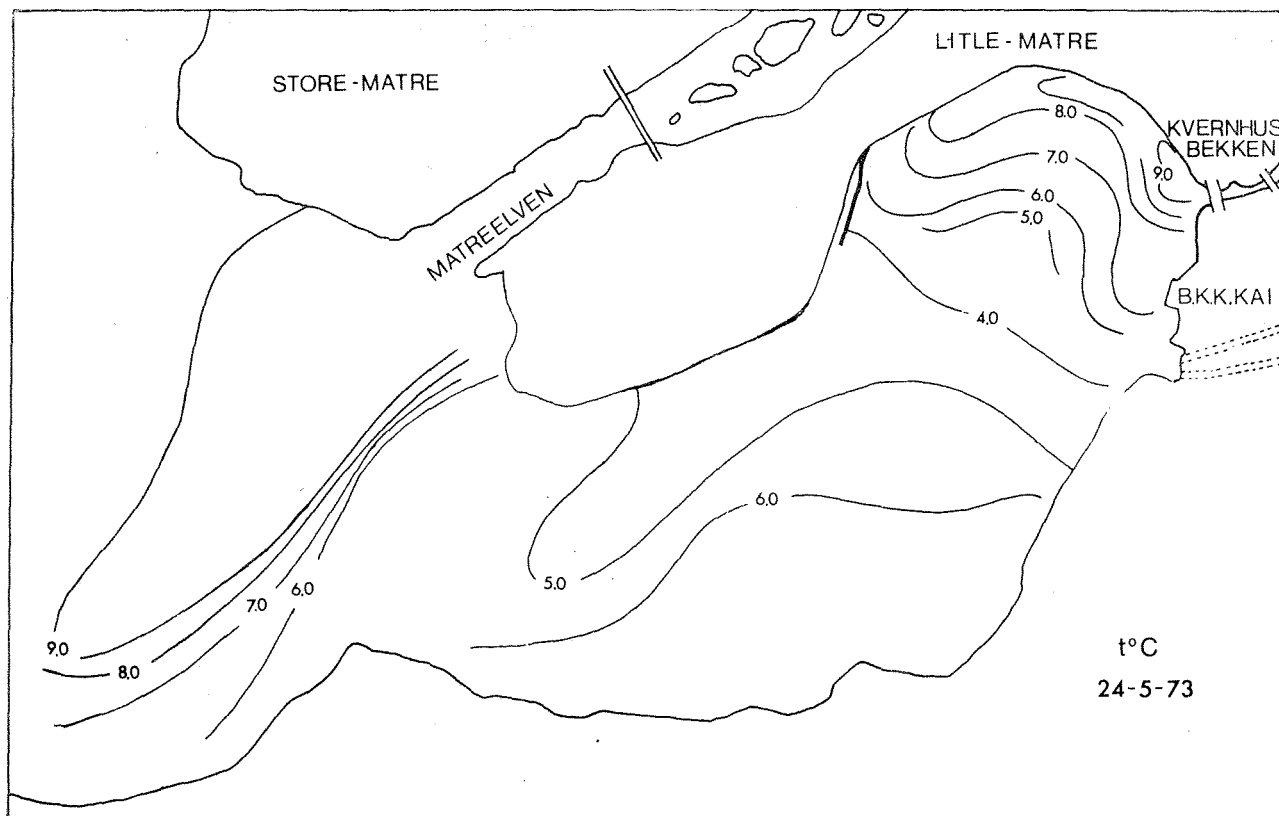


Fig. 15. t°C og S‰ i overflatelaget 24/5-1973.

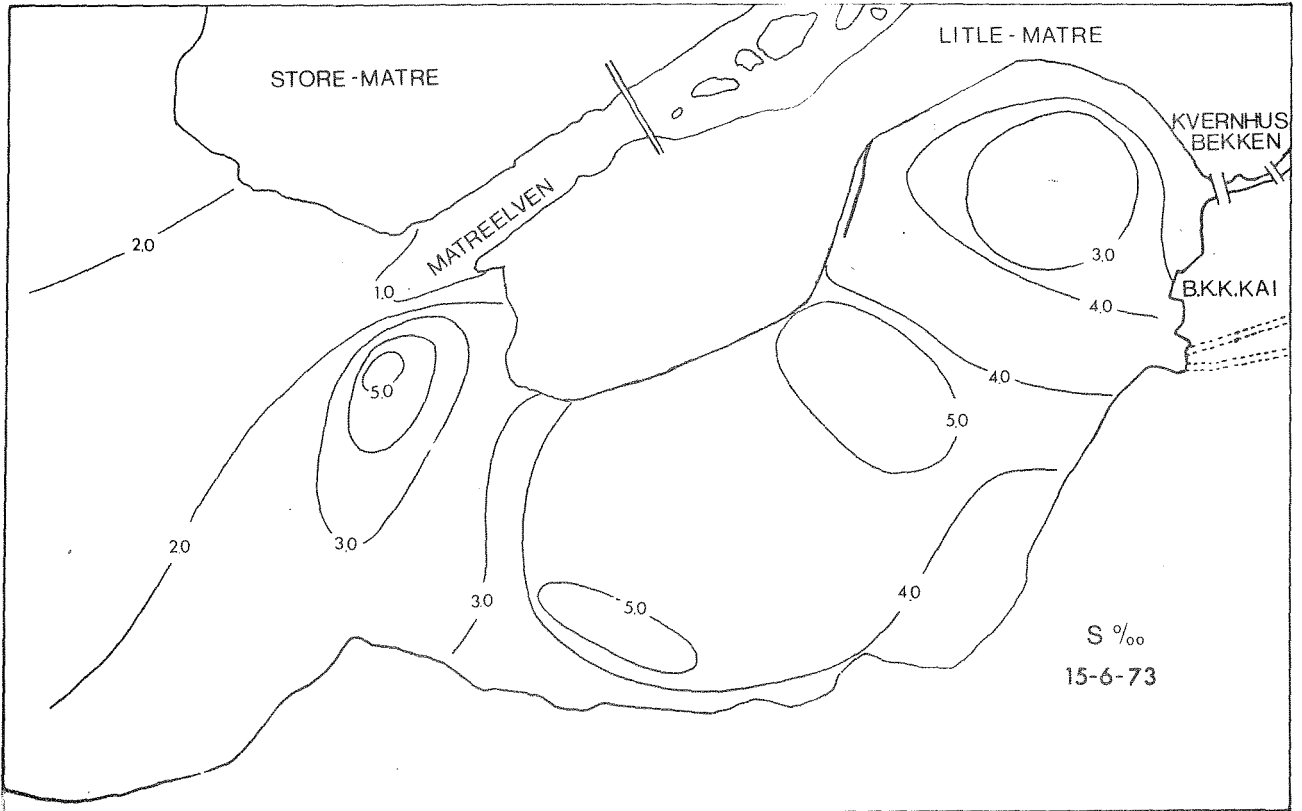
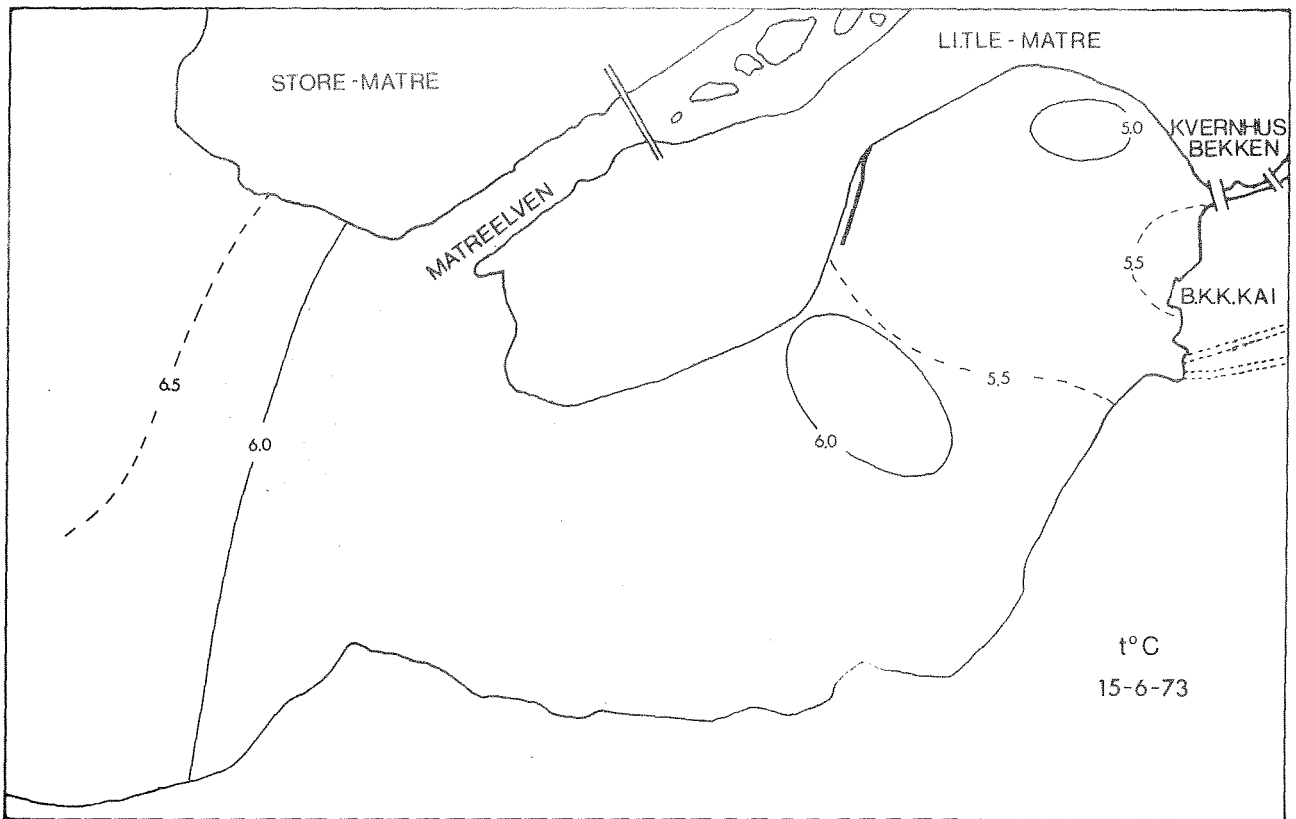


Fig. 16. $t^{\circ}\text{C}$ og $S\text{‰}$ i overflatelaget 15/6-1973.

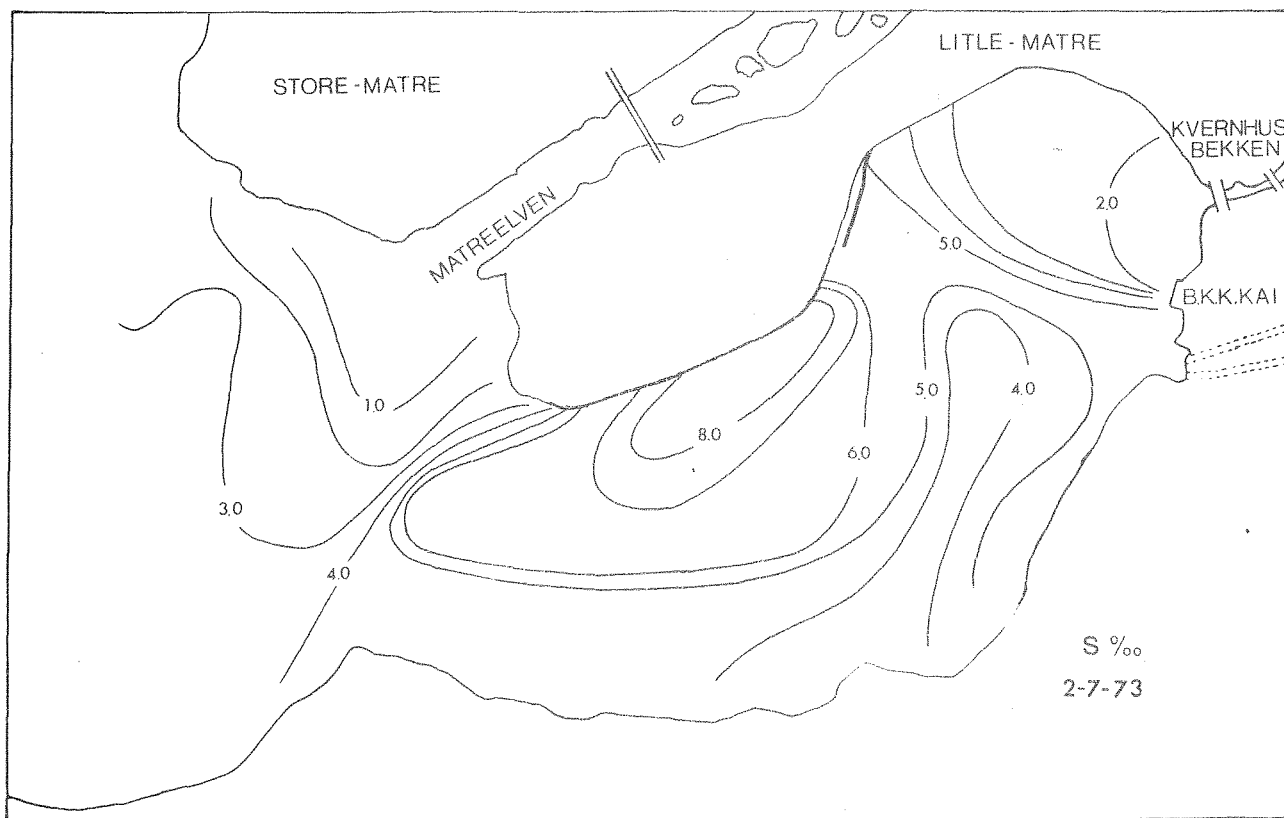
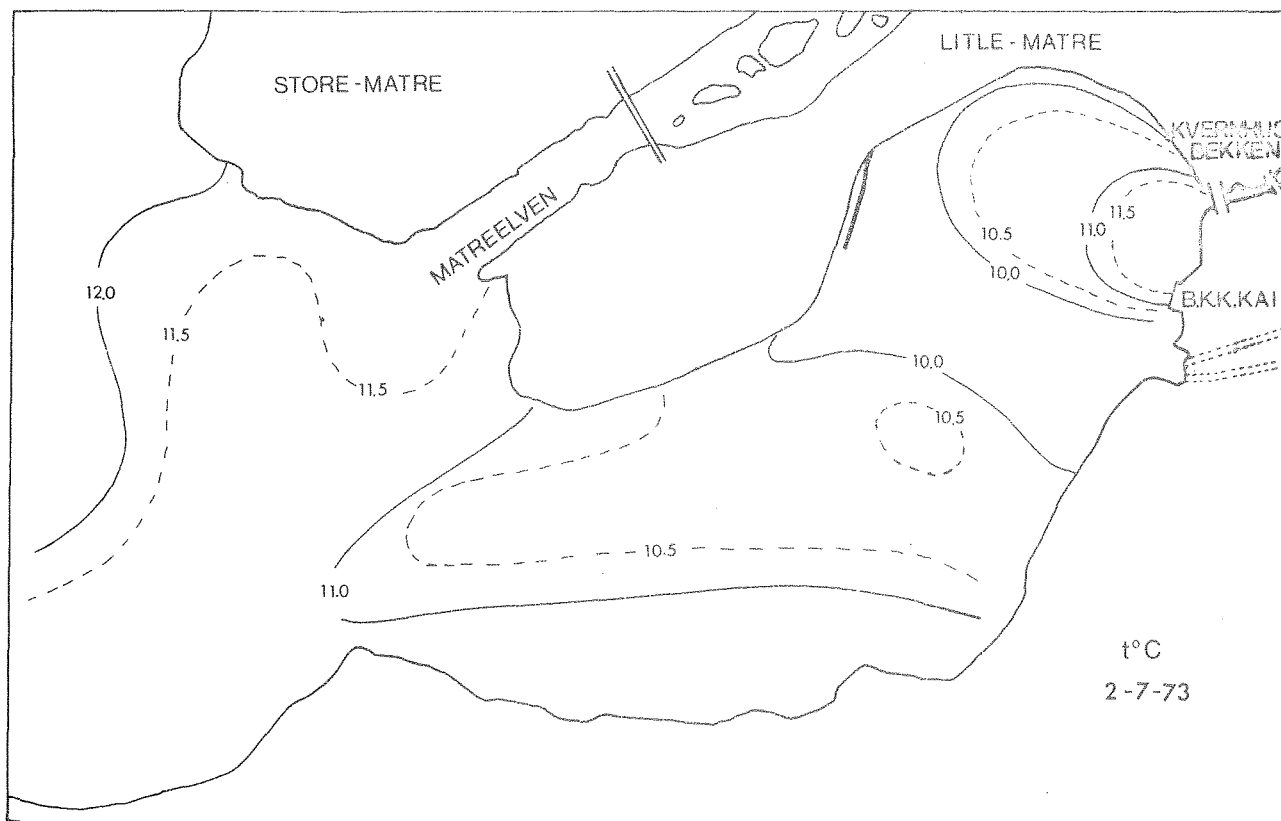


Fig. 17. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 2/7-1973.

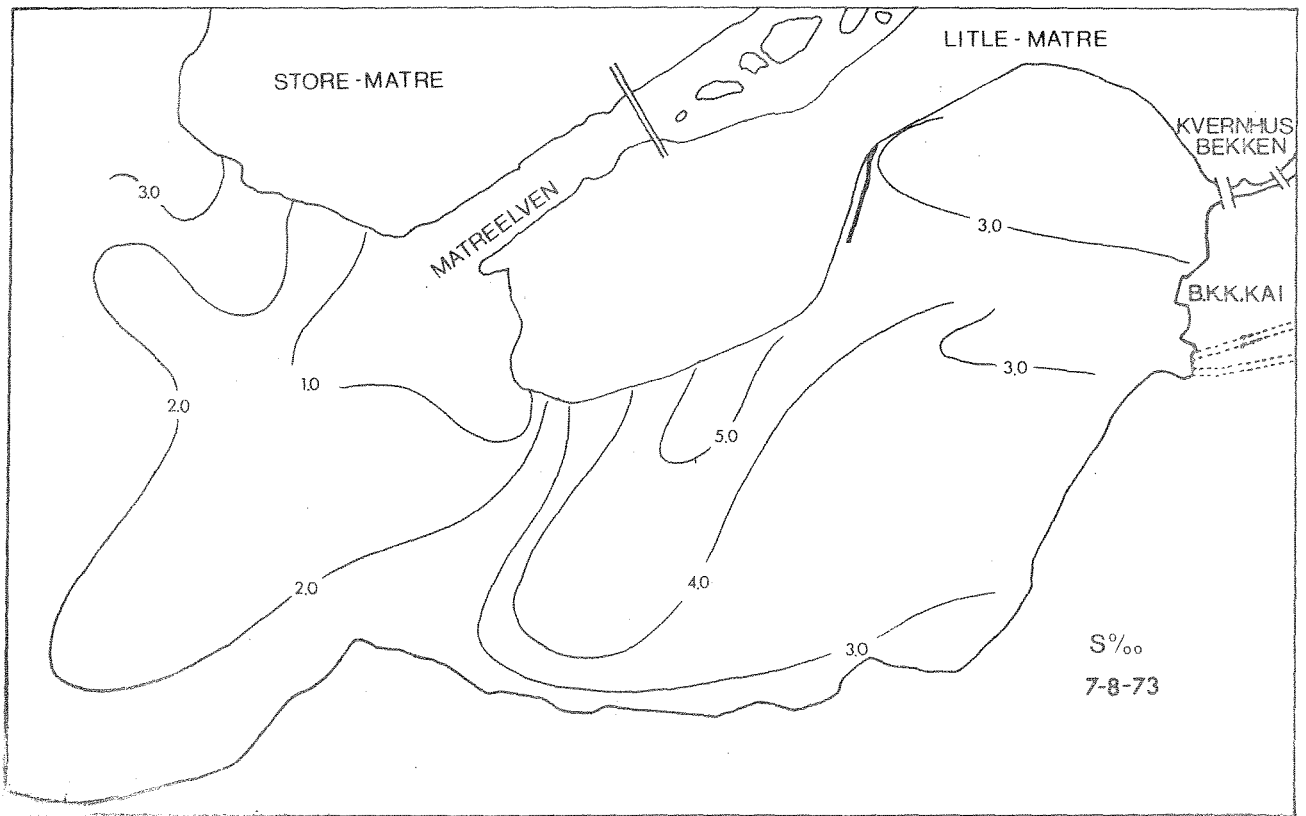
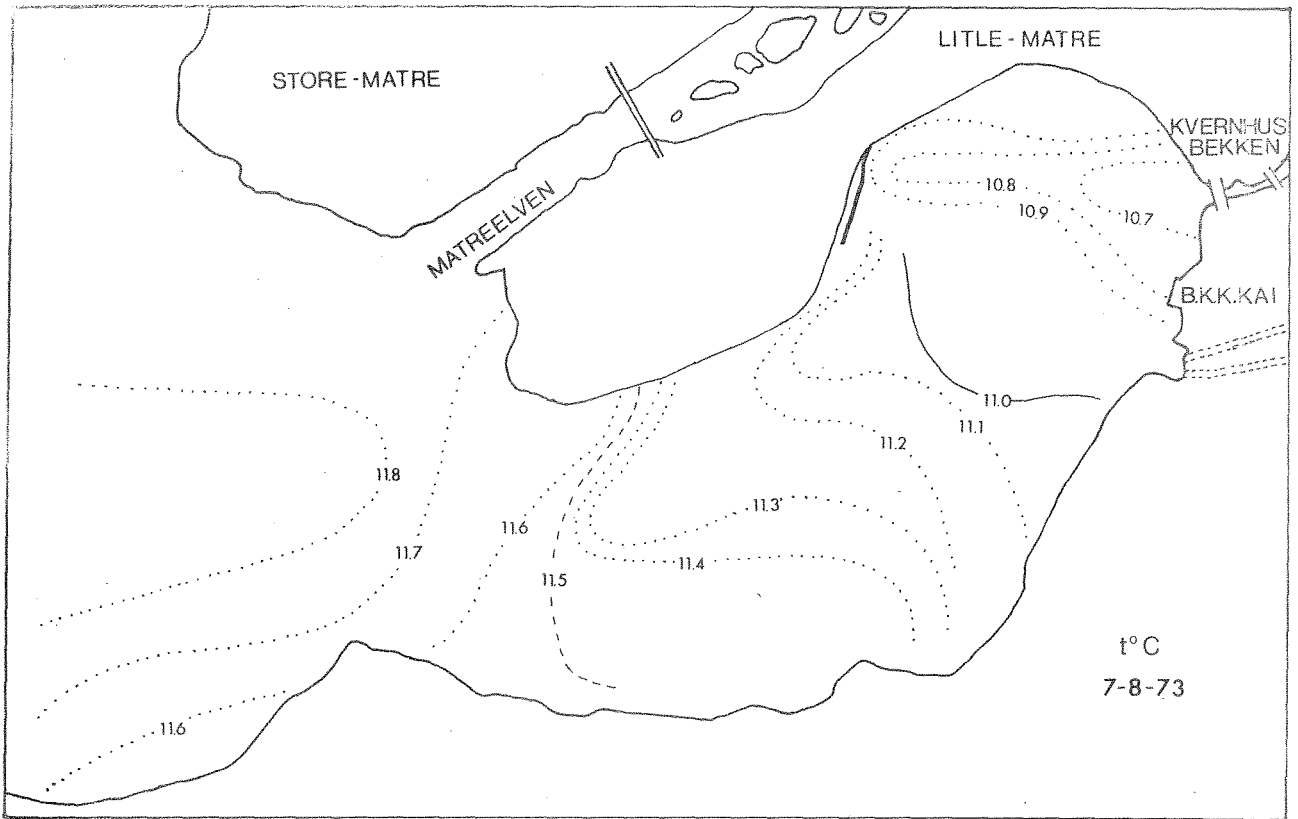


Fig. 18. t°C og S‰ i overflatelaget 7/8-1973.

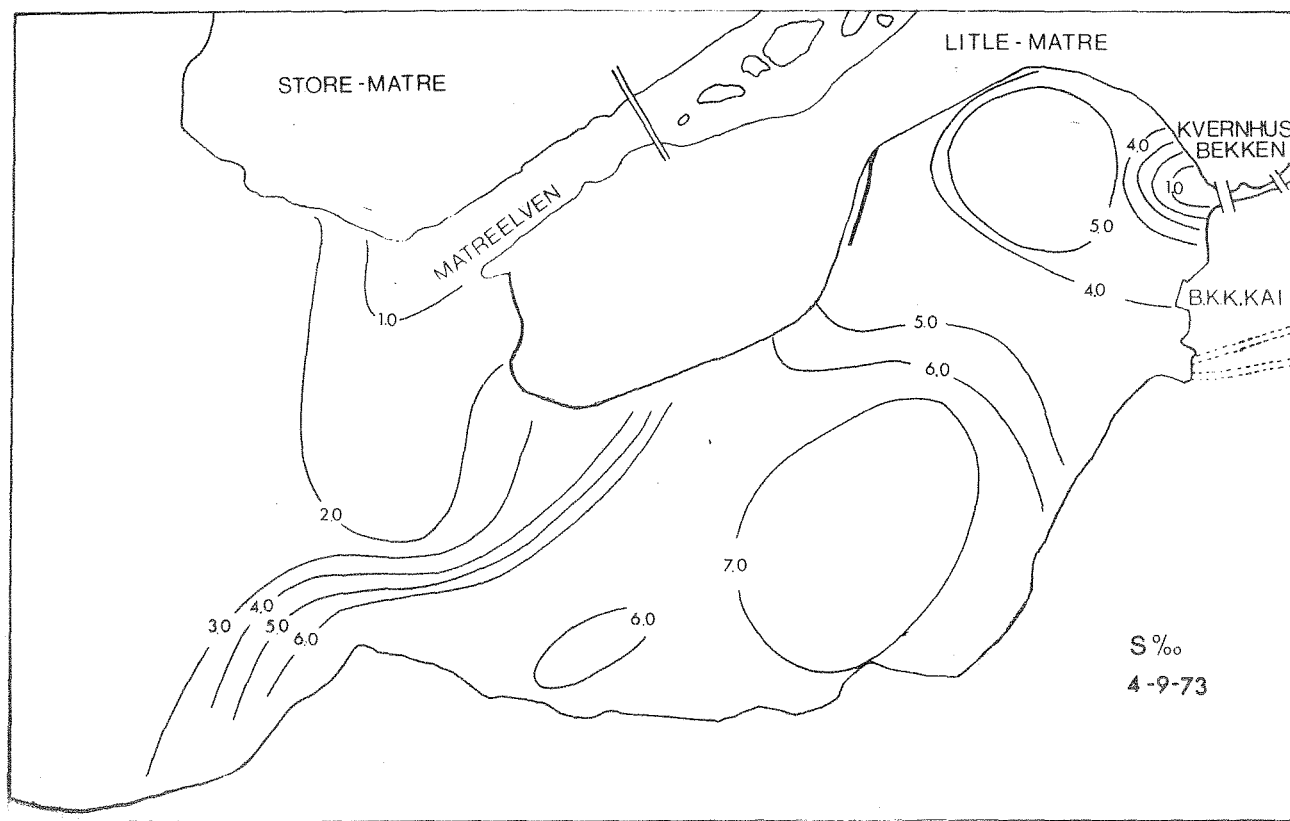
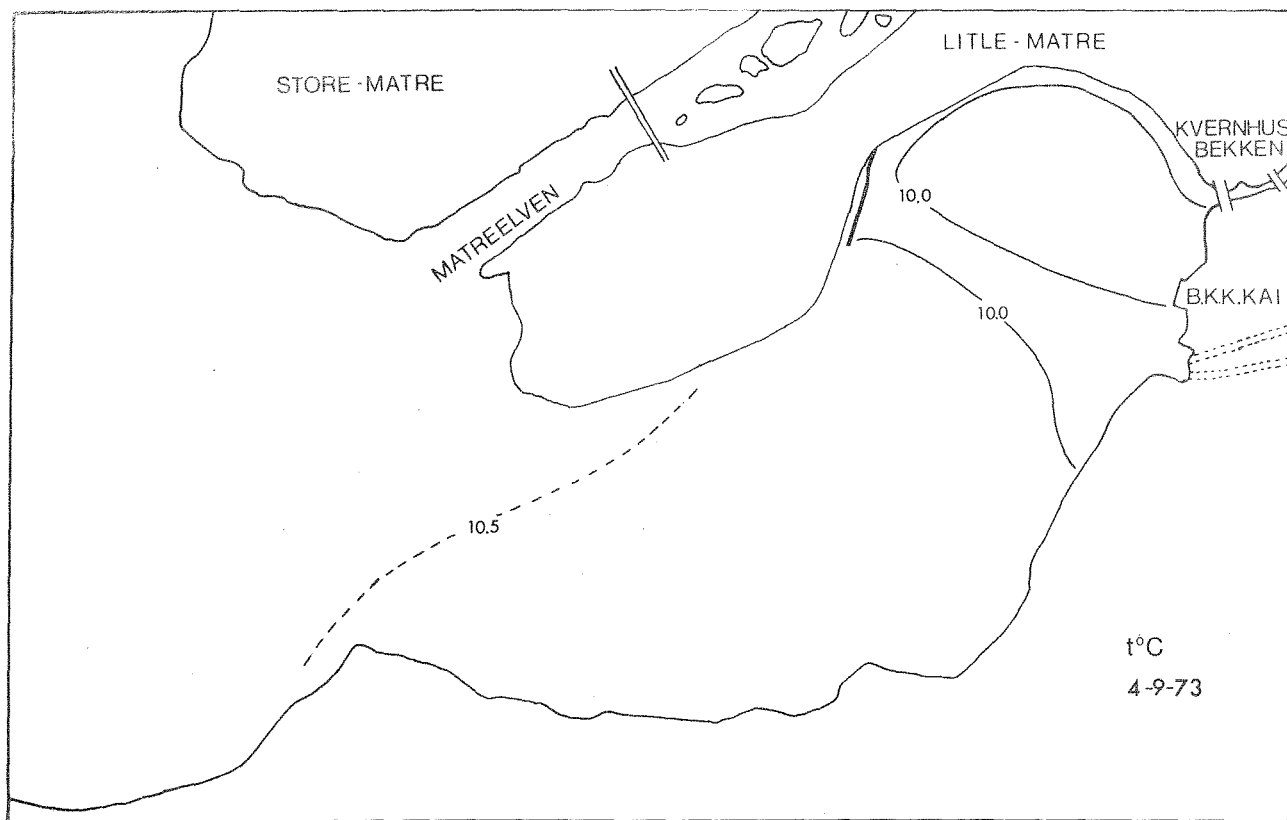


Fig. 19. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 4/9-1973.

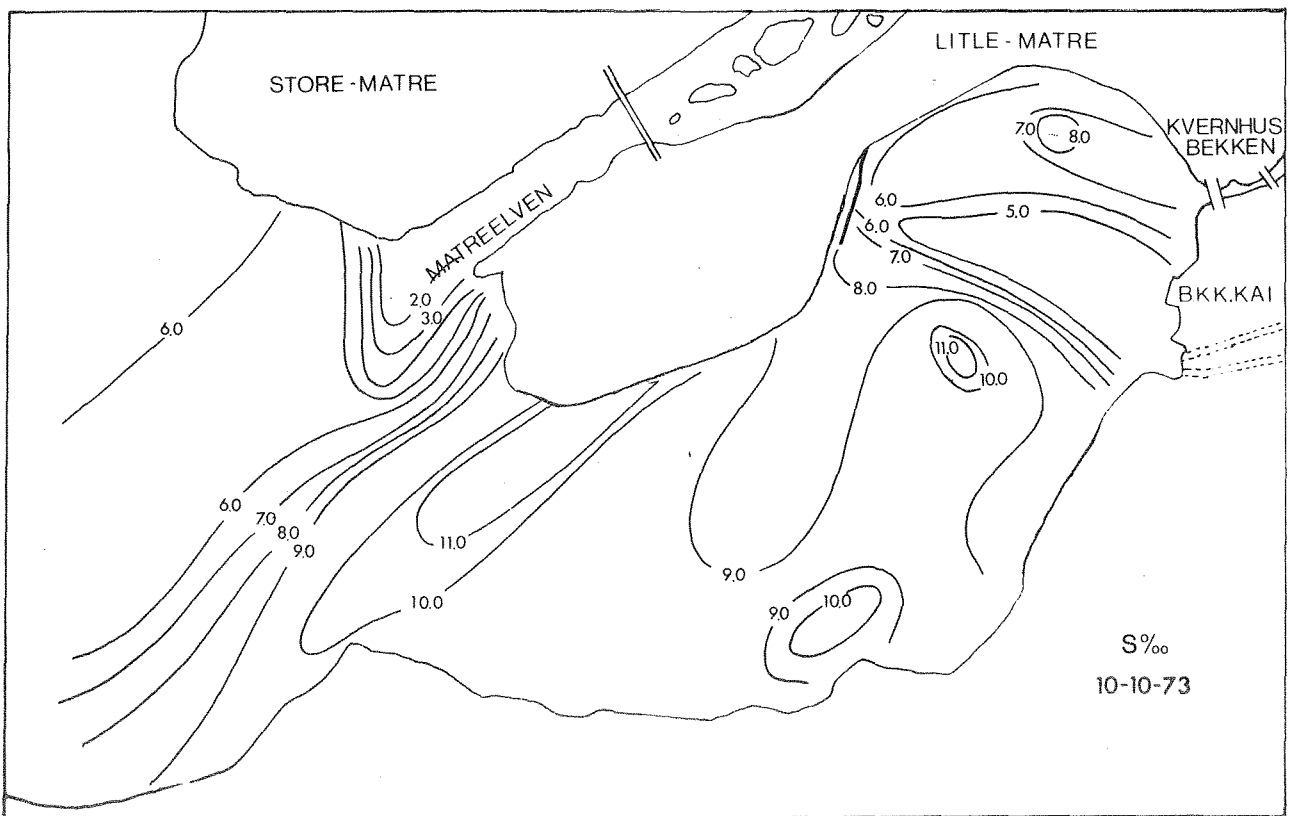
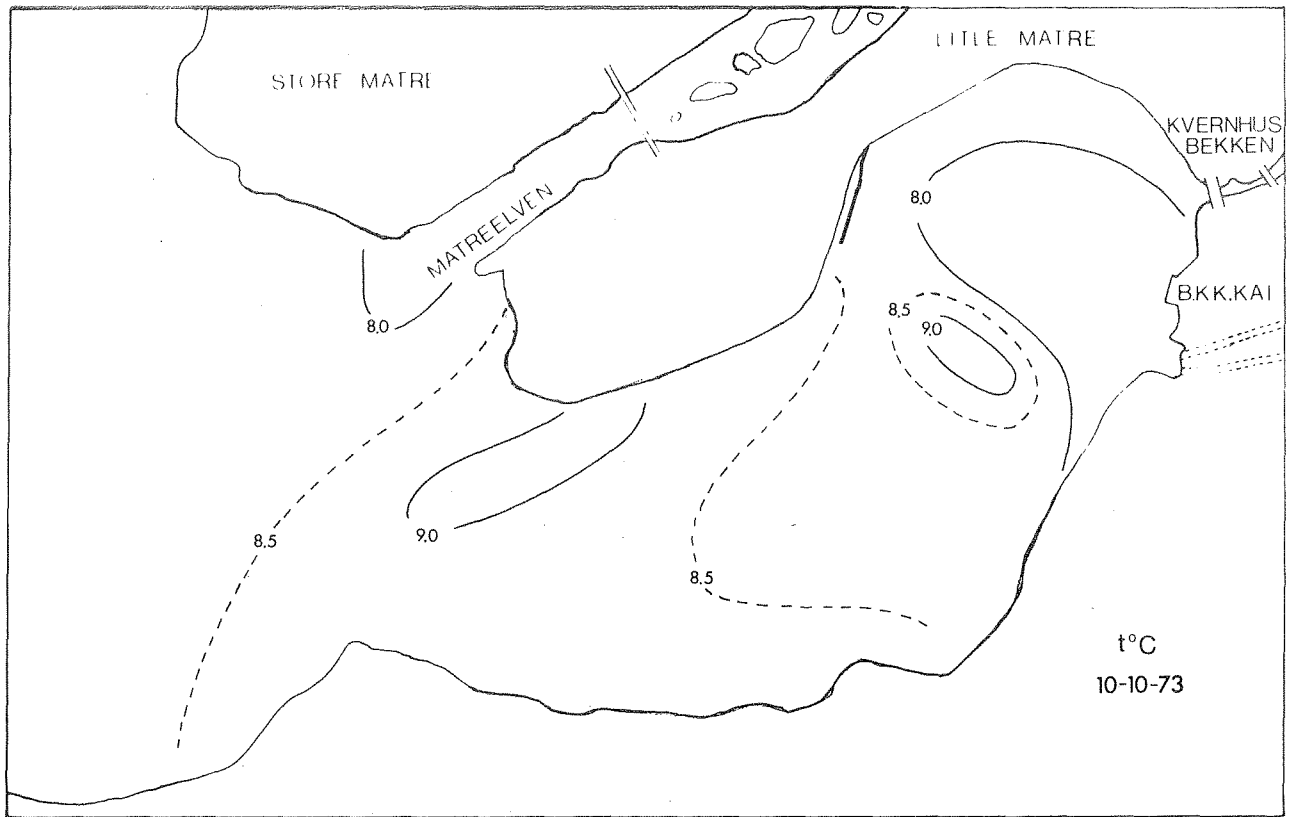


Fig. 20. $t^{\circ}\text{C}$ og $S_{\text{‰}}$ i overflatelaget 10/10-1973.

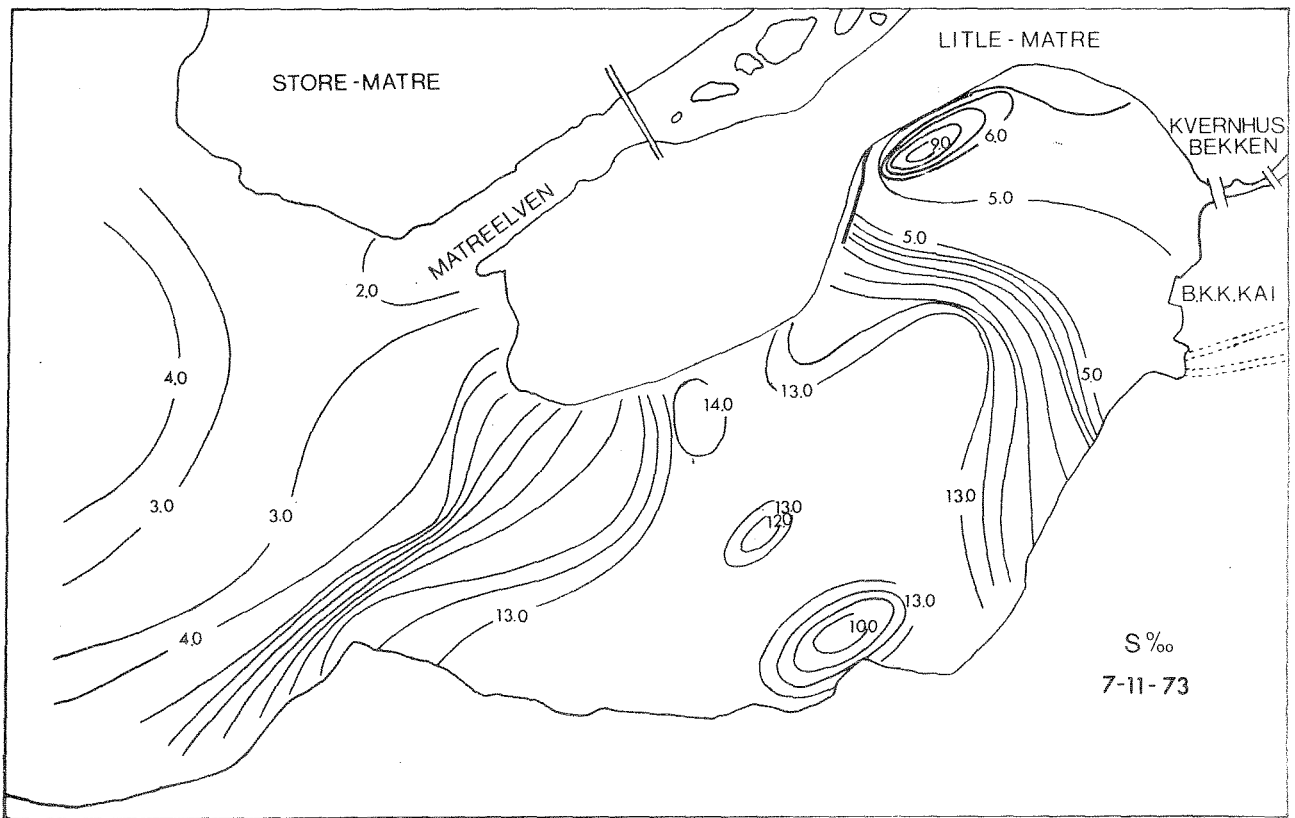
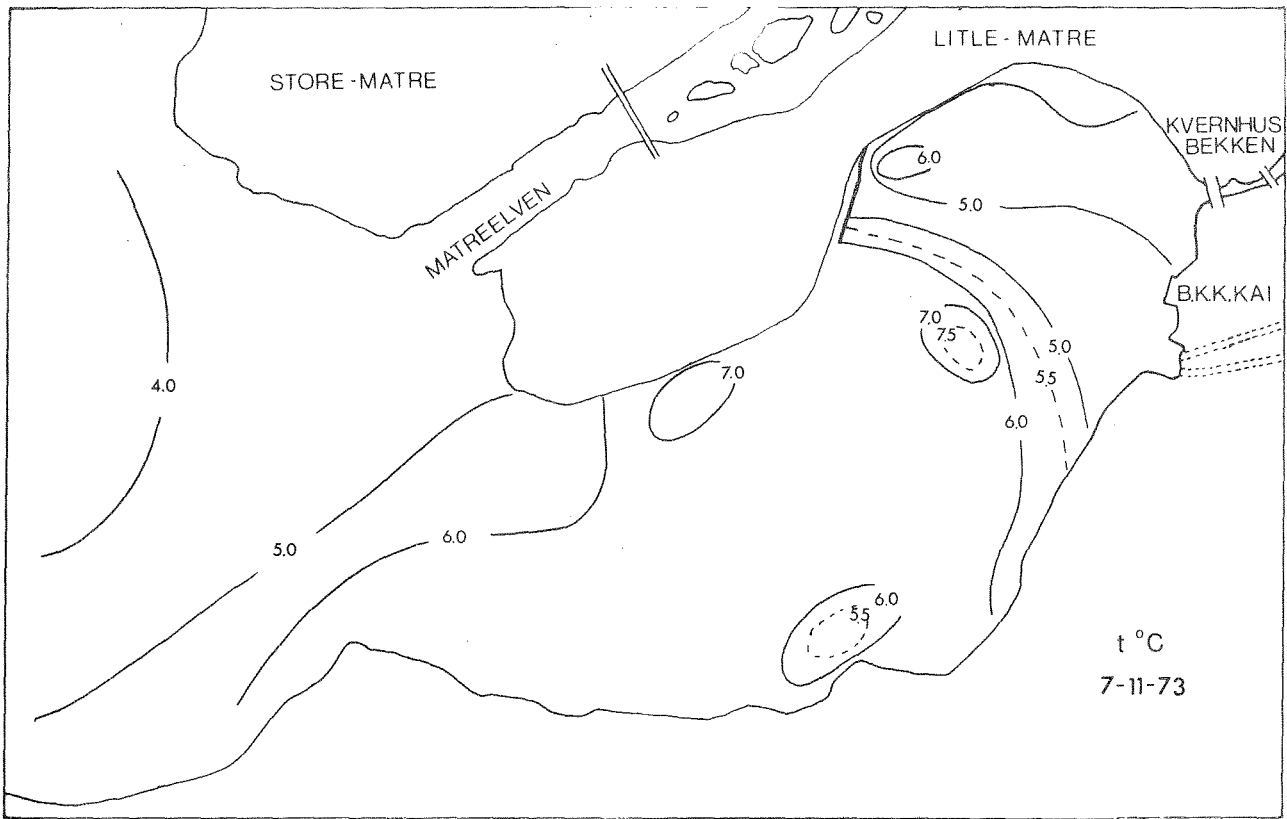


Fig. 21. $t^{\circ}\text{C}$ og S°/oo i overflatelaget 7/11-1973.

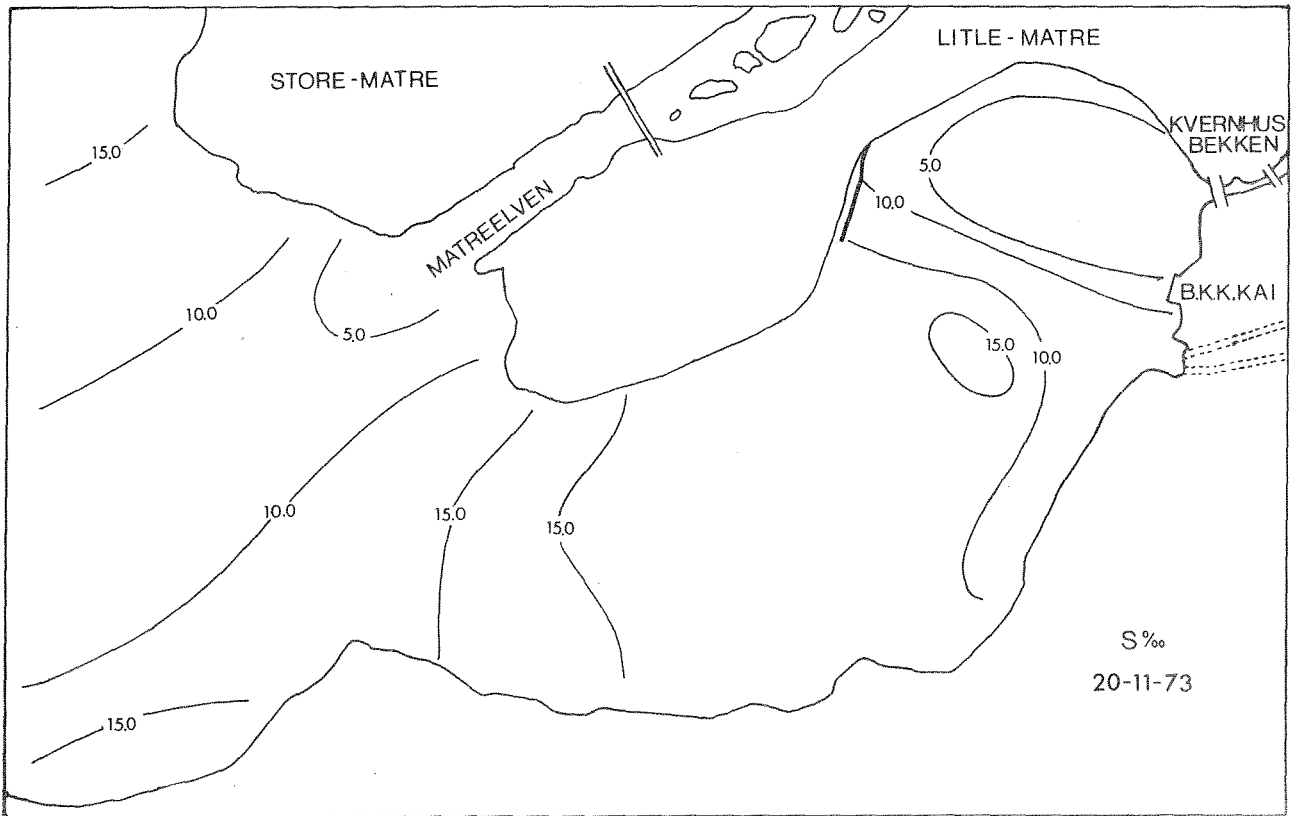
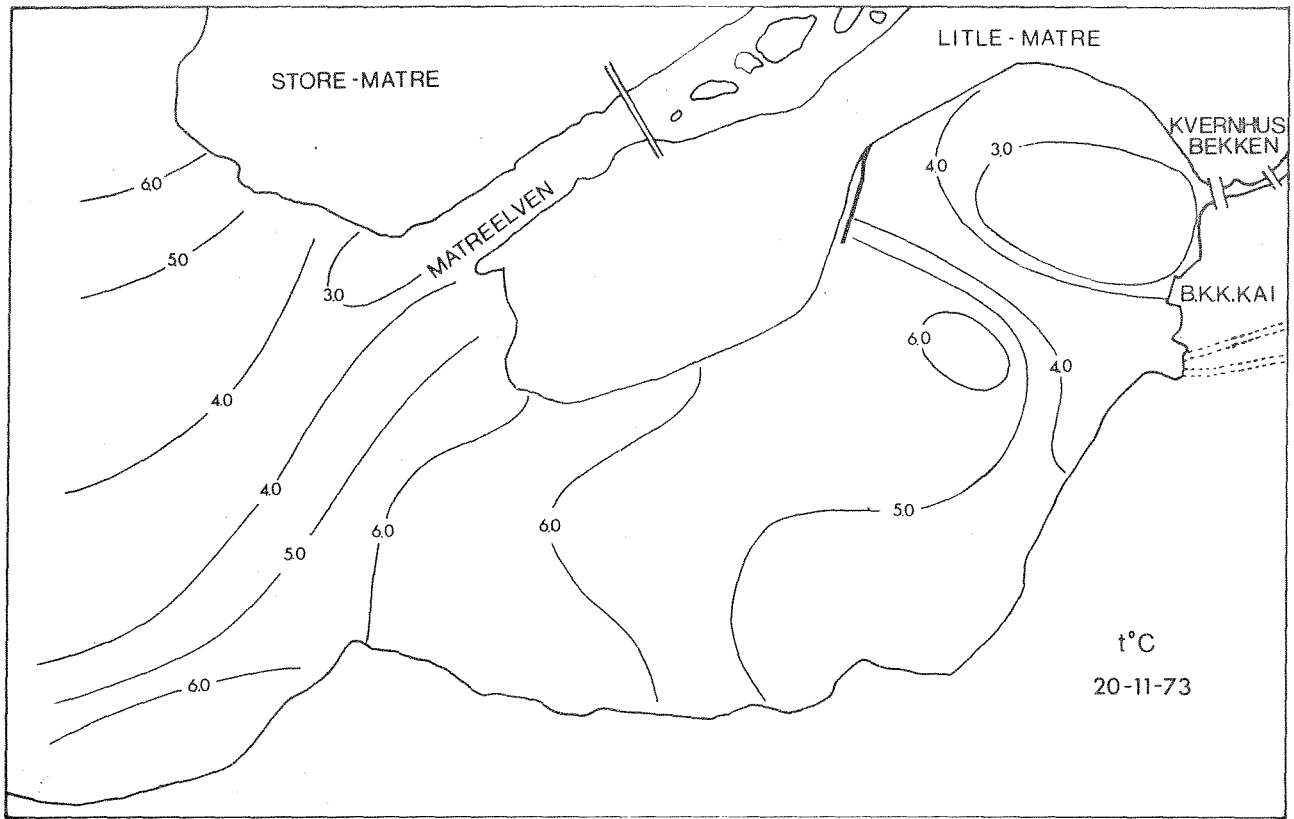


Fig. 22. t°C og S ‰ i overflatelaget 20/11-1973.

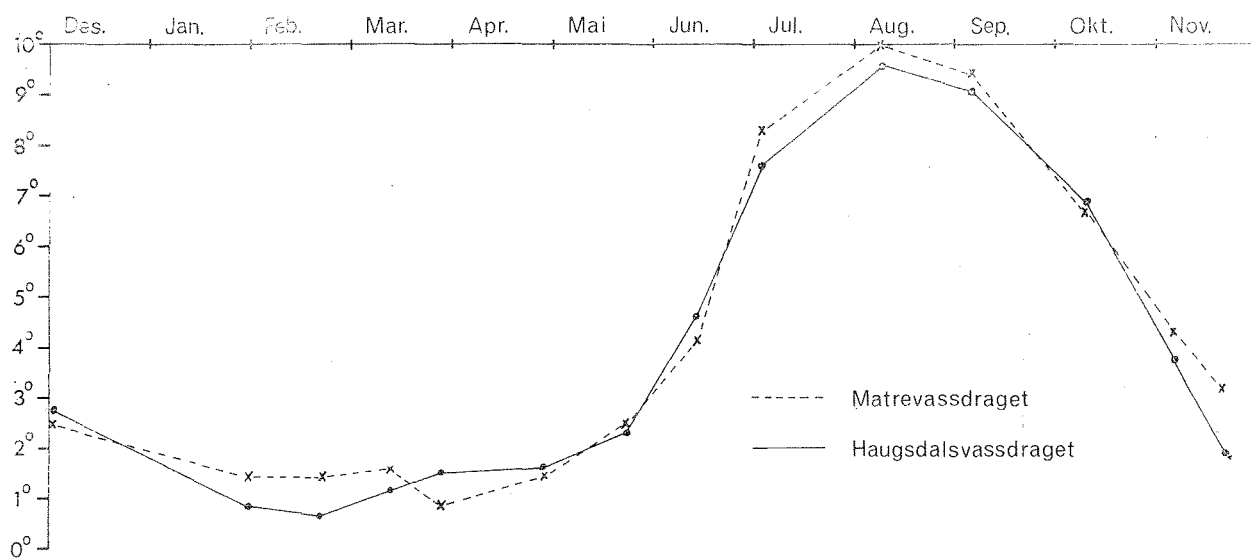


Fig. 23. Temperaturen i driftsvannet fra kraftstasjonen.

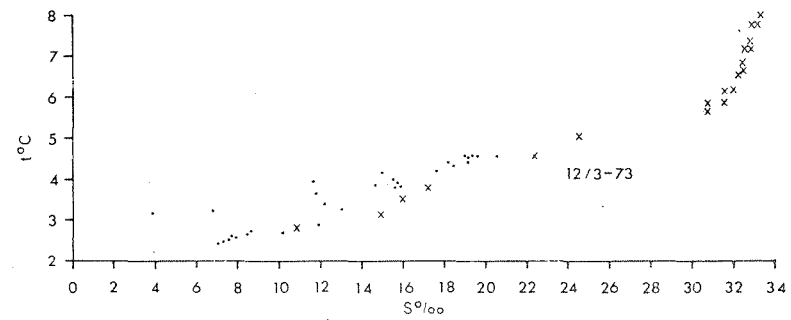
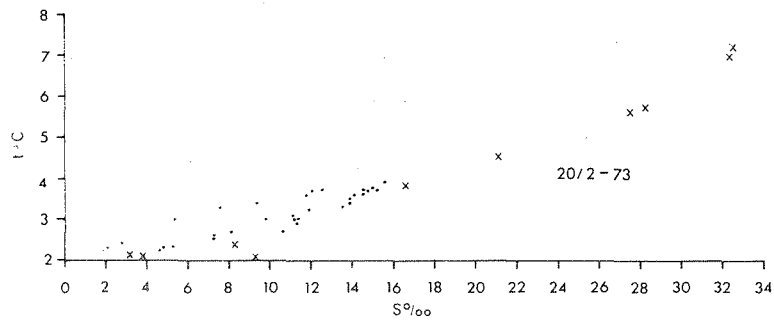
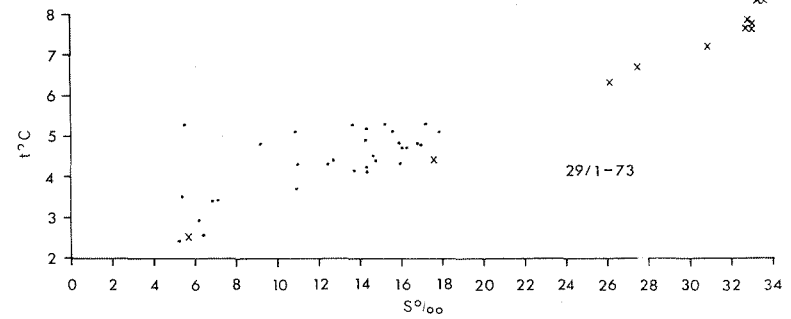
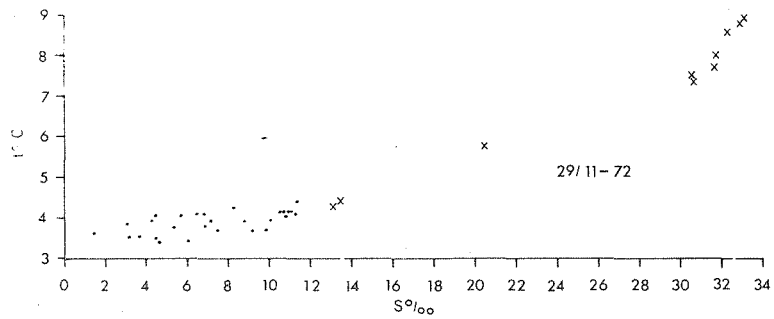
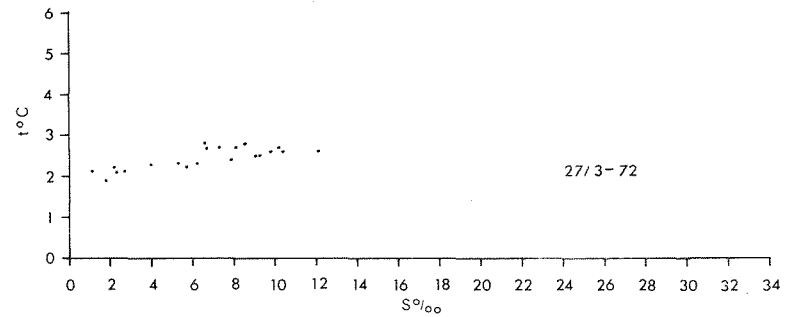
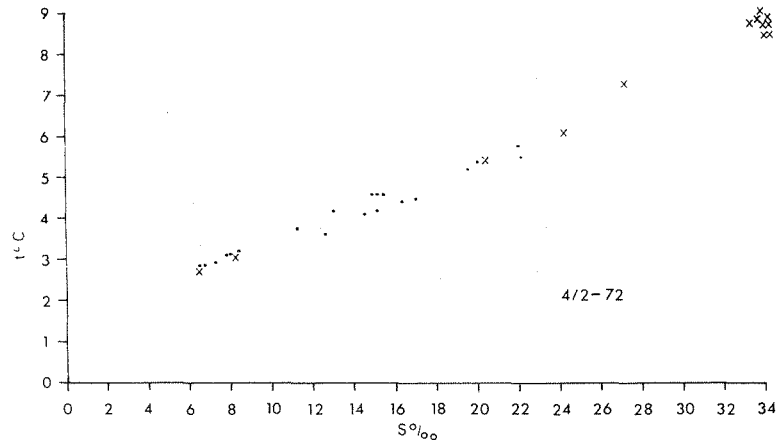


Fig. 24. T-S diagram 4/2-72 - 12/3-73.

-) Overflateprøver
- X) Hydrografisk stasjon

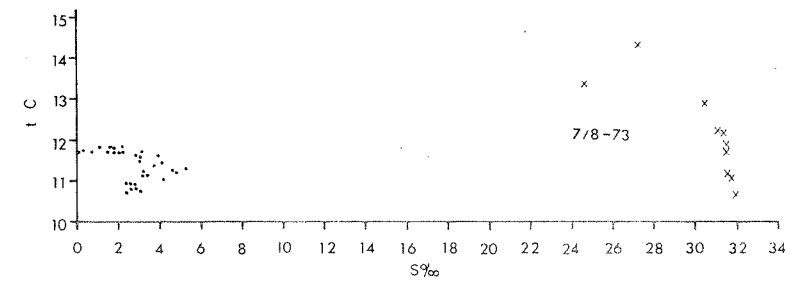
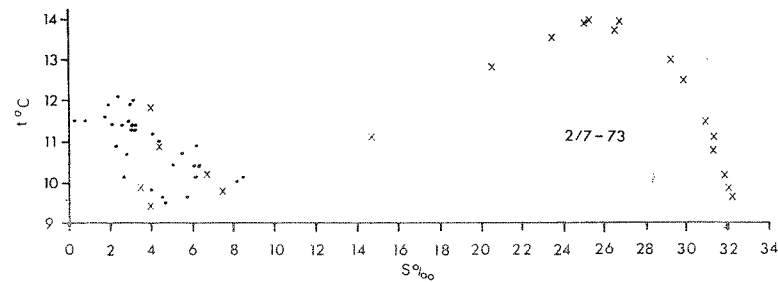
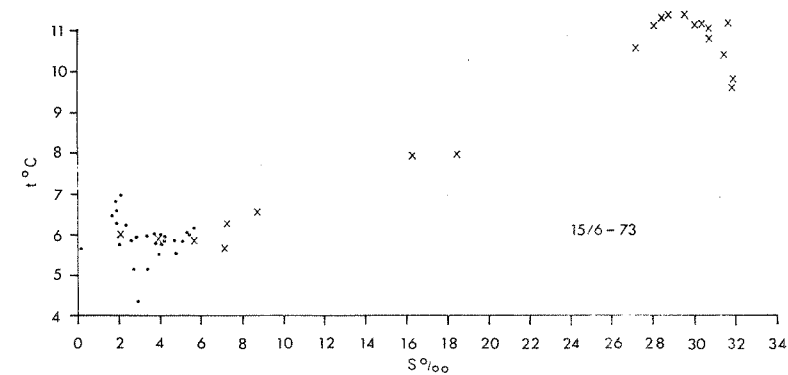
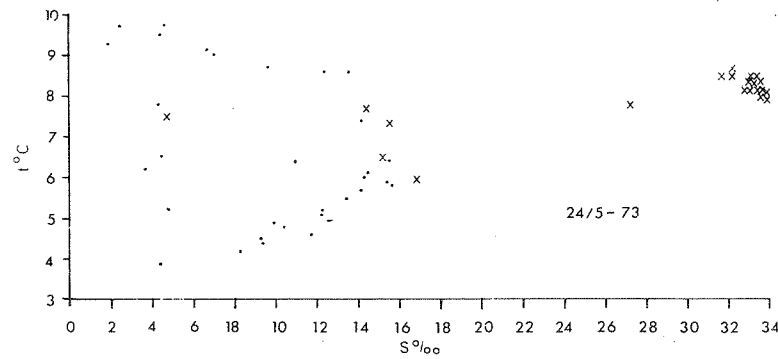
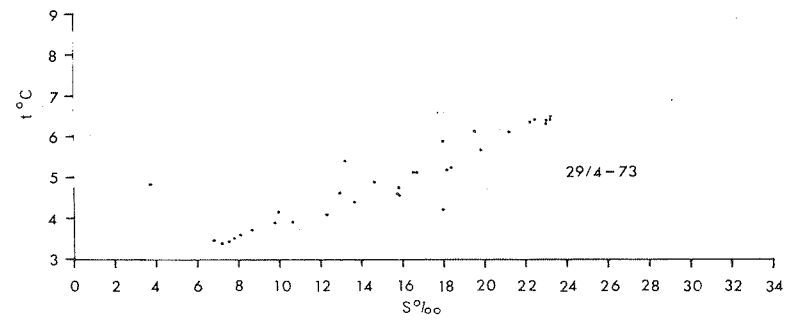
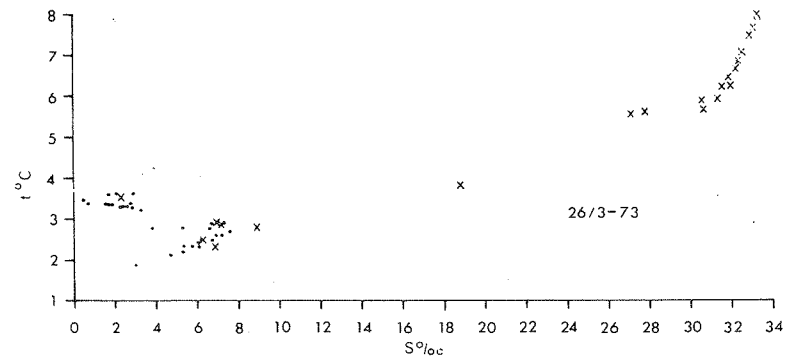


Fig. 25. T-S diagram 26/3-73 - 7/8-73.

-) Overflateprøver
- X) Hydrografisk stasjon

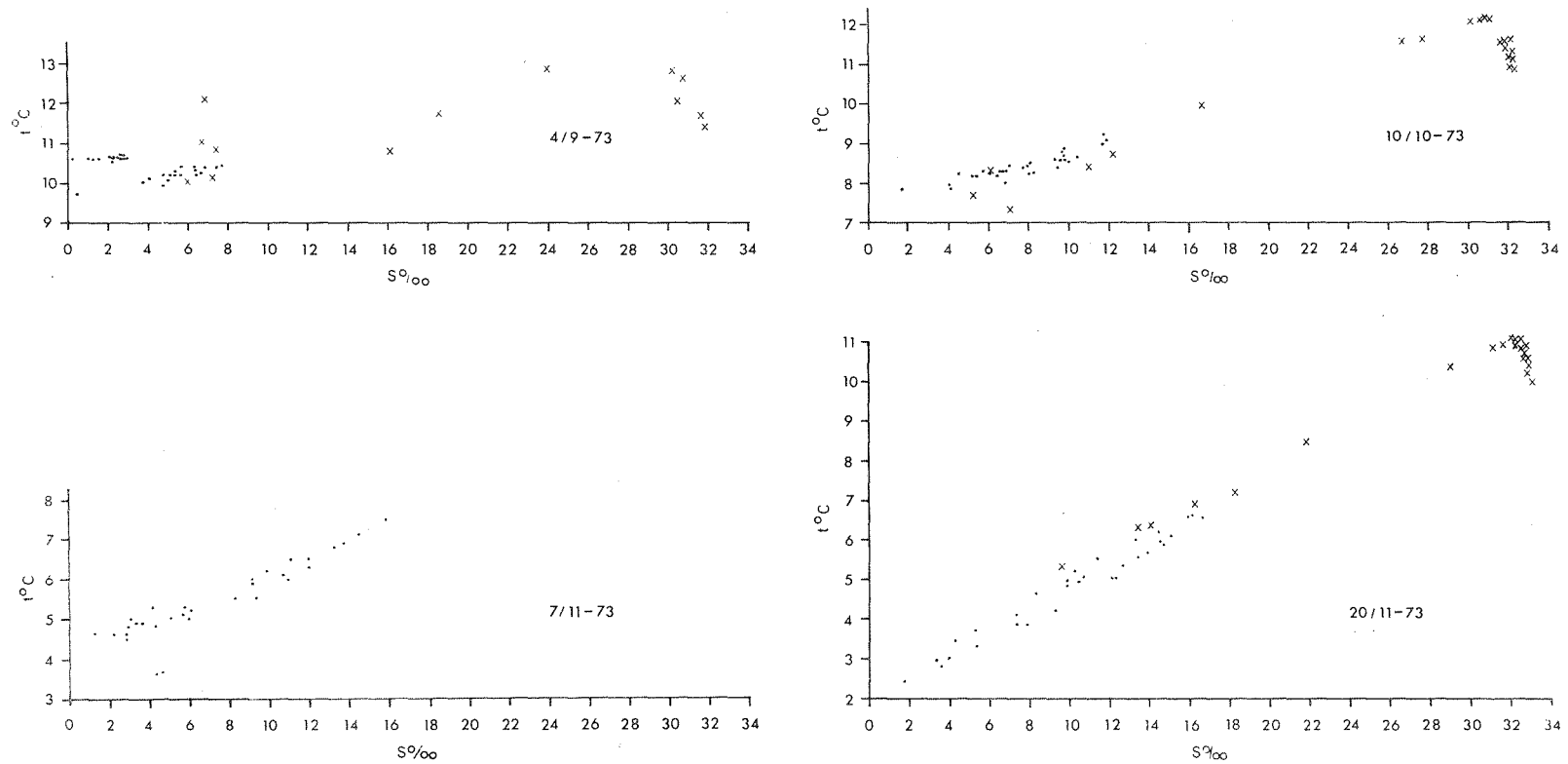


Fig. 26. T-S diagram 4/9-73 - 20/11-73.

-) Overflateprøver
- X) Hydrografisk stasjon

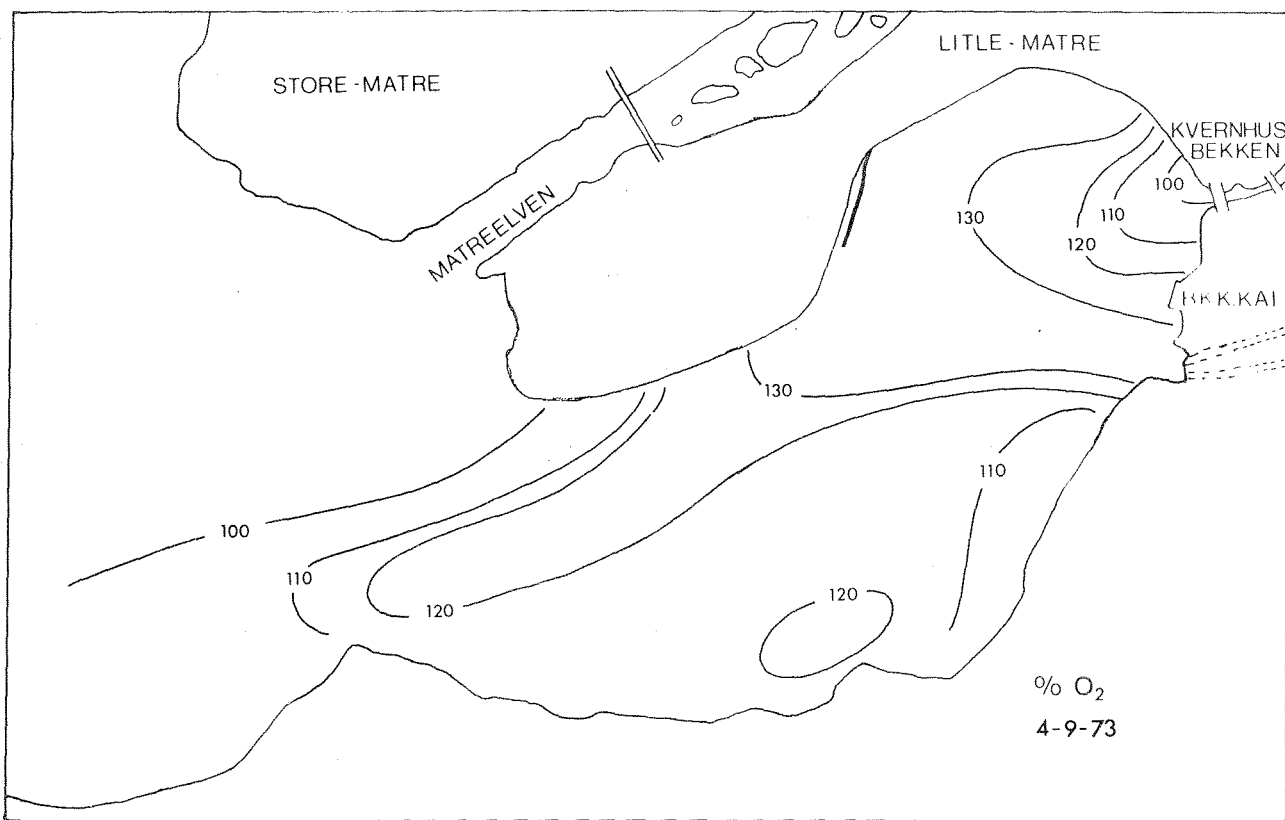


Fig. 27. Metningsprosent. av oksygen 4/9-73.

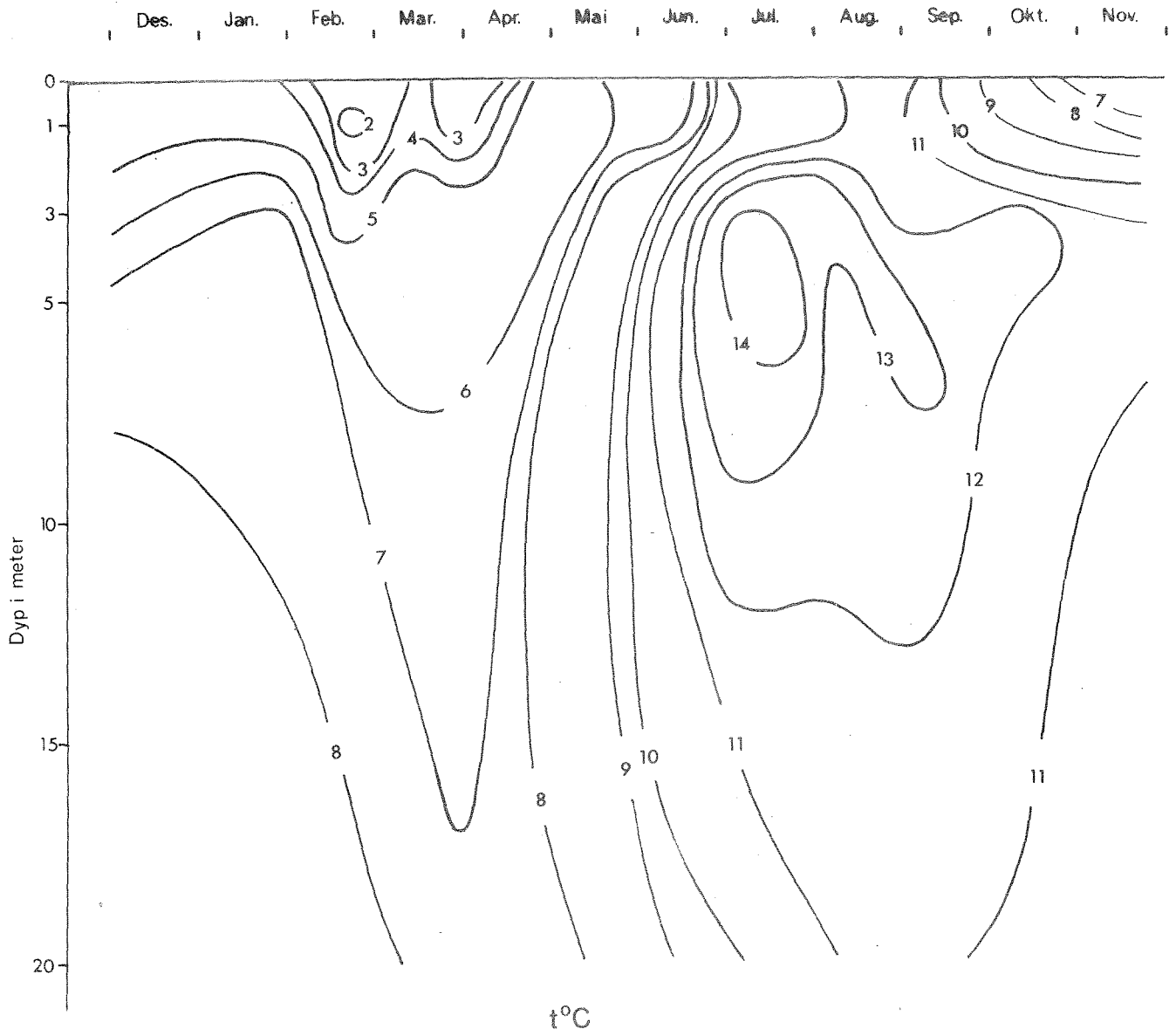


Fig. 28. Isoplethdiagram, $t^{\circ}\text{C}$.

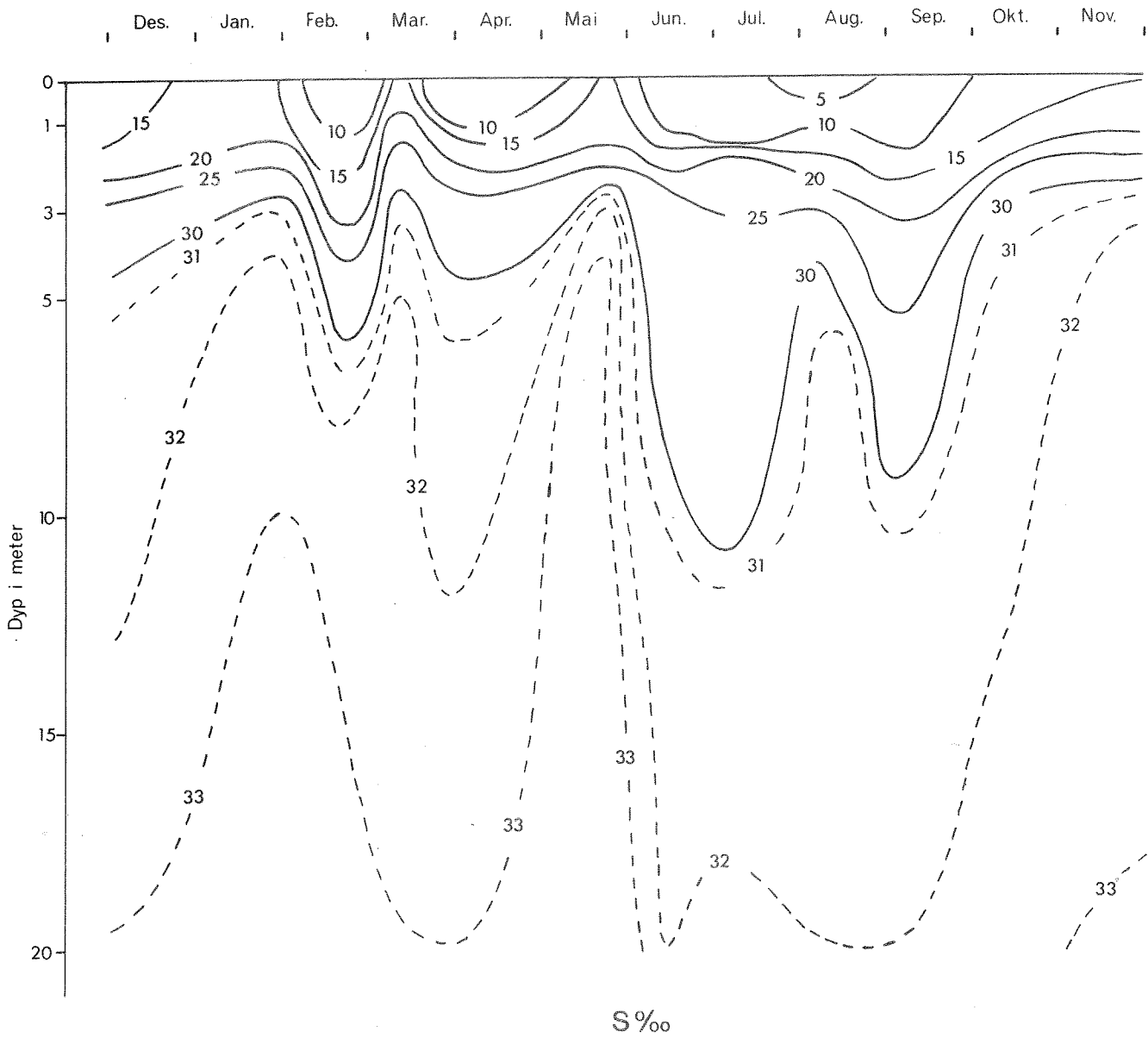


Fig. 29. Isoplethdiagram, S ‰

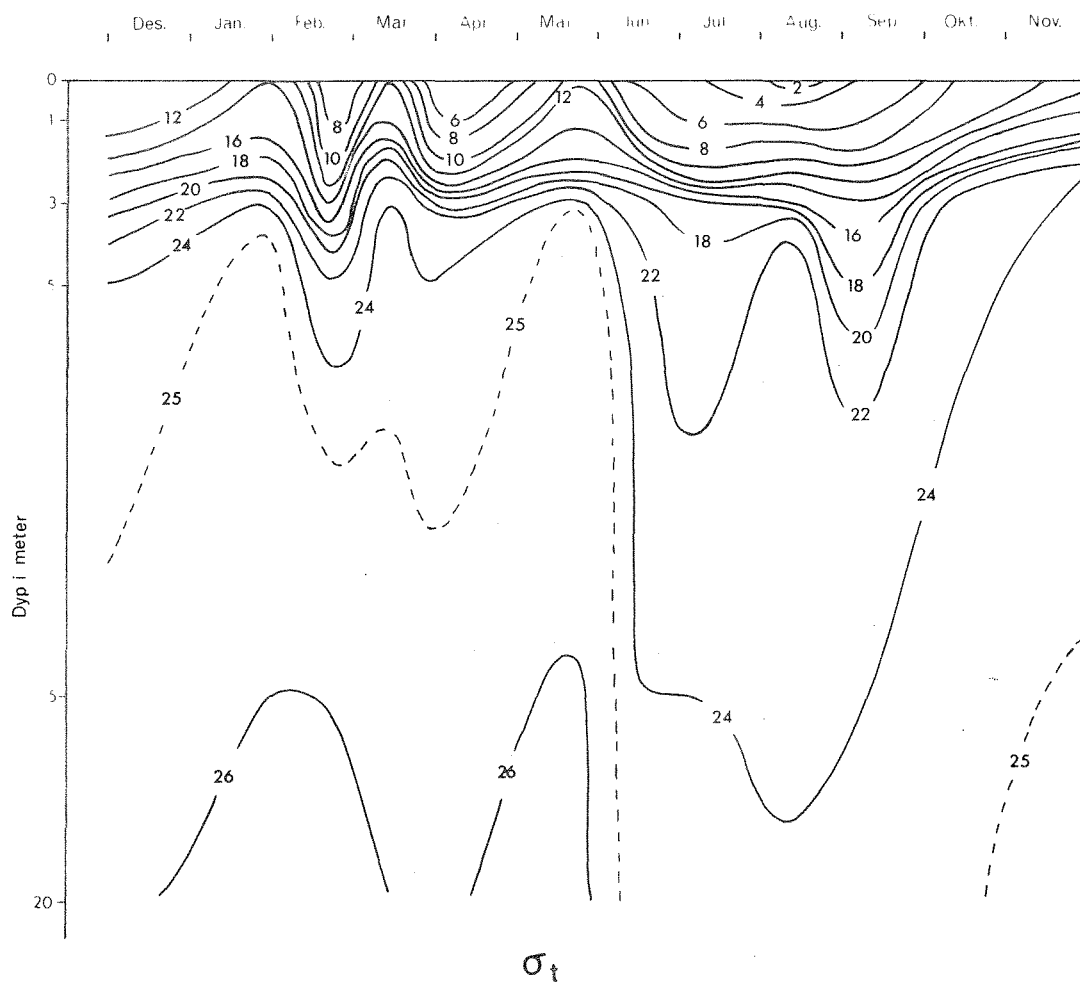


Fig. 30. Isoplethdiagram, σ_t

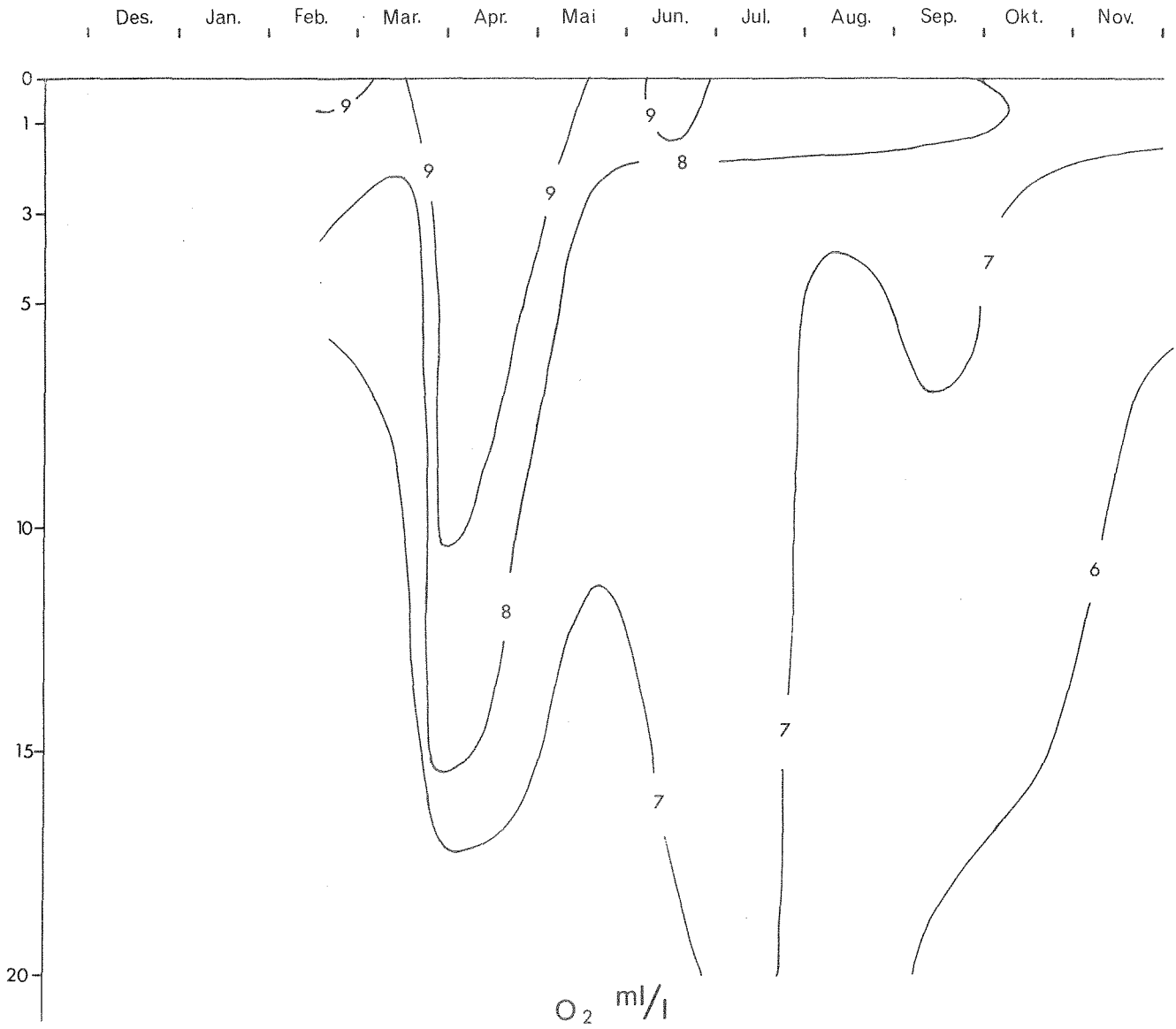


Fig. 31. Isoplethdiagram, O_2 ml/l

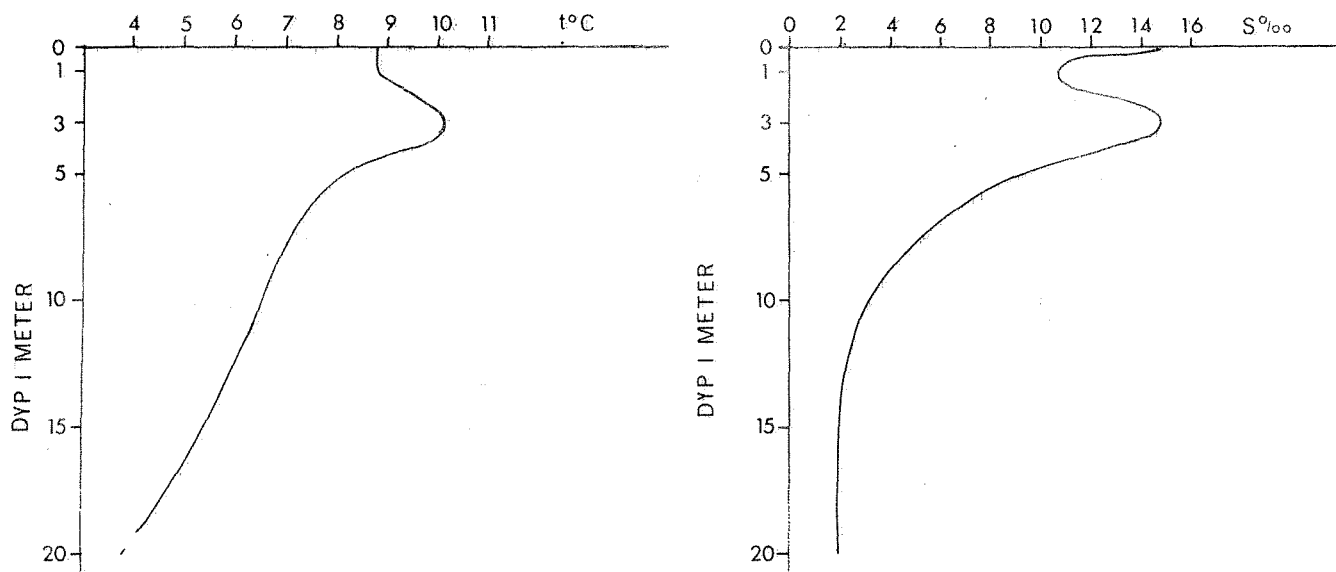


Fig. 32. Årlig amplitude i t°C og S ‰.

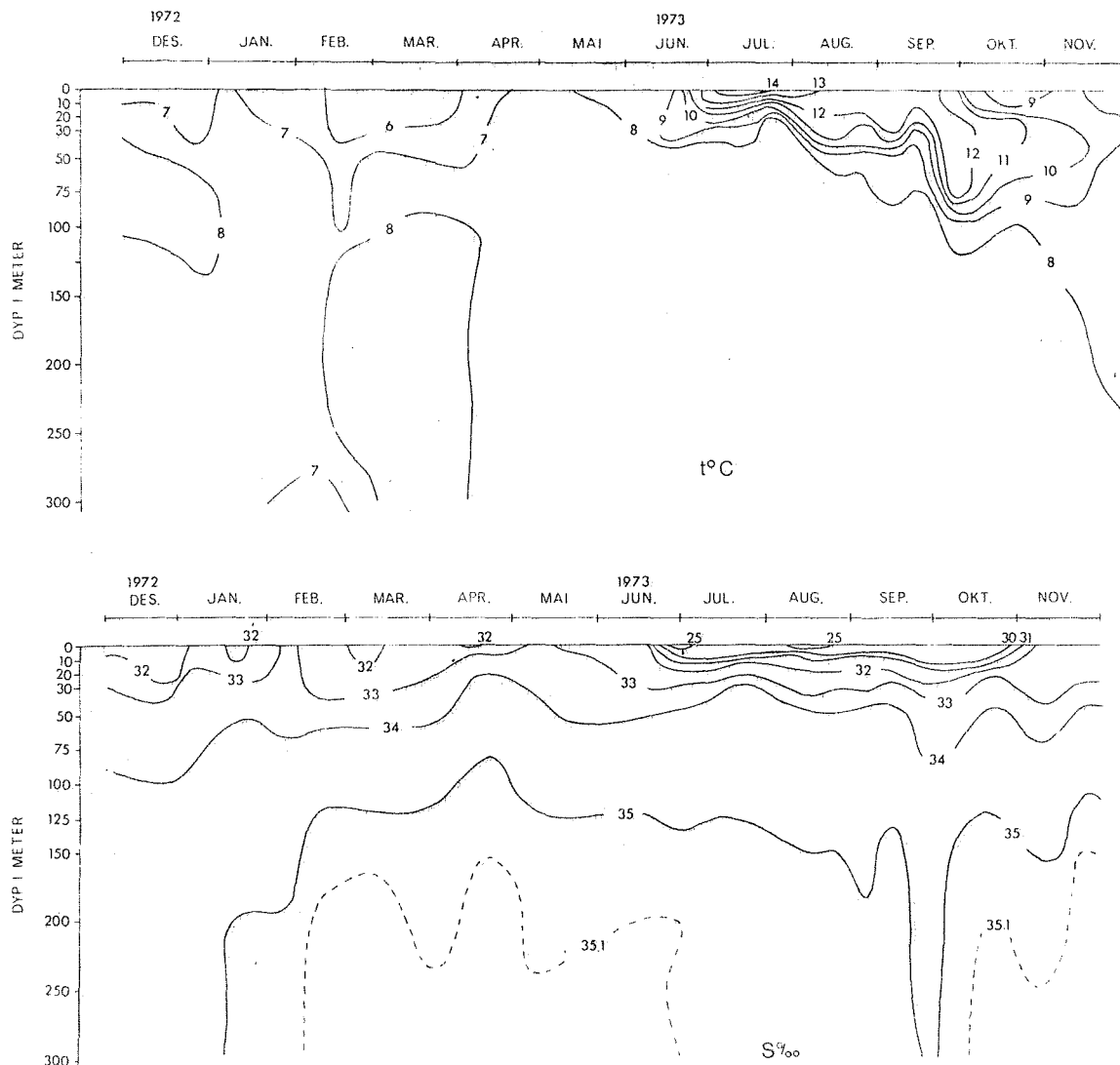


Fig. 33. Isopletdiagram for Sognesjøen, t°C og S ‰.

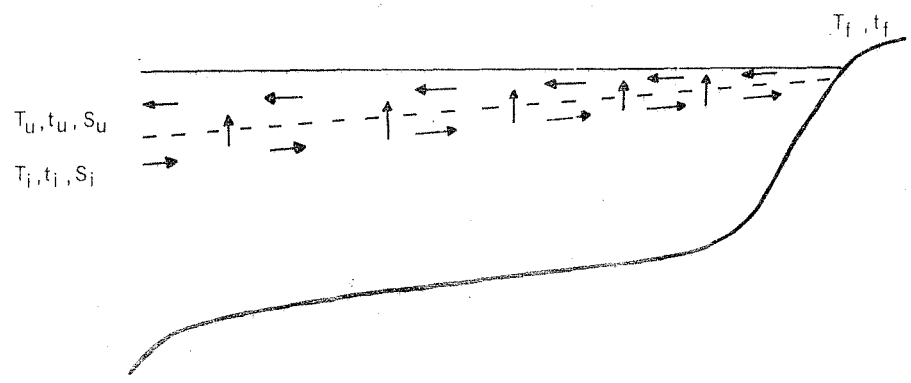


Fig. 34. Den estuarine sirkulasjon.

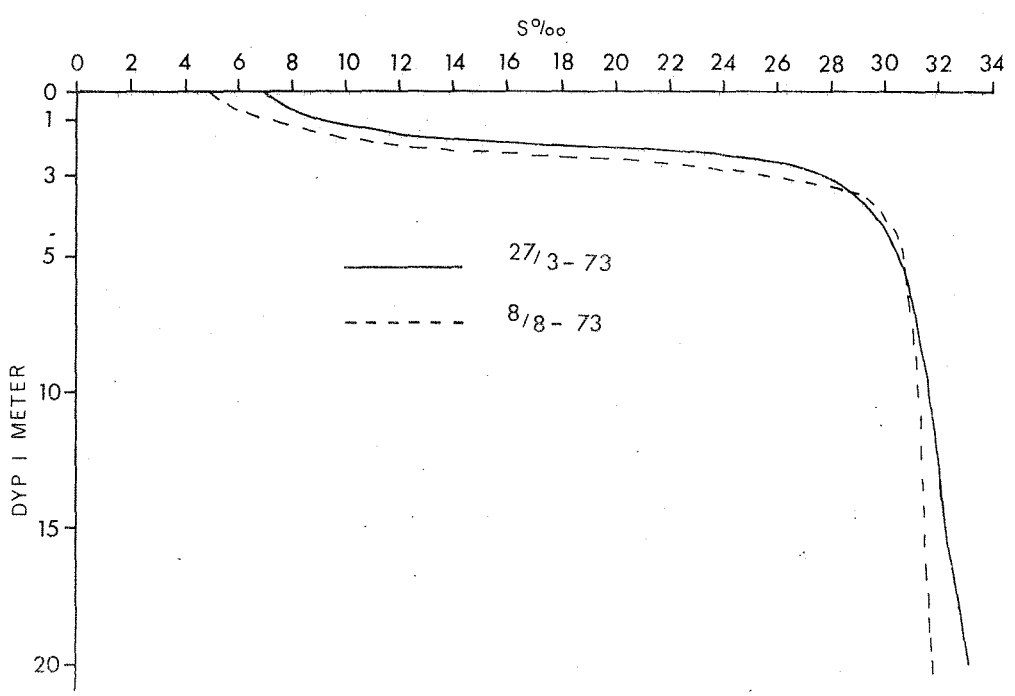


Fig. 35. Vertikal saltholdighetsfordeling i Matrevågen.

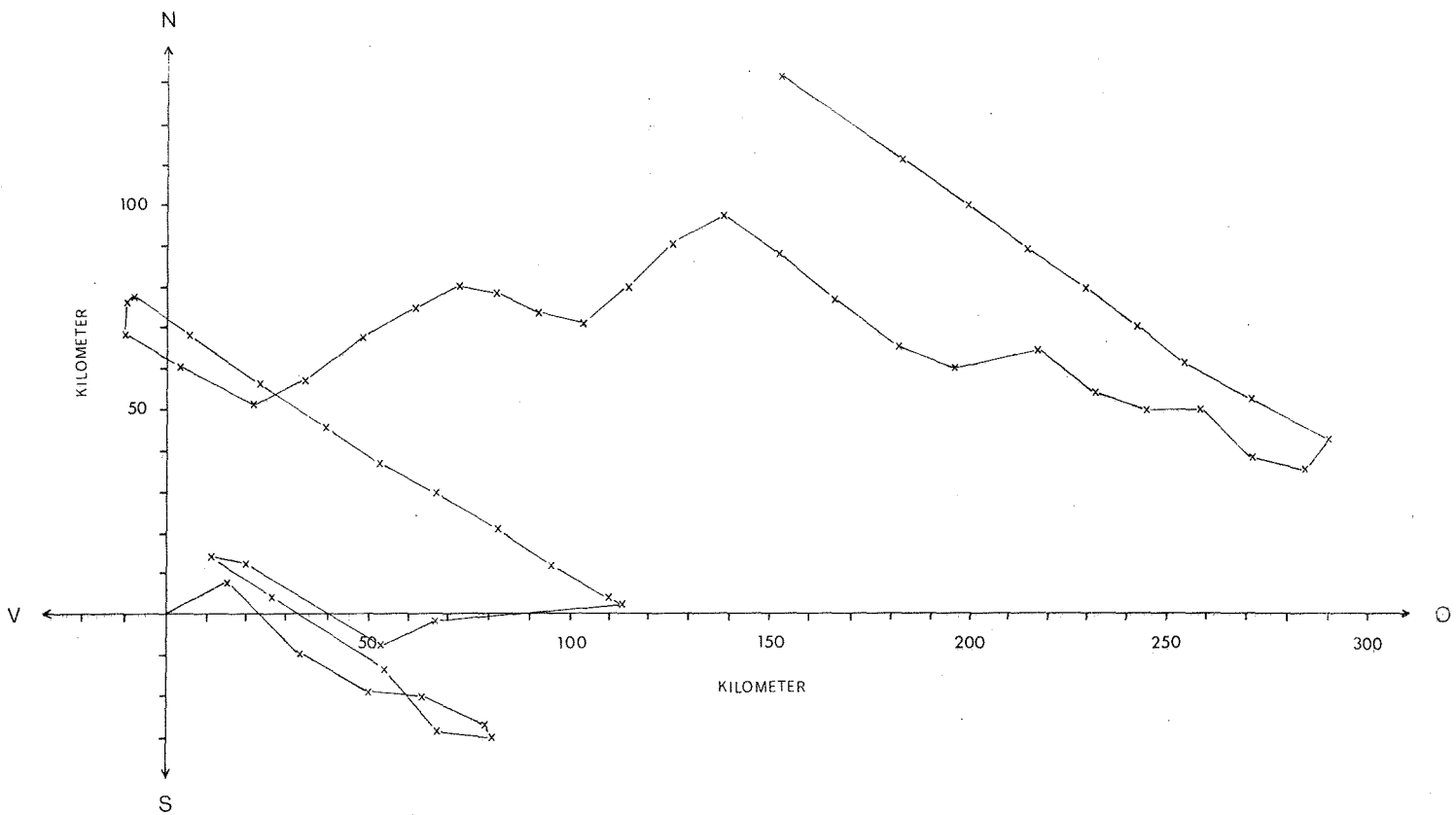


Fig. 36. Vektordiagram for strømmålinger, nordsiden av vågen.

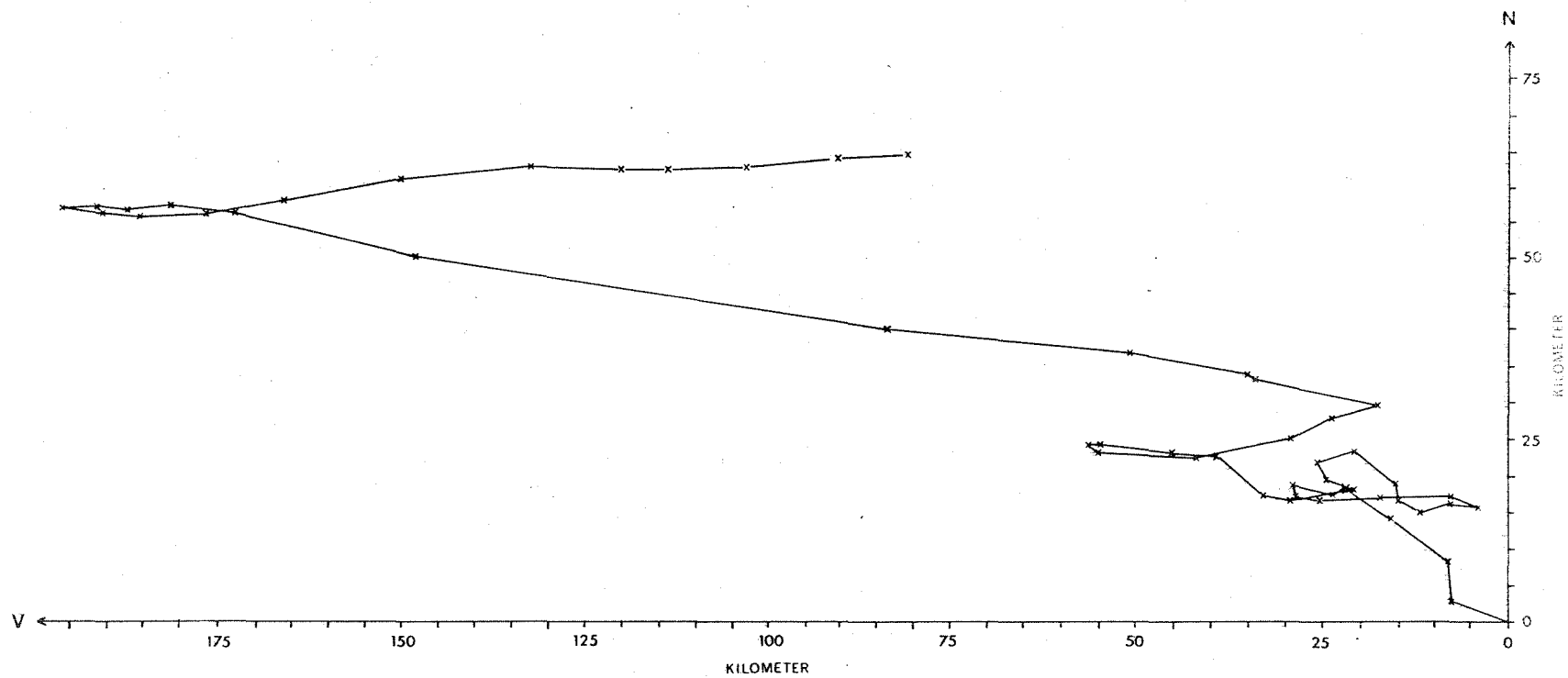


Fig. 37. Vektordiagram for strømmålinger, sørsiden av vågen.

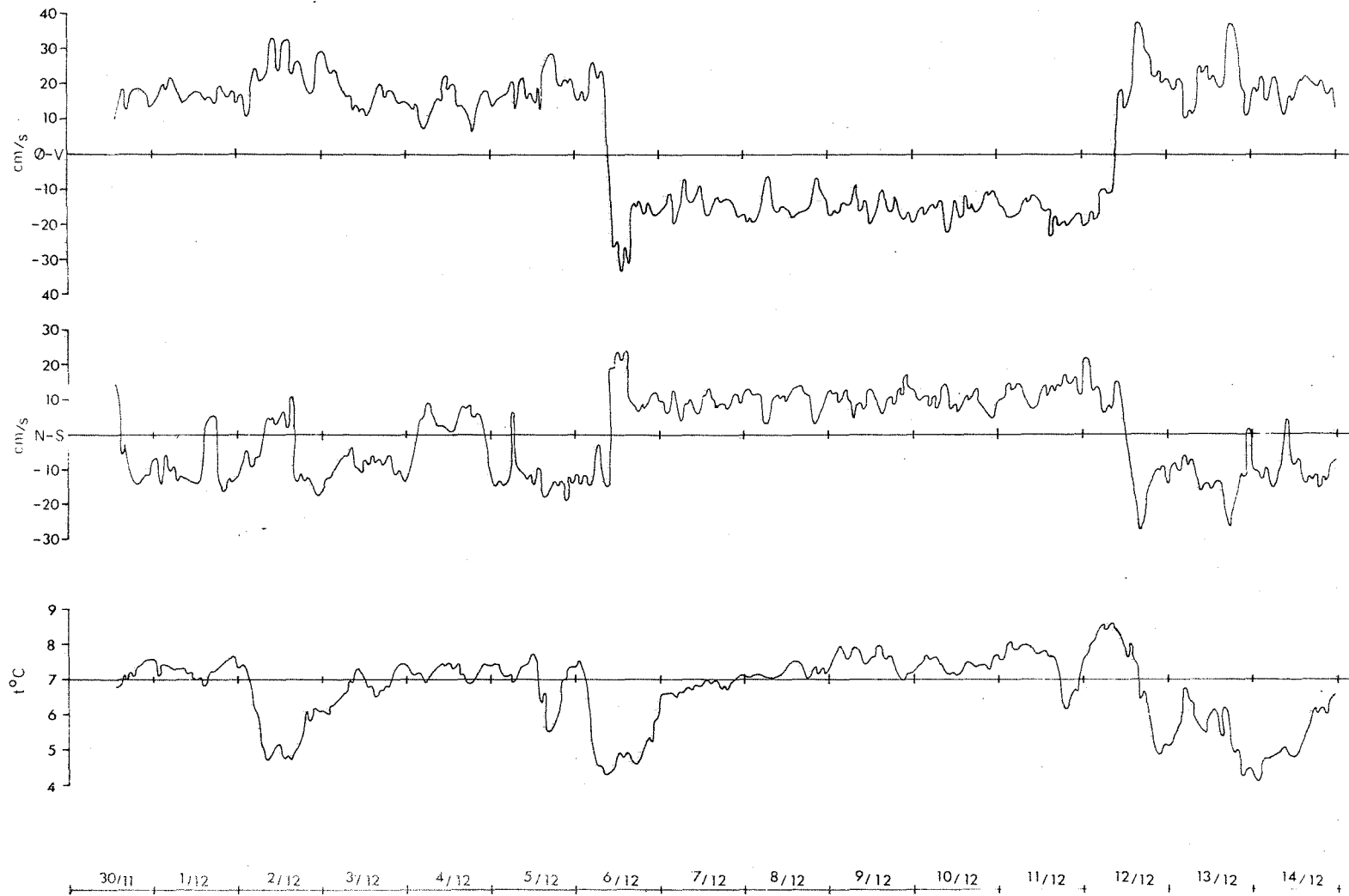


Fig. 38. Strømkomponenter og temperatur på nordsiden.

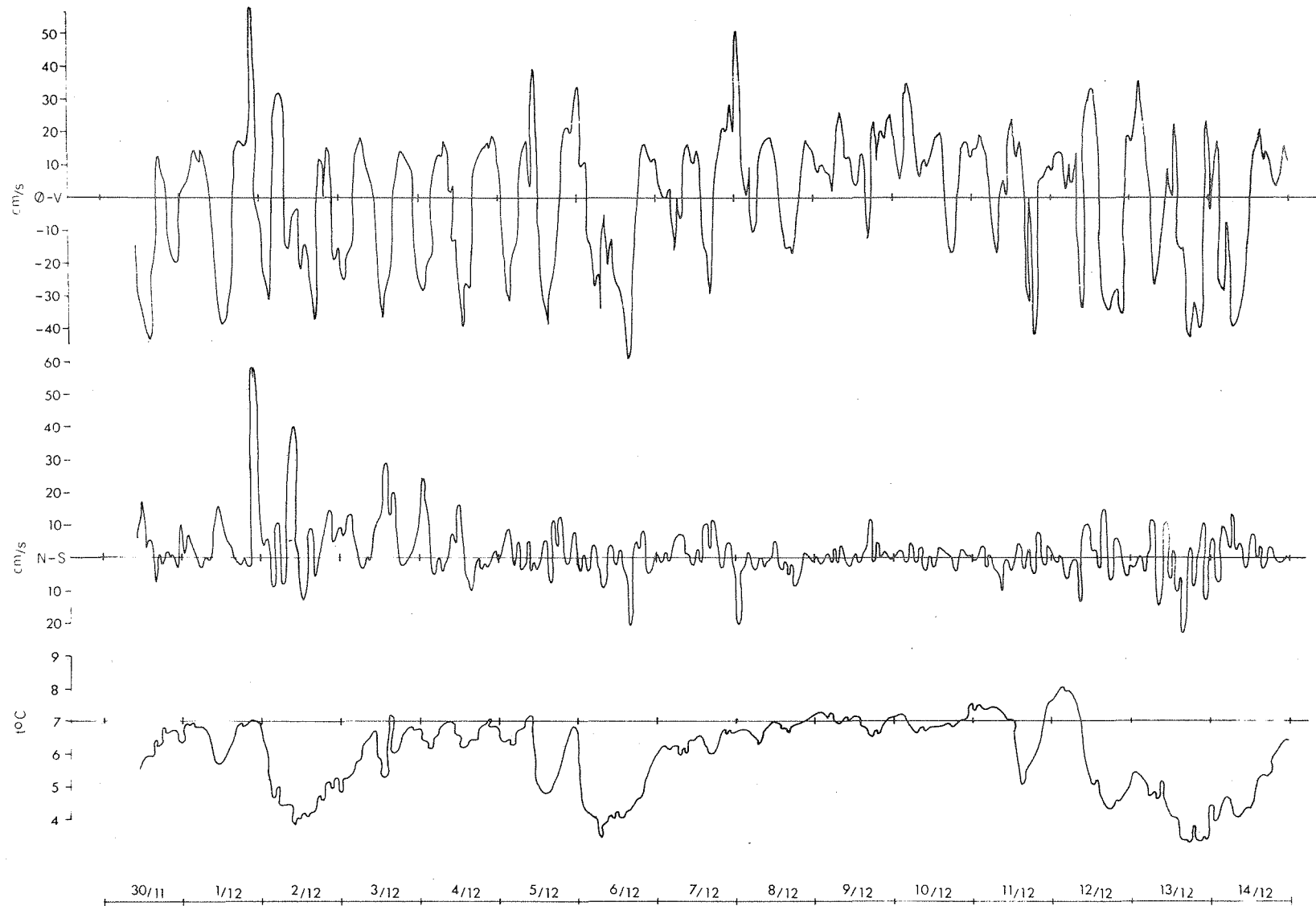


Fig. 39. Strømkomponenter og temperatur på sørsiden.

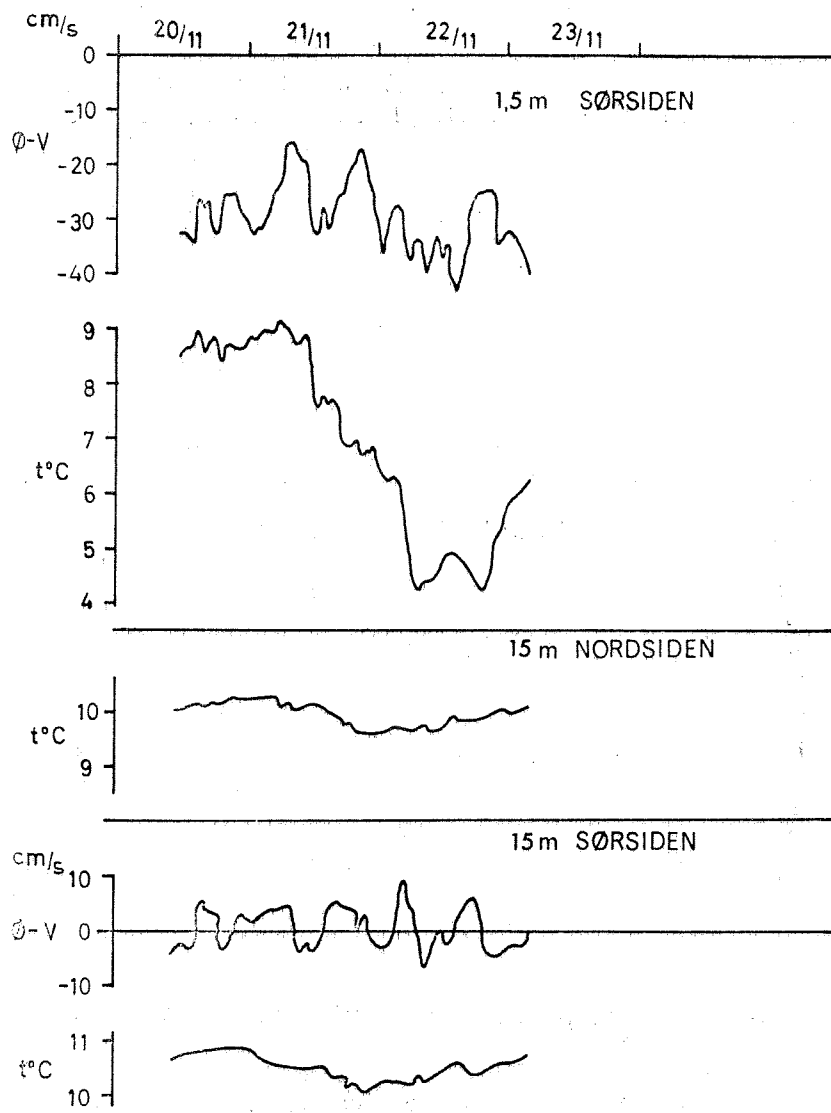


Fig. 40. Strømmålinger 20/11-73 til 23/11-73.

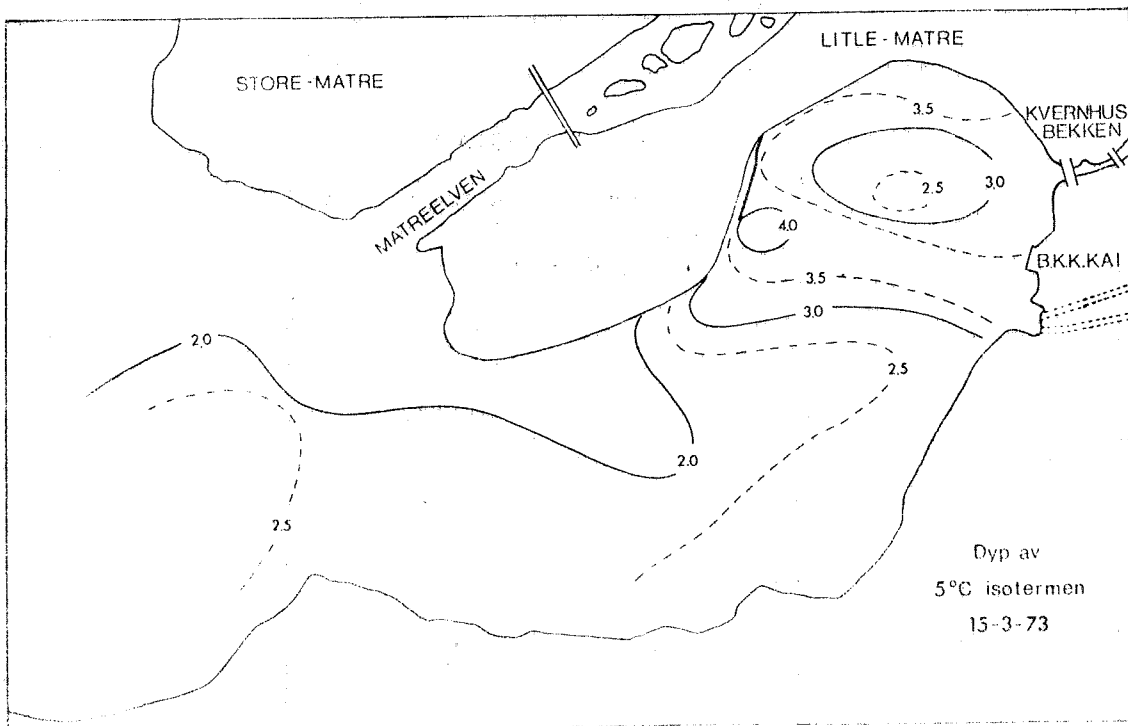


Fig. 41. Dyp av 5°C isotermeren 15/3-73.

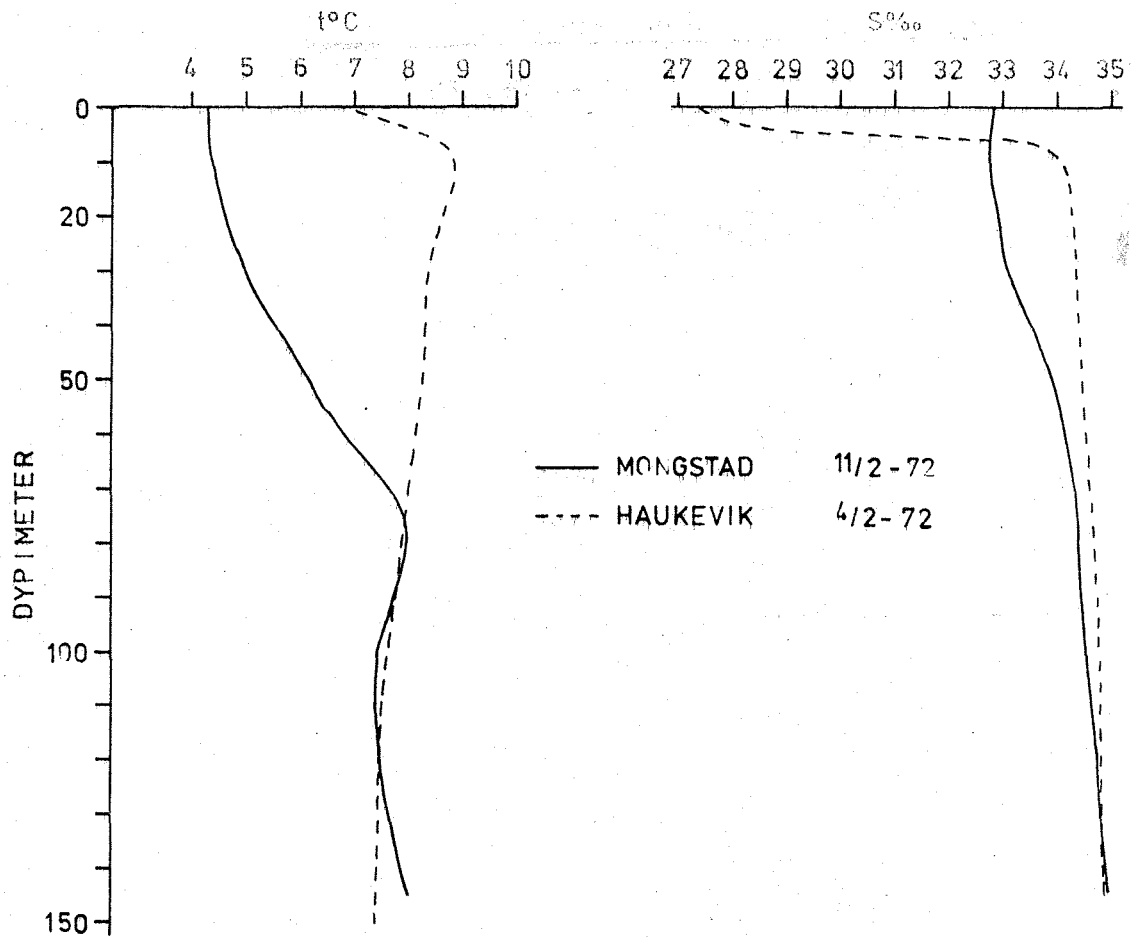


Fig. 42. Stasjonskurver i Masfjorden og ved Mongstad i febr. 1972.

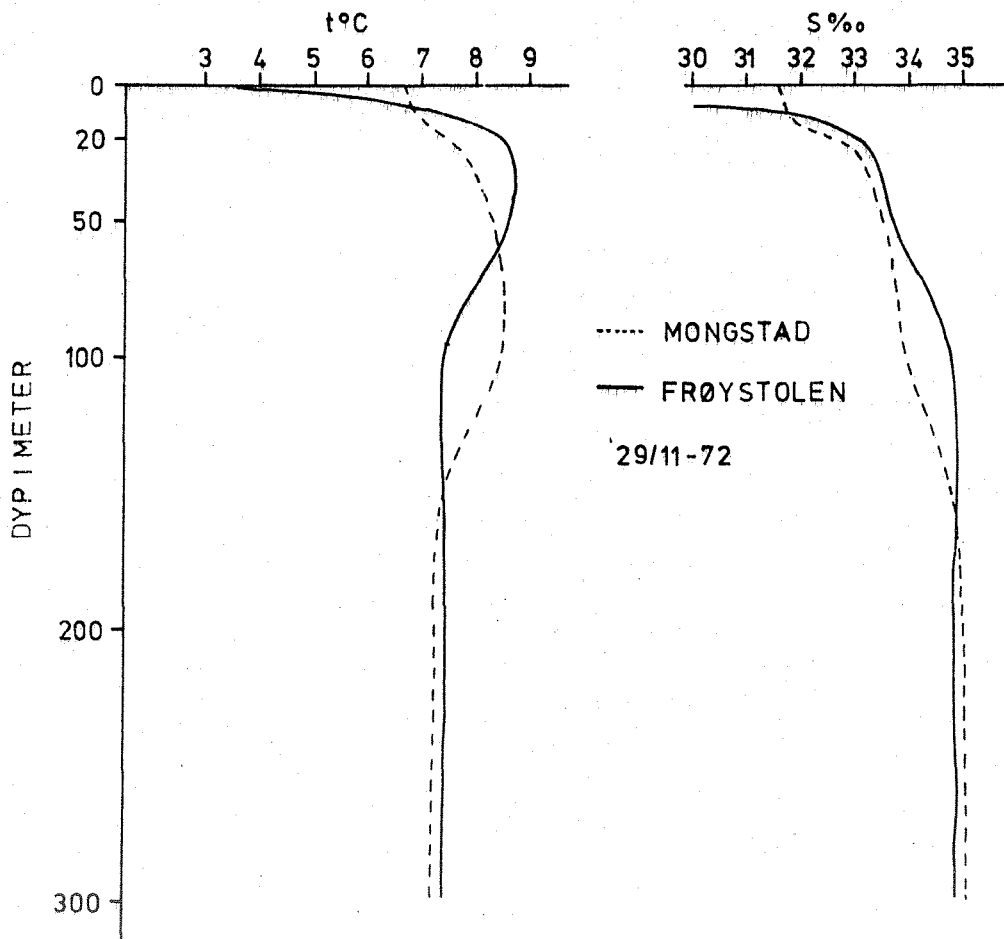


Fig. 43. Stasjonskurver i Masfjorden og ved Mongstad 29/11-72.

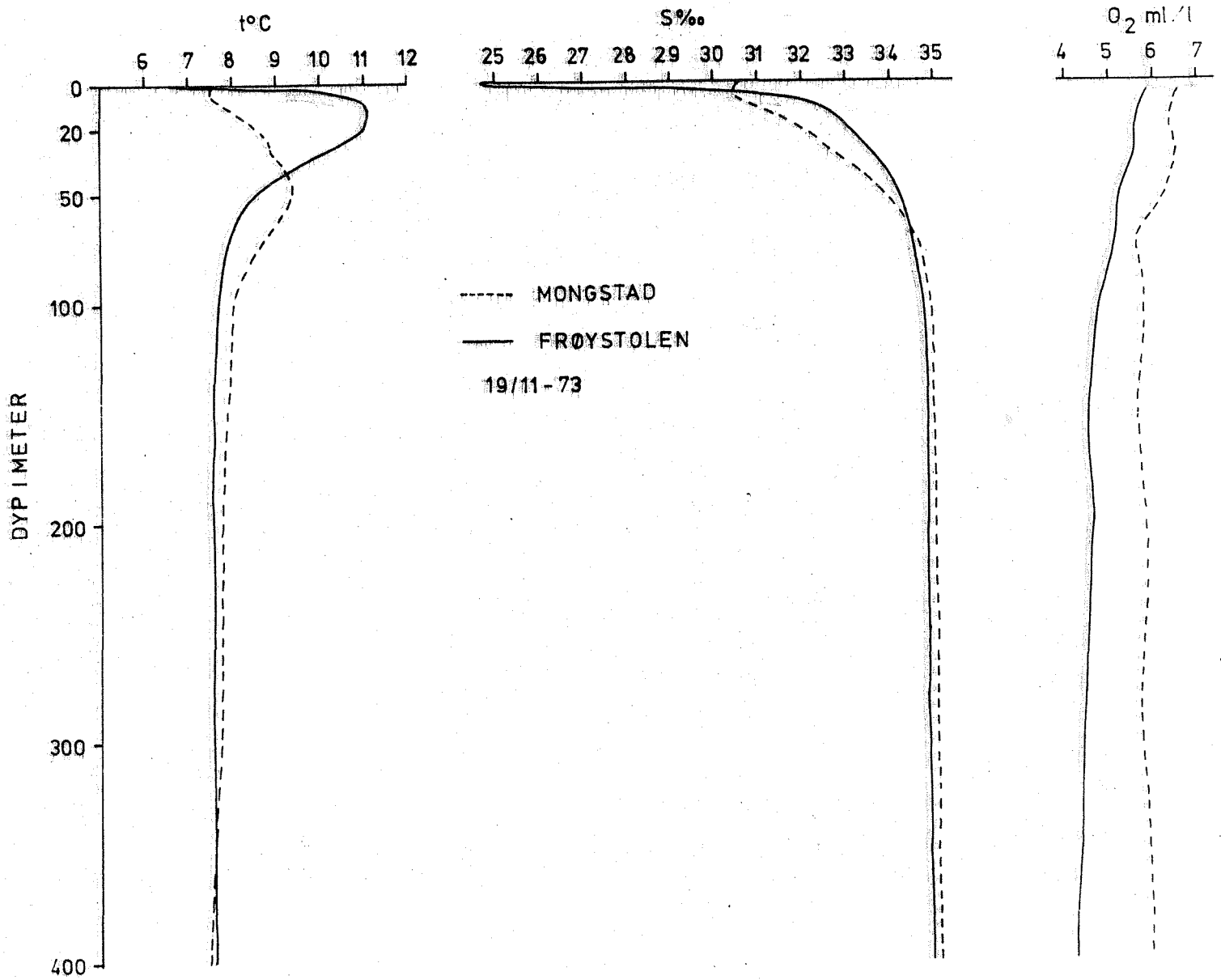


Fig. 44. Stasjonskurver i Masfjorden og ved Mongstad 19/11-73.

TABELL 1. Oversikt over hydrografisk materiale.

Dato	Overflate- prøver	St. I	St.II	St.III	St.IV	St.V	Fjordsnitt
4/2-72	x	x	x	x	x	x	x
27/3-72	x						
29/11-72	x	x	x	x	x	x	x
29/1-73	x	x	x				
20/2-73	x	x	x				
12/3-73	x	x	x	x			
26/3-73	x	x	x	x			
29/4-73	x						
24/5-73	x	x	x	x			
15/6-73	x	x	x	x			
2/7-73	x	x	x	x			
7/8-73	x	x	x	x			
4/9-73	x	x	x				
10/10-73	x	x	x	x			
7/11-73	x						
20/11-73	x	x	x	x	x	x	x

TABELL 2. Oversikt over strømmålinger.

Posisjon	Måledyp	Målingene startet	Måleseriens lengde
A	3.5 m	30/11-72	66 døgn
B	3,5 m	30/11-72	56 døgn
A	1.5 og 15 m	20/11-73	3 døgn
B	1.5 og 15 m	20/11-73	3 døgn

TABELL 3. Ekstremalverdier og amplitude av temperatur og saltholdighet i overflatelaget.

Dato	Temperatur			Saltholdighet		
	Høyeste	Laveste	Ampl.	Høyeste	Laveste	Ampl.
4/2-72	5.8°	2.8°	3.0°	22.1°/oo	6.5°/oo	15.6°/oo
27/3-72	2.8°	1.9°	0.9°	12.1°/oo	1.1°/oo	11.0°/oo
29/11-72	4.4°	3.4°	1.0°	11.4°/oo	1.5°/oo	9.9°/oo
29/1-73	5.3°	2.4°	2.9°	17.8°/oo	5.2°/oo	12.6°/oo
20/2-73	3.9°	2.2°	1.7°	15.6°/oo	2.1°/oo	13.5°/oo
12/3-73	4.6°	2.4°	2.2°	20.5°/oo	3.8°/oo	16.7°/oo
26/3-73	3.6°	1.9°	1.7°	7.6°/oo	0.4°/oo	7.2°/oo
29/4-73	6.5°	3.4°	3.1°	23.3°/oo	3.8°/oo	19.5°/oo
24/5-73	9.7°	3.8°	5.9°	15.6°/oo	1.8°/oo	13.8°/oo
15/6-73	6.9°	4.3°	2.6°	5.7°/oo	0.2°/oo	5.5°/oo
2/7-73	12.1°	9.5°	2.6°	8.5°/oo	0.3°/oo	8.2°/oo
7/8-73	11.8°	10.7°	1.1°	5.3°/oo	0.1°/oo	5.2°/oo
4/9-73	10.7°	9.7°	1.0°	7.7°/oo	0.3°/oo	7.4°/oo
10/10-73	9.2°	7.8°	1.4°	11.9°/oo	1.6°/oo	10.3°/oo
8/11-73	7.5°	3.6°	3.9°	15.9°/oo	1.4°/oo	14.5°/oo
20/11-73	6.6°	2.4°	4.2°	16.7°/oo	1.7°/oo	15.0°/oo

TABELL 4

Intervalloptelling fra posisjon A

Strømhastighet i cm/s.

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	SUM
10				1													1
20			1	2	3	1											7
30		1	2	8	3	1											15
40		7	28	58	42	13	1	1									150
50	8	54	69	109	131	13	3	1									388
60	25	112	158	124	127	24	7	5	2	1							585
70	10	70	177	162	121	24	15		1				1				581
80	2	23	99	116	99	50	5	1									395
90		8	22	65	89	31	16	4									235
100	1	12	14	24	12	7	4										74
110	2	35	102	102	98	33	7	2									381
120	23	107	165	223	243	99	42	7	3	7			1		1		921
130	1	17	109	284	311	137	59	21	10	10		4					963
140		3	26	237	373	87	21	1	1	1	1						751
150				7	52	25	3	1									88
160																	0
170																	0
180																	0
190					2	2											4
200				2	14	2											18
210			9	16	18	10	3										56
220		3	6	6	12	4											31
230			1	7	13	6											27
240					1	1											2
250				1	1												2
260				3	1												4
270				2	2	1		1									6
280					7	1	2										10
290	13	54	33	25	25	6	4	5	1								166
300	21	83	214	301	242	78	28	7	3	1							978
310	2	30	163	677	924	295	59	13	5	3			1				2172
320		1	13	47	171	56	25	2	1	2							318
330		1		2	2	1		1									7
340																	0
350																	0
360	1		1	6	17	7		1									33
SUM	109	621	1412	2617	3156	1015	304	74	27	25	5	3		1			9369

TABELL 5.

Intervalloptelling for posisjon B

Strømhastighet i cm/s.

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	SUM
10		7	10	10	2	6											35
20	1	8	13	7	4	3	1										37
30		5	12	11	5	5	1			1							40
40	4	11	29	13	4	3	1										65
50	4	17	46	19	7	5	3										102
60		27	76	45	18	12	1	4									184
70	5	47	161	116	51	12	10	4	3	1							410
80	8	59	233	217	102	43	22	5	6								695
90	9	85	356	306	123	58	24	8	6	1							976
100	9	93	339	255	82	35	15	14	1	1							844
110	6	72	231	150	54	6	6										540
120	6	63	156	70	21	8	5	1	1								331
130	2	27	62	31	8	3	4	1									138
140		14	44	13	4	3	1										79
150	5	9	17	11	4	2											53
160	1	9	19	10	2												43
170	5	3	20	7	5	2	2		1								45
180	2	7	13	7	1	7	2		1								40
190		3	10	5	3	2	1										24
200	2	1	10	11	3	3		1	1								32
210	1	3	14	7	6	3	1	2	1	1							39
220	2	7	8	5	8	4	1										35
230	1	1	27	9	10	6	12		3		1						70
240	2	11	38	48	24	11	16	5	6	4	3	4	3		1		176
250		7	61	67	40	27	19	14	12	8	6	5	9	1		1	277
260	1	15	60	50	42	38	36	22	23	21	14	7	6	4	2		342
270	4	15	43	64	48	38	30	35	28	21	24	12	9	8	6		386
280	5	9	46	60	47	42	52	47	41	32	19	16	6	10	4	2	439
290	3	9	36	57	56	57	59	58	34	32	23	19	12	7	2	1	465
300	4	13	39	40	51	50	46	42	23	14	17	3	1		2		347
310	3	10	29	35	32	40	39	27	13	5	4	2					239
320	3	5	18	33	20	22	19	10	5	1	2						138
330		4	11	13	15	14	4	4	2	2	1						71
340		7	18	12	6	3	6	1									54
350		5	13	10	2	1	1	2									34
360	1	5	23	9	3	2	1										41
SUM	99	693	2341	1833	913	587	443	314	211	145	114	68	47	30	17	4	787

FISKEN OG HAVET, SERIE B

Oversikt over tidligere artikler finnes i tidligere nr.

- 1974 nr. 1 G. Berge og R. Pettersen: Telleinstrument for marine partikler. Videreutvikling av egg telleren.
- 1974 nr. 2 E. Egidius: Vibriose.
A. Johannesen: Lakselus.
- 1974 nr. 3 B. Bøhle: Blåskjell og blåskjelldyrkning.
- 1974 nr. 4 Karsten H. Palmork og Svein Wilhelmsen:
Undersøkelser av fisk fra oljeforurensset område av Gisundet.
- 1974 nr. 5 Anon.: Lover og forskrifter av betydning for oppdrettsnæringen.