

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-160/71

UNDERSØKELSE AV DE HYDROGRAFISKE
OG BIOLOGISKE FORHOLD
I
INDRE OSLOFJORD

OVERVÅKINGSPROGRAM
ÅRSRAPPORT 1973

21. OKTOBER 1974

0-160/71

UNDERSØKELSE AV DE HYDROGRAFISKE
OG BIOLOGISKE FORHOLD

I

INDRE OSLOFJORD

Overvåkingsprogram
Årsrapport 1973

21. oktober 1974

Saksbehandler: Fil.kand. Jan Magnusson
Fil.kand. Torsten Källqvist
Rapporten avsluttet: 21. oktober 1974

FORORD

I samarbeide med bl.a. Universitetene i Oslo og Bergen og Vassdrags- og havnelaboratoriet i Trondheim utførte Norsk institutt for vannforskning i perioden 1962-65 omfattende studier av vannkvalitet og biologiske forhold i Oslofjorden etterfulgt av en teknisk/økonomisk utredning om rensing og disponering av kloakkvann i de omliggende kommunene. Det henvises til hovedrapportene (NIVA, O-201 S 1967 og NIVA, O-201 T 1970) samt rapporter fra delundersøkelsene.

Da virkningene av en overbelastning med næringssalter regelmessig aksentueres med tiden, ble det ansett hensiktsmessig med en oppfølging av undersøkelsene, for på den måten å gi en mer gjennomført dokumentasjon av fjordens tilstand og utvikling. Motiveringen har primært vært å utvide grunnlaget for vurderingen av de avløpstekniske løsninger, men resultatene har også generell interesse for almenheten og en rekke brukere av fjorden.

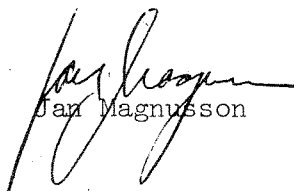
Den foreliggende rapport er den første vedrørende et overvåkingsprogram for indre Oslofjord og gir resultatene fra undersøkelser utført i 1973. Arbeidet er finansiert som et oppdrag fra Hurum, Røyken, Asker, Bærum, Oslo, Oppergård, Ski, Ås, Nesodden og Frogn kommuner. Kontakten med oppdragsgiver skjer fra Oslofjordkontoret - Kontor for interkommunalt kloakksamarbeid i indre Oslofjord, ved dets leder overingeniør E. Solberg - som takkes for samarbeidet.

Oppdraget baserer seg på grunnlag av programforslag av 3.8.1973.

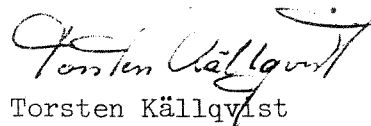
Ved instituttet har fil.kand. Jan Magnusson og fil.kand. Torsten Källqvist vært hovedansvarlige for framføring og rapportering, henholdsvis de hydrografiske og de biologiske undersøkelsene. Forskjellige bidrag med planlegging og utførelse av dette arbeide er gitt av professor E. Føyn og assistenter ved Marin Biologisk avd. AC samt forskjellige medarbeidere ved NIVAs fjordseksjon.

Analysene av de kvantitative planteplanktonprøvene er utført av cand.mag.
Bjørn Langemyr, Institutt for marin biologi og limnologi, avd. Marin-
botanikk ved Universitetet i Oslo.

Blindern, 21. oktober 1974



Jan Magnusson



Torsten Källqvist

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
INNHALDSFORTEGNELSE	4
TABELLFORTEGNELSE	5
FIGURFORTEGNELSE	5
1. INNLEDNING	8
2. METODIKK	10
3. HYDROGRAFI OG VANNUTSKIFTNING 1973	11
3.1 Toktprogram	12
3.1.1 Tokt 4.1. og 9.-10.1.1973	12
3.1.2 Tokt 2.3.1973	13
3.1.3 Tokt 12.-14.5.1973	14
3.1.4 Tokt 23.-26.7.1973	15
3.1.5 Tokt 15.-18.10.1973	16
3.1.6 Tokt 16.11.1973	17
3.2 Bassengene i indre fjord	17
3.3 Sammendrag - hydrofysiske forhold	18
3.4 Hydrokjemi	18
3.4.1 Resultater	19
3.4.2 Overflatevannets kjemi	20
4. SPESIELLE OVERFLATEOBSERVASJONER	23
5. OVERFLATEVANNETS VEKSTPOTENSIAL	24
6. PLANTEPLANKTON	32
6.1 Overflatevannets klorofyllinnhold	33
6.2 Kvantitativ bestemmelse av planteplankton	34
7. DISKUSJON AV RESULTATER FRA 1973 OG EN SAMMENLIKNING MED TIDLIGERE DATA	37
7.1 Problemer ved bedømmelse av forurensnings- situasjonens utvikling	38
7.2 Faktorer av betydning for generering av dyp- vannsutskiftninger	39
7.3 Fjordens utvikling	42
8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	46

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:		Side:
1	Ortofosfat, nitrat og N:P som gjennomsnitt av 0,4 og 8 m dyp i januar, mai, juli og oktober 1973	21
2	Vekstpotensial, klorofyll og kjemiske data for overflatevannet (0 m)	29
3	Middelverdier for vekstpotensial, klorofyll og kjemiske data i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden	30
4	Maksimumstall for diatomeer ved Oslofjordtokt	36
5	Maksimumstall for dinoflagellater ved Oslofjordtokt	36
6	Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden 125 m, 1936-1940	42
7	Oksygen- og hydrogensulfidverdier (ml/l) på 65 m dyp i Bekkelagsbassenget, 1962-1973	43
8	Antall diatomeer og dinophyceer i Oslofjorden 1973	49
9	Plantep plankton i overflateprøver	50

- o -

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.:	
1	Hydrografiske stasjoner 1973, indre Oslofjord
2	" " " " , ytre "
3	Temperatur 4. og 9.-10.1.1973
4	Salinitet " " " " " "
5	Tetthet " " " " " "
6	Oksygen " " " " " "
7	Oksygenmetning " " " " " "
8	Total fosfor " " " " " "
9	Ortofosfat " " " " " "
10	Temperatur 2.3.1973
11	Oksygen " " "

Figur nr.:

- 12 Salt- og oksygendifferanse mars-januar 1973
på forskjellige dyp og stasjoner
- 13 Temperatur 12.-14.5.1973
- 14 Salinitet " " " "
- 15 Tetthet " " " "
- 16 Oksygen " " " "
- 17 Total fosfor " " " "
- 18 Ortofosfat " " " "
- 19 Temperatur 23.-26.7.1973
- 20 Salinitet " " " "
- 21 Tetthet " " " "
- 22 Oksygen " " " "
- 23 Total fosfor " " " "
- 24 Ortofosfat " " " "
- 25 Temperatur 15.-18.10.1973
- 26 Tetthet " " " "
- 27 Oksygen " " " "
- 28 Total fosfor " " " "
- 29 Ortofosfat " " " "
- 30 Utbredelsen av dypvann med oksygeninnhold
mindre enn 1 ml/l ved tokt i januar 1973
- 31 " " " " " " " mai 1973
- 32 " " " " " " " juli 1973
- 33 " " " " " " " oktober 1973
- 34 Variasjonen av 0,7 ml/l-flaten for oksygen
og nullflaten for hydrogensulfid for for-
skjellige år i Bunnefjorden
- 35 Oksygenkonsentrasjonen ved Langaara (stasjon
Fl-1) 1962-73 på 120 m dyp
- 36 Ortofosfatkonsentrasjonen ved Langaara (stasjon
Fl-1) 1962-73 på 120 m dyp
- 37 Registrering av oljelekkasje fra "Blücher" med
ekkolodd
- 38 Vindens nord/syd-komponent ved Blindern 1973
- 39 Gasskromatogram av oljen fra "Blücher"

Figur nr.:

- 40 Siktedypet i fjordens lengdesnitt 1973
- 41 Ortofosfatkonsentrasjonen som gjennomsnitt av 0, 4 og 8 m dyp på forskjellige stasjoner 1973
- 42 Nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt av 0, 4 og 8 m dyp på forskjellige stasjoner 1973
- 43 N:P (vektforhold) 1973
- 44a Vannføringen i Drammenselva 1973 som avvik fra middelvei 1961-70
- 44b Tettheten (σ_t) på 140-150 m dyp i Bunnefjorden som middelvei av observasjoner i juni-oktober
- 44c Vannføringen i Drammenselva 1920- -
- 45a Vannstand ved Landsort og overflatesalinitet ved L/V Kattegat SW 1964
- 45b Vannstand ved Landsort og 30 ‰ isolinjen nivå ved Ferder 1964
- 45c Vannstand ved Landsort og 30 ‰ isolinjen nivå ved Drøbaksundet 1964
- 46 Et forenklet bilde av overflatestrømmene i Skagerak og Kattegat
- 47a Vindens nord/syd-komponent 1964 samt dypvanns-utskiftninger
- 47b Vannstandsvariasjonen i Østersjøen 1964
- 48 Vekstpotensial i overflatevannet i januar
- 49 " " " " mai
- 50 " " " " juli
- 51 " " " " oktober
- 52 Middelveien for vekstpotensial i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden
- 53 Middelveien for vekstpotensial/ortofofat i overflaten fra forskjellige deler av Oslofjorden
- 54 Middelveien for klorofyll i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden

1. INNLEDNING

En primær hensikt med overvåkingsprogrammet er å gi en så vidt mulig løpende orientering om fjordens tilstand og utvikling til hjelp ved vurderingen av hvordan den planlagte reduksjon i belastningen med næringssalter og nedbrytbart organisk materiale bør skje. For dette formål kreves ikke bare godt kjennskap til resultatene av tidligere studier, med ideelt sett også et program egnet til å utvide kunnskapene om fjorden.

Av praktiske og økonomiske grunner er det neppe mulig å gjennomføre studier i den bredde og med den intensitet man kunne ønske. I programmet har man derfor måttet konsentrere seg om et utvalg av de sentrale problemstillinger. Programmet bør være gjenstand for noe revisjon fra år til år, inntil man har fått et bedre grunnlag for å bedømme hva de enkelte delundersøkelser kan gi i relasjon til målsettingen.

Et annet viktig formål er å tilveiebringe referansemateriale for å se virkningen av de planlagte rens tiltak. Derfor må det også sikres en viss kontinuitet i studiene, spesielt av fenomener som viser stor variasjon fra år til år, eksempelvis vannutskiftning og utberedelsen av vannmasser med markert oksygenunderskudd. Det bør kanskje også understrekes at selv om ordet "overvåking" har en klang av rutine, gjelder dette de mekaniske arbeidsoperasjonene og ikke vurderingene av materialet.

Både før og etter undersøkelsene i 1962-65 har Oslofjordens hydrofysikk, hydrokjemii og organismesamfunn vært gjenstand for spesialstudier. Spesielt er det gjennom årenes løp kommet mange publikasjoner fra Institutt for marin biologi og limnologi (tidl. Institutt for marin biologi), ved Universitetet i Oslo. Selv om resultatene herfra på mange måter danner utgangspunkt for overvåkingsprogrammet, vil det kreve for mye plass til å gi et dekkende sammendrag av dem her.

Spørsmålet om de drivende krefter bak dypvannsutskiftningen i Oslofjorden er ennå ikke fullt klarlagt. I forbindelse med denne rapport er medtatt en innledende diskusjon om betydningen av variasjonen i det hydrografiske forhold i systemet i Nordsjøen - Skagerak.

Det dominerende problemet i Oslofjorden er høy produksjon av planteplankton som en følge av tilførte gjødselsstoffer. Den direkte konsekvensen er grumset overflatevann og stor belastning av organisk materiale som synker ned i dypere vannmasser og der blir nedbrutt til næringsstoffer under oksygenforbruk. Den totale effekten dette vil få på dypvannet avhenger like meget av dypvannutskiftningens omfang og hyppighet som størrelsen av algeproduksjonen. Vannutskiftningen er derfor fulgt i de ulike bassenger ved fem hydrografiske tokt i januar-oktober 1973. Stasjonsnett framgår av fig. 1 og 2 og er ett utvalg av stasjoner fra tidligere undersøkelser. På disse stasjoner er det foretatt analyser på vannprøver fra forskjellige dyp m.a.p. salt, oksygen og plantenæringsstoffene nitrogen og fosfor (orto-fosfat, total fosfor, nitrat og total nitrogen). Hensikten har vært å sammenlikne disse parametre med tidligere innsamlede data og dessuten gi underlag for bedømmelsen av de biologiske forhold.

Problemet plantenæringsstoffer/algevekst er søkt dekket ved kombinasjonen av klorofyllregistrering, bestemmelse av planktonkonsentrasjoner og måling av vannets evne til å underholde algevekst. Prøvene og vannet til kulturforsøkene med alger er stort sett innsamlet fra de ovennevnte hydrografiske stasjoner. En nærmere redegjørelse for materialets omfang følger under de enkelte avsnitt. Hensikten med disse deler av programmet har vært å få forskjellige uttrykk for vannmassenes produktivitet gjennom året. Resultatene er dels benyttet til jevnføring med tidligere data, men det har fremfor alt betydning som grunnlagsdata med henblikk på senere bruk som referanse.

Til de direkte visuelle observasjoner av overflatevannets kvalitet er brukt Secchi-skive og for øvrig er det observert olje og flytestoff.

For det hydrografiske materialets vedkommende er det i denne rapport gitt en dokumentasjon ved figurer som viser distribusjonen av de ulike parametrene langs fjordens lengdeakse. Grunndataene vil bli presentert i et kommende vedlegg.

Undersøkelser av Oslofjorden foretas også for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Statskraftverkene, særlig rundt lokaliseringalternativene for kjernekraftverk (som Larkollen og Hurumlandet). Etter hvert som dette

materialet blir bearbeidet og rapportert, vil det i økende grad kunne trekkes med i vurderingsgrunnlaget for overvåkingsprogrammet. Dette har bare i begrenset grad vært mulig i forbindelse med 1973-rapporten.

2. METODIKK

Vannprøver er innsamlet i Nansenvannhenterne i regel fra standarddyp. (0, 4, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300 og 400 meters dyp.) Avvik fra dette skjema har forekommet ved tilfeller når kontinuerlig registrerende instrument har gitt slik informasjon om sjiktforhold at en har utelukket eller lagt til visse dyp. Til dette formål er det brukt en bathythermograf som måler temperaturen som funksjon av dypet.

Nansenvannhenterne er utstyrt med vendetermometre. Temperaturen er registrert med en nøyaktighet på ± 0.01 °C.

De kjemiske vannanalyser er utført på instituttets rutinelaboratorium.

Saltholdigheten er bestemt på et laboratoriesalinometer ved måling av vannets konduktivitet hvoretter saltholdigheten er beregnet ut fra tabeller fra National institute of oceanography of Great Britain and UNESCO (1966).

Oksygen og hydrogensulfid er bestemt ifølge Winklermetoden som beskrevet av T. Gaarder (1916). Ortofosfat er bestemt etter en modifikasjon av metoden til Murphy og Riley (1958), total fosfor og total nitrogen etter Henriksen (1970). Nitrat er bestemt etter Henriksen og Selmer (1970).

Siktedypet er avlest i skyggen av båten uten vannkikkert.

Metodikken for algekulturforskningene er beskrevet tidligere (NIVA, okt., Källqvist (1972)) og skal bare kort nevnes her.

Vannprøvene ble først filtrert og podet med testalgen *Phaeodactylum tricorutum*. Dette er en kiselalge isolert fra Oslofjorden. Kulturvolumet var 1 liter i 2 liters glasskolber. Kulturene ble plassert i

klimarom (20°C) og under en kontinuerlig belysning av ca. 6 000 lux. Veksten i kulturene ble fulgt ved å telle antall celler inntil celtallet sluttet å øke (ca. 10 døgn). Celleutbyttet i kulturen er et mål på vannets vekstpotensial.

Klorofyll ble analysert på filter etter filtrering av vannprøver.

Avhengig av innhold av plankton ble opptil 3 l av vannprøvene filtrert gjennom glassfiberfilter (Whatman GF/C). Filtrene ble oppbevart i dypfryser inntil de ble analysert. For ekstraksjon av klorofyll fra cellene ble filtrene puttet i ca. 8 ml 90% aceton med suspendert mg CO₃. Ved hjelp av en "tissue grinder" ble filter og algeceller homogenisert. Løsningen ble overført til sentrifugeglass og oppbevart i kjøleskap i maksimalt 15 timer. Partikler og fiber fra filtrene ble fjernet ved sentrifugering og volumet av acetonekstrakten justert til 10 ml. Absorpsjon ved bølgelengdene 730, 665 og 645 nm ble målt med Bechman Spectrofotometer. Mengden klorofyll a og b ble beregnet ut fra målingene. (Vollenweider 1969.) Klorofyll a og b ble summert til "klorofyll".

Innsamlede kvantitative planteplanktonprøver ble fiksert på stedet med nøytralisert formalin, for senere mikroskopisk undersøkelse.

Foreløpig har det bare vært anledning til å bearbeide prøvene fra et utvalg representative stasjoner (EP-1 i Bunnefjorden, BN-1 i indre fjord, DK-1 i Vestfjorden og VN-1 i ytre fjord). Alle prøver er oppbevart på instituttet.

Algene ble artsbestemt og talt etter standard prosedyre. (Utermøhl 1958.)

3. HYDROGRAFI OG VANNUTSKIFTNING 1973

Større dypvannutskiftninger foregår i hovedsak vinterstid i indre Oslofjord. Disse har en avgjørende betydning for forurensningssituasjonen i fjorden. Utskiftningens omfang varierer fra år til år, men i gjennomsnitt vil tilstrekkelige store mengder vann komme inn over terskelen ved Drøbak til å skifte dypvannet i Vestfjorden hvert år. Omkring hvert tredje år er utskiftningen av tilstrekkelig størrelse for

å erstatte "gammelt" dypvann i Bunnefjorden. Foruten disse store utskiftninger kan mindre vannmasser strømme inn til Vestfjorden på mellomnivåer (20-50 m dyp) under stort sett hele året.

Hensikten med det hydrografiske programmet er å skaffe seg et bilde av hvilket omfang og frekvens utskiftningene har hatt i løpet av året. Bare når dette er kjent vil det være mulig å vurdere den relative betydning for fjordens utvikling av henholdsvis naturlige svingninger i hydrografiske forhold og økede tilførsler av kloakkvann m.m.

3.1 Toktprogram

Det er i alt gjennomført fire hydrografiske tokt i 1973. I tillegg kommer dessuten to mindre tokt i Vestfjorden ved spesielt interessante situasjoner. De fire hovedtoktene ble utført i januar, mai, juli og oktober. De to mindre toktene ble utført i forbindelse med dypvannsinstrømninger i mars og november. Stasjonsnettets fremgår av fig. 1 og 2. Juli- og oktobertoktene falt sammen med tokt for Statskraftverkene (0-177/70), og en har her benyttet seg av stasjonene 3 og 4 i stedet for stasjon KN-1 samt stasjonene 5 og 7.

De to første toktene er rapportert i toktrapporter (Källqvist & Magnusson, 1973). Derfor vil en her legge hovedvekten på å redegjøre for utviklingen under juli- og oktobertoktene. Novembertoktet vil bare i korthet nevnes i denne rapport, da en fortrinnsvis vil behandle et år fra november til november som en naturlig enhet.

3.1.1 Tokt 4.1. og 9.-10.1.1973

Toktresultatene viser at en utskiftning av vannmassene i Vestfjordens dypvann kan ha funnet sted hvis tetthetsflatene i Drøbaksundet var blitt hevet ca. 5 m. Dette fremgår av fig. 5 som også viser at en utskiftning av dypvannet i Bunnefjorden krever en heving av tetthetsflatene på over 10 m og som vedvarer der i en lengre tid. Vannet i 12 meters-nivået på begge sider av terskelen hadde omtrent samme tetthet. Over 12 m var indre fjords vann tyngre enn vannet i samme nivå i Drøbaksundet. Under 12 m og

til terskeldyp (20 m) var forholdet omvendt. Det baroline trykkfeltet for denne situasjon indikerer en innstrømming av vann til indre Oslofjord fra overflaten til ca. 5 meters dyp og fra 16 m til terskeldyp. Mellom disse dypene er det utstrømming. Av fig. 3, 4 og 5 fremgår det at en viss innstrømming av vann var igang. Det innstrømmende vannet ble blandet opp med gammelt Vestfjordvann og innlagret i 20-40 m dyp.

3.1.2 Tokt 2.3.1973

På grunn av forholdet med en mulig innstrømming i januar og februar, ble det utført et ekstra tokt i Vestfjorden. Stasjonene GL-1, GK-1; FK-3, FL-1, EK-1 samt DK-1 ble tatt. Fig. 6 viser oksygenkonsentrasjonen 9.-10.1.1973 og fig. 11 tilsvarende 2.3.1973. Av disse figurer og fig. 10 fremgår en tydelig pågående innstrømming av vann over Drøbakterskelen. Den innstrømmende vannet var av lavere temperatur enn det gamle dypvannet og hadde også høyere oksygeninnhold. En kan videre se at det gamle vannet ved FL-1 under 100 m delvis var hevet og lå innblandet på stasjon DK-1 ved 60-90 m. Dette ble merket ved at oksygeninnholdet og temperaturen hadde økt samt at saltholdigheten hadde minket. Det sistnevnte faktum innebærer at dypvannet ved stasjon DK-1 den 2.3.1973 må være en blandmasse mellom "gammelt" FL-1 dypvann og ovenforliggende vannmasser, med en viss påvirkning av det innstrømmende vannet. Innstrømmingen var mest merkbar ved stasjon GL-1 der oksygeninnholdet hadde økt fra 2 ml/l til over 4 ml/l i hele dypvannet. Ved stasjon DK-1 hadde oksygeninnholdet økt i dypet mellom 30 og 60 m. Denne vannmasse var en blanding av nytt inntrengende vann og gammelt Vestfjordvann. Da den inntrengende vannmassen var av omtrent samme salinitet som de "gamle" vannet, hadde dypvannet i hele Vestfjorden fått sin salinitet redusert gjennom en diffusiv salttransport siden januar-toktet og oppblanding med det innstrømmende vannet.

Med utgangspunkt i det ovenstående, samt at det innstrømmende vannet var oksygenrikere, vil således det nye vannet i Vestfjorden være karakterisert ved en økning i oksygeninnholdet og en senkning av saltinnholdet i forhold til januar. Fig. 12 er et diagram som beskriver oksygen og salt-differansen mellom mars- og januartoktene. Det nye vannet ligger da i den øvre venstre kvadranten og gammelt vann hovedsakelig i den nedre

høyre kvadrant. Tredje kvadrant betegner da vann der diffusive prosesser dominerer og første kvadrant blandingsvann, dvs. en heving av gammelt bunnvann oppblandet med innstrømmende vann. In situ-målingene er avmerket med symboler og dyp. Gammelt Vestfjordsbunnvann kan da klart identifiseres ved stasjon EK-1 på 12 og 20 m, mens bunnvannet ved Langåra (FL-1) er hevet til over 20 m. Ved stasjon GK-1 ligger gammelt vann ved 20-30 meters dyp. Figuren gir et bilde av at det innstrømmende vann synes å ha fulgt en bane øst for Langåra. Denne betraktningsmåten innebærer at en i viss utstrekning bruker oksygen som en konservativ parameter. Med konservativ parameter menes en egenskap som forandrer seg relativt lite over det aktuelle tidsrommet. Dette kan være tilfelle med oksygen, men det er det vanligvis ikke p.g.a. forbruk ved nedbryting og produksjon ved fotosyntese. Dette skulle imidlertid kunne la seg gjøres i dette fall, da en innstrømming vil medføre en hurtig bevegelse i vannmassene så oksygenet ikke blir forandret ut fra biologiske eller kjemiske prosesser.

3.1.3 Tokt 12.-14.5.1973

Vannmassene i ytre fjord var erstattet av tyngre vann fra Skagerak. Temperaturen mellom 40 og 300 m hadde sunket fra omtrent 8 °C til ca. 7 °C (figur 13). Deler av dette vann hadde også trengt inn over Drøbakterskelen til indre fjord under nordlige vinder i mars-april (figur 38) og medført en temperatursenkning i dypvannet. Videre hadde vann i mellomdypene (30-50 m) strømmet inn mot Bunnefjorden under innblanding med gamle vannmasser og blitt innlagret mellom 30-80 m. Den sydlige vinden under toktet hadde presset sammen overflatevannet ved stasjon BN-1 og CP-2, mens divergensene ved Drøbakterskelen og EP-1 klart fremgår av figur 13.

Av figurene 15, 16 og 18 fremgår hvordan den sydlige vinden hevde sprangsjiktet i indre fjord ved Drøbakterskelen og en fikk utstrømming i terskeldyp av vann med lavere oksygeninnhold og høyere ortofosfatinnhold. Denne utstrømming var en effekt av lavere tetthet ved terskelnivå utenfor Drøbak koordinert med de sydlige vindene.

En bedømmelse av volumet på det innstrømmende vannet er vanskelig å gjøre når avstanden i tid mellom toktene er stor. Diffusion og blandingsprosesser

har medført at en savner en identitet på det innstrømmende vannet. En vurdering av volumet vil derfor bli ganske grov. Da vannmassene etter innstrømmingen i mai hadde lavere salinitet sammenliknet med januar i Vestfjorden har en benyttet seg av oksygen og total fosfor ved volumberegning. Ut fra disse parametrene er det utskiftede vannvolumet under 50 meters dyp for hele Vestfjorden, dog til viss del oppblandet med eldre bunnvann. Dett skulle bety et volum av ca. $1200 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dette må dog være en øvre grense.

3.1.4 Tokt 23.-26.7.1973

I ytre fjord hadde vann strømmet inn fra Skagerak og nådd terskelen til Drøbaksundet (stasjon 5).

Denne fortsatte innstrømming medførte en uttransport av gammelt vann i ytre fjord som synes å ha foregått i 50-100 meters-nivået. Fig. 22, som viser oksygenfordelingen, kan antyde en heving av gammelt dypvann og en uttransport. Fosfordistribusjonen synes å styrke dette. (Fig. 23 og 24.) De minima og maksima i oksygen-respektive fosforkonsentrasjoner som er vist på figurene, bør betraktes ut fra det faktum at prøveinnsamlingen er punktvis, og at en ikke med sikkerhet kan vite om denne verdien er representativ for hele vannmassen (20 m).

Når eldre vann heves og delvis forstyrres av andre vannmasser, kan oksygenkonsentrasjonen variere mye i mindre vannpakker som ikke representerer hele vannmassen. Bare med kontinuerlig registrerende instrument kan slike foreteelser kartlegges.

I overflatelaget i ytre fjord lå et sjikt med lavt oksygeninnhold fra Drøbak til Rauer. Dette minimum har antakelig to kilder, vann fra indre fjord og Drammensfjorden.

Siden mai-toktet hadde oksygeninnholdet i indre fjord sunket betydelig (fig. 22). I vannmassene sør i Vestfjorden var nå konsentrasjonene under $2,5 \text{ ml O}_2/\text{l}$ fra ca. 40 m og dypere. I Bunnefjorden ble hydrogensulfid registrert. Av fig. 22 fremgår også et oksygenminimum på 16 meters-nivået i Bunnefjorden og utover mot Vestfjorden. (Ved stasjon BN-1 hadde Bunnefjordsvann trengt over terskelen og medført økt temperatur i 50 meters-nivået samt lavere oksygeninnhold.)

Da det dessuten var nordlig vind 4-10 m/s, kan dette være opphavet til det bildet en får (fig. 22) i Bunnefjorden med kiler av lave oksygenverdier med "spissen" utover fjorden. Dette representerer da en utstrømming av vann med en kompensasjonsstrøm innover. Den nordlige vinden vil dessuten medføre en oppstuing av vann i søndre Bunnefjord og vil kunne styrke den reaksjonsstrøm som indikeres av oksygenkurvene ved 16 m dyp. Ved Nesodden ble denne vanntransport tvunget opp på et høyere nivå.

Temperaturmaksimumet ved stasjon CP-1 og EP-1 fra maitoktet var redusert i volum til bare å omfatte vannmassen omkring 40-60 m.

I indre fjords bassenger hadde man fått redusert oksygeninnholdet. I alle bassengene hadde det nu dannet seg hydrogensulfid. I havnebassenget ble dette registrert allerede under 16 m dyp, i Bekkelagsbassenget fra ca. 40 m dyp og i Bærumsbassenget fra ca. 12 m dyp.

3.1.5 Tokt 15.-18.10.1973

I ytre fjord var det skjedd en innstrømming av vann fra Skagerak. Innstrømmingen var mest markant i vannet over 80 m. Det var relativt varmt og salt vann som også hadde ført med seg et lag med lavt oksygeninnhold (se fig. 26 til 29). Under 80 m hadde saliniteten og temperaturen økt ned til omtrent 200 m.

I Drøbaksundet hadde temperaturen økt i mellomdypene 16-60 m. Dette varme vannet (se fig. 26) strakte seg som en kile innover Drøbaksundet mot terskelen. Av figurene fremgår det at dette vann delvis hadde strømmet inn i Vestfjorden og økt temperaturen helt ned til 80 m dyp ved stasjon FL-1. Av figurene fremgår videre at innstrømming av vann var mest merkbar omkring 30-40 meters nivået. Fig. 28 viser at tettheten på vannet utenfor Drøbakerskelen i 20 meters nivået var av samme størrelse som tettheten på vannet på 40 meters nivået i indre fjord. Det innstrømmende vannet var ca. 1°C varmere enn vannet i indre fjord, men ble oppblandet ved innstrømmingen med gammelt fjordvann, slik at temperaturen avtok ved denne innblanding.

Oksygenminimumet ved stasjon FL-1 på 16-20 m dyp kan representere gammelt fjordvann som var på vei ut av fjorden. Imidlertid var det gått for lang tid fra toktet i juli for nærmere å kunne avgjøre hvilket nivå dette vannet kom fra. Den innstrømmende vannet hadde ennå ikke nådd stasjon FK-3 og heller ikke påvirket GK-1.

Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet var ytterligere redusert siden jultoktet. I Bunnefjorden var nullflaten for oksygen hevet fra ca. 100 m dyp til ca. 60 m. Til og med i Vestfjordens dypvann var oksygeninnholdet lavt (< 1 ml/l). Her gjorde imidlertid innstrømmingen seg merkbar i mellomnivået.

3.1.6 Tokt 16.11.1973

Ved tokt for Statskraftverkene i ytre Oslofjord fant en de hydrografiske forhold slik at en mulighet for dypvannsutsiftning i indre Oslofjord forelå. I denne anledning ble det tatt prøver på ekstra stasjoner i Vestfjorden. Det fremgikk da at en dypvannsutsiftning hadde begynt, og den fortsatte også etter at toktet var avsluttet. Det innstrømmende vannet hadde en relativt høy temperatur (> 11°C) i forhold til dypvannet i Vestfjorden (ca. 7°C). En vil komme tilbake til dette i neste årsrapport.

3.2 Bassengene i indre fjord

Havnebassenget

I løpet av året ble det registrert hydrogensulfid ved bare ett tilfelle. (26.7. fra ca. 16 m dyp.) I oktober var oksygeninnholdet lavt (< 0,5 ml/l) under 12 m, men på grunn av en innstrømming av vann fra Vestfjorden ble det ikke registrert noe hydrogensulfid.

Bærumbassenget

Oksygenreduksjonen fortsatte i bassenget utover sommeren. Hydrogensulfid ble registrert i mai, juli og oktober. En viss utsiftning av vann hadde skjedd før oktober, likevel medførte denne bare en kortvarig forbedring av situasjonen.

Bekkelagsbassenget

I løpet av mai-toktet ble det registrert en liten økning av oksygenkonsentrasjonen i dypvannet. Deretter avtok innholdet gradvis inntil de laveste verdier inntraff i juli. Hydrogensulfidflaten var da hevet fra 55 m i mai til ca. 45 m. I oktober var hydrogensulfidkonsentrasjonen i dypvannet lavere enn i juli.

3.3 Sammendrag - hydrofysiske forhold

Utskiftningen av vannmasser i indre fjord startet i begynnelsen av januar og var stort sett avsluttet i begynnelsen av mai. Utskiftningen skjedde diskontinuerlig, og var ikke av en slik størrelse at en fikk fullstendig fornyelse av alt vann i Vestfjordens dypere partier, og det innstrømmende vannet ble til dels blandet med gammelt Vestfjordvann. Den lave tettheten hindret vannet fra å påvirke de dypere delene i Bunnefjorden. Bare en liten blandingsvannmasse nådde mellomdypene.

Intermediær innstrømming i Vestfjorden skjedde i oktober, og som ved innstrømmingen i mars kunne en av denne se at vannet fortrinnsvis beveget seg i en bane øst for Langåra innen det ble innblandet i hele Vestfjorden.

Fig. 30-33 viser utbredelsen av isolinjen for 1 ml O_2 /l i dypvannet i løpet av 1973. Figurene er tegnet med utgangspunkt i målingene ved hovedstasjonen samt ekstrapolert til å gjelde de nærliggende områder. Figurene er altså til en viss grad skjønnsmessige, men viser stort sett utviklingen i dypvannet. Man ser virkningen av vårutsiftningen i Bunnefjorden samt den hurtige forverringen som fulgte. Den økning i oksygeninnholdet en hadde fått i dypvannet ved Nesodden i juli, var i mai brukt opp, og i oktober var forholdet i Vestfjorden betydelig verre enn før innstrømmingen i januar.

3.4 Hydrokjemi

Formålet med den hydrokjemiske delen av overvåkingsprogrammet er å få informasjon om næringsstoffenes fordeling i fjorden. For en bedømmelse av planteplanktonets vekstbetingelser i fjorden, er næringssaltinnholdet av særlig interesse. De innsamlede hydrokjemiske data vil dessuten utgjøre

en basis for sammenlikninger med tidligere observasjoner og referansemateriale for fremtidige studier og overvåkinger. I tillegg vil noen av de hydrokjemisk observasjonene støtte den hydrofysiske vurderingen.

3.4.1 Resultater

Fordelingen av fosfor under januartoktet fremgår av fig. 8 og 9. I ytre fjord var konsentrasjonen av ortofosfat i dypvannet omkring 30 $\mu\text{g}/\text{l}$. Vestfjordens dypvann medførte en terskeloverskylling, som er beskrevet ovenfor (kap. 3.1.1), en helling av isolinjene med de største konsentrasjonene i mellomdyp mot Oslo. I dypvannet varierte konsentrasjonen mellom 70-90 $\mu\text{g PO}_4\text{-P}/\text{l}$. Den største konsentrasjonen i Vestfjorden (140 $\mu\text{g}/\text{l}$) ble målt ved Langåra (FL-1) på 150 meters dyp.

I Bunnefjorden var konsentrasjonen av ortofosfat over 180 $\mu\text{g P}/_1$ i dypvannet, i Havnebassenget (190 $\mu\text{g P}/_1$) og Bekkelagsbassenget ($> 260 \mu\text{g P}/_1$) hvor en også hadde hydrogensulfid under 40 meters dyp. I dyphulen ved Nesodden (BN-1) var konsentrasjonen 390 $\mu\text{g P}/\text{l}$.

Resultatene fra mai (fig. 17 og 18) viser effekten av vårens dypvannsutskiftning. I Drøbaksundet kan en spore virkningen fra indre fjords vann som maksimumkonsentrasjoner omkring 40 meters dyp. I Vestfjordens dyplag hadde fosfor-konsentrasjonen sunket som en følge av utskiftninger til omkring 40 $\mu\text{g P}/_1$. Da innstrømmingen resulterte i en heving og blanding av gammelt bunnvann, dels med det nye innstrømmende vannet, dels med ovenforliggende vannmasser, ser man at mellomlaget ved mindre utskiftninger delvis blir belastet med det gamle dypvannet.

Innstrømmingen hadde påvirket dypområdene ved Nesodden og mellomnivåer i Bunnefjorden. I dyphulen ved Nesodden (BN-1) hadde konsentrasjonen av ortofosfat sunket fra 390 $\mu\text{g P}/_1$ i januar til omkring 140 $\mu\text{g P}/_1$ i mai. I Bunnefjordens dypvann hadde dog ortofosfatkonsentrasjonen økt siden i januar.

Resultatene fra julitoktet fremgår av fig. 23 og 24. En hadde et meget komplisert bilde av fosfor-distribusjonen i ytre fjord beroende på innstrømmende vann fra Skagerak over terskelen utenfor Rauer (VN 1), som løftet gammelt dypvann til høyere nivåer. I Vestfjorden hadde fosforkonsentrasjonen i dypvannet økt siden mai gjennom nedbrytningen av organisk materiale. En mindre terskeloverskylling hadde medført et minimum i fosforkonsentrasjonen omkring 40 meters dyp ved Langåra (FL-1). I Bunnefjorden^x var den største konsentrasjonen av fosfor ved bunnen på stasjon CP-2, hvilket kan skyldes en påvirkning fra Bekkelagsbassenget, hvor en hadde fosforverdier fra 50 meters dyp på omkring 400 µg PO₄-P/₁. I havnebassenget var ortofosfatverdiene over 200 µg P/₁ fra 20 m og i Bærumsbassenget opp mot 300 µg P/₁ fra 16 meters dyp.

Resultatene fra oktobertoktet (fig. 28 og 29) viste at fosforfordelingen var fortsatt påvirket av innstrømming av vann fra Skagerak til ytre fjord. I indre fjord hadde en intermediær innstrømming til Vestfjorden medført en senkning av ortofosfatkonsentrasjonen omkring 30-40 meters dyp. Innstrømmingen hadde forstyrret dypvannet ved Steilene (DK-1) noe.

I Bunnefjorden hadde fosforkonsentrasjonen økt på mellomdyp (omkring 50 m) og en hadde fortsatt en maksimum-konsentrasjon av fosfor ved bunnen på stasjon CP-2 i forhold til øvrige deler av Bunnefjorden. I Bekkelagsbassenget var konsentrasjonen ved bunnen omtrent den samme som i juli og noe lavere på 40 meters dyp.

I Havnebassenget hadde fosforkonsentrasjonen minnet noe siden juli, mens den i Bærumsbassenget har økt i dypvannet med maksimum-konsentrasjon på 20 meters dyp. (410 µg P/₁.)

3.4.2 Overflatevannets kjemi

Fordelingen av de kjemiske parametrene ortofosfat, nitrat og atomforholdet total-nitrogen/total fosfor er vist i fig. 41, 42 og 43 (og tabell 1) som middelverdier på hver stasjon for dypene 0,4 og 8 m.

^x Det lokale minimum i ortofosfatkonsentrasjonen ved stasjon CP-2 (fig. 24) kan bero på analysefeil.

Tabell 1. Ortofosfat, nitrat og N:P-forhold som gjennomsnitt av 0,4 og 8 m dyp i januar, mai, juli og oktober 1973.

måned stasjon	Januar			mai			juli			oktober		
	PO ₄ -P µg/L	NO ₃ -N µg/L	N:P ²	PO ₄ -P µg/L	NO ₃ -N µg/L	N:P vekt- forhold	PO ₄ -P µg/L	NO ₃ -N µg/L	N:P vekt- forhold	PO ₄ -P µg/L	NO ₃ -N µg/L	N:P vekt- forhold
EP1	33	-	-	11	30	10	8	< 10	16	10	10	14
CP2	33	152	-	19	37	7	9	< 10	15	19	50	14
BN1	31	153	-	13	28 ^x	5 ^x	11	< 10	15	17	17	10
CQ1	42	165	-	27	10	8	7	< 10	16	18	50	15
AP2	65	182	-	29	50	7	26	15	9	58	120	6
BL4	-	-	-	9	67	11	13	< 10	12	39	68	7
DK1	31	155	-	7	30	14	5	< 10	18	9 ¹	< 10 ¹	24 ¹
EK1	28	138	-	16 ^x	130 ^x	14 ^x	10	< 10	21	6	< 10	21
FK3	-	-	-	7	50	14	4	< 10	24	8 ^x	< 10	13 ^x
FL1	20	125	-	9	40	14	6	< 10	22	8	< 10	11
GK1	26	172	-	14	40	12	4	< 10	20	5	< 10	14
GL1	20 ^x	158	-	8	50	15	6 ^{xx}	< 10	15	8	< 10	18
KN1 (03)	10	90	-	5	20	12	6	< 10	20	9	< 10	20

^x observasjon på 0 m savnes

¹ observasjoner på 8 m savnes

^{xx} observasjon på 4 m savnes

² Tot-N ble ikke analysert i januar 1973

Januar 1973 viste en jevn fordeling av nitrat i hele overflatelaget i indre fjord, mens ortofosfatkonsentrasjonen avtok utover fjorden. Det var fremfor alt i Bekkelagsbassenget og Havnebassenget hvor de høyeste konsentrasjonene fantes. I Vestfjorden hadde vestsiden litt høyere ortofosfatverdier enn østsiden.

Ved maitoktet hadde konsentrasjonene for ortofosfat og nitrat avtatt (våroppblomstring). De høyeste verdiene for nitrat hadde nå Bærumsbassenget og Vestfjorden, mens ortofosfatkonsentrasjonen liksom i januar var høyest i Havnebassenget, Bekkelagsbassenget og ved Nesodden. Likeså var ortofosfatverdiene noe høyere på vestsiden av Vestfjorden enn på østsiden.

Til jultoktet hadde nitratkonsentrasjonen gått ned under målegrensen ($< 10 \mu\text{g}/\text{l}$) i hele indre fjord unntatt Havnebassenget. Ortofosfatkonsentrasjonen var størst i Havnebassenget, mens den var relativt lav i Bekkelagsbassenget.

Oktoberverdiene for nitrat viste store konsentrasjoner i den nordre delen av indre fjord i forhold til de sydlige delene. Fosforkonsentrasjonen var også større i de nordre delene.

Nitratkonsentrasjonen viste en naturlig variasjon med topp i januar ved lav produksjon. I løpet av våren og sommeren ble nitrat forbrukt av planteplankton. Ortofosfatkonsentrasjonen var også stor i januar. I mai minket ortofosfatmengden som følge av produksjon i overflate- laget. (Den sydlige vinden under mai medvirket til å føre inn vann fra Breiangen til indre fjord og presse opp indre fjords overflatevann mot nord og hindre kloakkvannet fra Oslo i å spre seg.)

Under juli var ortofosfat- og nitratkonsentrasjonene lave som en følge av produksjonen. I oktober medførte nordlige vinder en opptransport av næringsalter fra dypvannet, spesielt ved Nesodden, og en fikk stor vekstpotensial i disse delene av fjorden.

En sammenlikning av gjennomsnittlig ortofosfatkonsentrasjon i dypene 1,4 og 8 m 1962-65 (Føyn 1967) med resultater fra 1973 (fig. 41) viser lavere konsentrasjoner i januar 1973 i Drøbaksundet og indre fjord. I mai var verdiene for 1973 stort sett noe høyere enn gjennomsnittet for perioden 1962-65. Dette kan bero på de sydlige vinder som varte fra begynnelsen til midten av mai, som hindret overflatevannet fra utskiftning. I juli var det noe høyere verdier i Bunnefjorden og ved Nesodden, mens omtrent samme verdi for Vestfjorden. I oktober var ortofosfatkonsentrasjonen i Bunnefjorden og Vestfjorden lavere i 1973 enn i 1962-65, mens den var noe større ved Nesodden. De nordlige vindene kan her ha bidratt til forholdet ved Nesodden.

4. SPESIELLE OVERFLATEOBSERVASJONER

I løpet av året har det vært en iøynefallende forekomst av olje, som ble observert ved alle tokt samt ved andre tilfeller. Utenom i havnebassenget syntes mengdene å være størst i Vestfjorden. Oljen var imidlertid meget tynn, og lettest å iakttatt ved vindstille vær.

Forekomst av søppel er bare blitt observert ved et par tilfeller på toktene, spesielt i oktober ved vindstille vær.

Den 16.11. ble det konstatert betydelig oljelekkasje fra vraket av "Blücher". En oppdaget da olje på overflaten som også lot seg følge på ekkoleddet (fig. 37). Rapport om lekkasjen ble avgitt til Havnedirektoratet. Prøver av oljen ble innsamlet til analyse på gasskromatograf (fig. 39), så at en i fremtiden kan skille mellom andre oljer og den fra "Blücher". I tiden fra oktober 1973 til februar 1974 har en iakttatt fortsatt lekkasje fra "Blücher" i samme størrelsesorden som ved det første tilfellet. Den 25.2.74 (vindstille vær) dekket oljen et område fra vrakets posisjon til Drøbakterskelen.

Variasjonene i siktedyp ved de forskjellige toktene fremgår av fig. 40. I januar var siktedypet størst i Bunnefjorden og nordre Vestfjord. I Drøbaksundet og ut til Horten (stasjon 06) var siktedypet mindre enn i indre fjord. Dette skyldes innflytelse fra Drammensfjorden, samtidig som ferskvannstilrenningen i indre fjord er lav. I mai var forskjellen mellom Breiangen og indre fjord utjevnet ved at siktedypet i indre fjord hadde minket, sannsynligvis på grunn av planktontetthet. (Kfr. kap. 6.) Sydlig vind før toktet hadde også presset vann fra Breiangen inn i indre fjord. I juli var siktedypet lavest i indre fjord og høyest i ytre fjord. Også nå var det forskjeller i algeforekomst som avspeilet seg i siktedypsvariasjonene; på grunn av forurensningstilførslen til de indre bassengene kan der utvikles større algemengder enn lenger ut i fjorden.

I oktober var siktedypet størst i Vestfjorden. De nordlige vindene under toktet skjøv overflatevannet sørover dels i Bunnefjorden og dels i Drøbaksundet. Ved dette toktet var siktedypet lavere enn tidligere på året på de ytre stasjonene. Dette henger sammen med den relativt store forekomsten av planteplankton i denne delen av fjorden ved toktet (kap.6).

Sammenliknet med siktedypsobservasjoner somrene 1962-65 var årets verdier noe bedre. Gjennomsnittet for juni-juli 1962-65 var omkring 4 m ved stasjon DK-1 (Steilene) mot 6 m 1973. Den høyeste verdi som ble oppmålt under juni-juli 1962-65 var ca. 5 m. Siktedypsverdiene for Bunnefjorden 1973 viser derimot ingen forskjell fra målinger i 1962-65. De relativt gunstige siktforholdene i Oslofjorden sommeren 1973 kan forklares med at innholdet av planktonalger ved julitoktet var forholdsvis lavt. Da variasjonene i planktontetthet og dermed også siktedyp kan skje raskt, er det vanskelig å bedømme overflatevannets generelle tilstand i 1973. Dertil er antall observasjoner altfor få. De relativt høye siktedypene i juli 1973 kan dog tyde på at forholdene i Vestfjorden under sommeren har vært bedre dette år enn tidligere.

5. OVERFLATEVANNETS VEKSTPOTENSIAL

En vurdering av vannets egenskaper som vekstmedium for alger, er vanskelig å gjøre bare ut fra kjemiske analyser, da disse ofte ikke kan fortelle i hvilken grad næringsstoffene er tilgjengelige for algene. Kjennskapet til algenes næringsbehov er også for begrenset for at man skal kunne bedømme vannets evne til å underholde algevekst selv etter meget inngående kjemiske analyser.

Som en hjelp ved undersøkelser av næringsforhold i vann, kan eksperimentelle undersøkelser med alger brukes. Verdien av slike algetester er tidligere vist i sammenheng med Oslofjordundersøkelsen i 1962-65. (Skulberg 1970.) Det ble den gangen vist at det er et komplisert samspill mellom stoffer fra de forskjellige vanntypene som blandes i Oslofjorden, som influerer på mulighetene for algevekst. Det ble også vist at det ikke er riktig å tillegge et stoff alene avgjørende betydning for den mengdemessige utvikling av alger. Tilsetning av kloakkvann virket stimulerende på algeveksten i vann fra Oslofjorden. Den stimulerende effekten var prosentvis større i vann fra ytre fjord enn i vann fra indre fjord. De regionale variasjonene i vekstpotensial ble undersøkt i oktober og november 1965. Det ble vist en tydelig minking i vekstpotensial utover i fjorden. Særlig høy var vekstpotensialet i Havne- og Bekkelagsbassengene.

I 1973 er det tatt prøver for bestemmelse av vekstpotensial i overflatevannet ved de fire hovedtoktene i januar, mai, juli og oktober. I januar ble det foretatt vekstpotensialmålinger på 6 stasjoner. (Se tabell 2 og fig. 48). Vekstpotensialet var på dette tidspunkt som en kunne vente forholdsvis høyt i hele fjorden. På grunn av lav temperatur og liten lystilgang, er produksjonen av alger i fjorden lav i denne perioden. Tilførslen av næringsstoffer fra dypere vann og avrenning fra land er større enn forbruket, og det bygges opp et næringsgrunnlag for våroppblomstringen, som vanligvis kommer i slutten av februar. På prøvetakingstidspunktet var vekstpotensialet på de undersøkte stasjonene høyest i Bunnefjorden (EP-1). Fra 510 mill. celler/l i Bunnefjorden minket vekstpotensialet utover fjorden. Stasjon BN-1 utenfor Nesoddtangen hadde 430 mill., EK-1 i Vestfjorden 418 mill., KN-1 i Drøbaksundet 214 mill. og OK-1 i Breiangeren 141 mill. celler/l. Stasjon VN-1 vest for Fredrikstad hadde igjen en høyere verdi: 440 mill. celler/l.

Det avtagende vekstpotensialet utover i fjorden overensstemmer med vannets minskende innhold av ortofosfat. Det er tydelig at gjødslingseffekten fra kloakkutslipp i den indre delen av fjorden innvirker på vannets vekstpotensial.

Det høye fosfatinnholdet og det høye vekstpotensialet på stasjon VN-1 kan forklares som en transport av næringsrikt vann fra Glåma-estuariet mot nord. Den lave saliniteten i overflatevannet støtter også denne teorien.

Ved mai-toktet ble det gjort vekstpotensialmålinger på 16 stasjoner i fjorden. Variasjonene i celleutbyttet var større enn i januar (fig. 49 b). Meget høyt vekstpotensial hadde de tre stasjonene CQ-1, CP-2 og AP-2 i indre fjord, med 1510 mill. celler/l som høyeste verdi (AP-2). Det høye næringsinnholdet i dette området skyldes tilførsel av avløpsvann, bl.a. fra Bekkelagets renseanlegg. På de øvrige stasjonene var vekstpotensialet lavere i mai enn ved det tidligere toktet i januar.

Det var også en større forskjell i vekstpotensial mellom den indre og den ytre delen av Oslofjorden i mai enn i januar. På de tre ytre stasjonene var celleutbyttet bare 56, 23 respektive 71 mill. celler/l. Forklaringen er sannsynligvis at det siden januar har vært en viss oppblomstring av

alger i Oslofjorden, og at næringsstoffene for en stor del er blitt brukt opp. Fosfatinnholdet er minnet fra 15-20 $\mu\text{g P/l}$ til 2-4 $\mu\text{g P/l}$. Denne oppblomstring opptrer som regel i slutten av februar, med store bestander av kiselalger. Om våren fører oppvarmingen av overflatevannet og den økte ferskvannstilførslen til en lagdeling av vannet. Derved blir transporten av næringsstoffer fra dypvannet begrenset og konsentrasjonene av disse minker raskt i overflatevannet. At denne nedgang i næringsinnholdet ikke er så markert i den indre delen av fjorden, kan forklares med at det her hele tiden skjer en tilførsel av næringsstoffer fra land.

Det tredje toktet ble gjennomført i juli. Vekstpotensialmålinger ble foretatt på 14 stasjoner. Celleutbyttet var gjennomgående lavt i hele fjorden (fig. 50). De høyeste verdiene hadde AP-2 (Bekkelaget) med 105 mill. celler/l og VN-1 (Rauer) med 111 mill. celler/l. Det er ikke noen tydelig forskjell mellom indre og ytre delen av fjorden. Klorofyllanalysene viste at bestandene av planteplankton var store, og dette kan forklare at næringsinnholdet var lavt. Dette ble imidlertid ikke bekreftet av fosfatanalysene.

Om man beregner middelveier for fosfatinnholdet i overflateprøvene i mai og juli, blir dessuten 16 resp. 10 $\mu\text{g P}$. Forskjellen er altså ikke så stor som vekstpotensialmålingene antyder.

Fosfor er vanligvis den viktigste minimumsfaktoren i Oslofjorden om sommeren, og en skulle vente at vekstpotensialet noenlunde varierte med fosfatinnholdet. Andre forklaringer til det lave celleutbyttet i juli kunne være lavt innhold av andre næringsstoffer, f.eks. nitrogen eller for høye konsentrasjoner av veksthemmende stoffer i vannet. Nitratkonsentrasjonen var riktignok lav i overflatevannet i juli ($< 10 \mu\text{g N/l}$), men algene kan også utnytte andre former for nitrogen, f.eks. ammonium som ofte utgjør mesteparten av det oppløste nitrogenet. Det totale innhold av nitrogenforbindelser var ikke unormalt lavt, og det er uvisst om nitrogen har begrenset veksten.

At veksthemmende stoffer kan ha vært årsaken til den svake veksten i juli kan ikke helt utelukkes. En slik hemming kan f.eks. oppstå ved relativt lave konsentrasjoner av tungmetaller i vannet. Algene kan selv også utskille organiske stoffer som virker inhiberende på vekst av andre alger. Dette kan tenkes å virke inn på vekstpotensialet i områder hvor det er store bestander av planteplankton.

Det relativt høye innholdet av fosfat i overflatevannet i juli kan som nevnt tidligere, være forårsaket av at de nordlige vindene i perioder før og under toktet medførte en transport av dypvann til overflaten i indre fjord. Ved analyser av vann fra Drøbaksundet og Breiangen bare 5 dager etter toktet, var fosfatkonsentrasjonen mindre enn 2 µg P/l. Tilskuddet av fosfat var tydeligvis hurtig blitt brukt opp.

Ved oktobertoktet ble vannprøver fra 15 stasjoner tatt for vekstpotensialundersøkelse. Celleutbyttet var nå igjen blitt høyere, særlig i indre fjord. AP-2 utenfor Bekkelaget hadde den høyeste verdien: 1250 mill. celler/l (fig. 47). Bortsett fra stasjonene nær Oslo varierer vekstpotensialet fra 40 til 130 uten noen markert minking utover i fjorden. Næringsinnholdet ser altså ut til å øke noe igjen etter sommerens minimum, men ligger en god del under verdiene fra januar.

For å gi en mer samlet oversikt over variasjonene i vekstpotensial og konsentrasjon av næringsstoffer i 1973, er middelverdier for stasjoner innen 4 forskjellige deler av Oslofjorden beregnet. Også middelverdier fra samtlige stasjoner er beregnet for hvert tokt.

Område	Stasjoner
1. Bunnefjorden	EP-1
2. Indre bassenger	CQ-1, CP-2, AP-2, BN-1, BL-4
3. Vestfjorden	DK-1, EK-1, FK-3, FL-1, GK-1, GL-1
4. Ytre fjord	KN-1, OK-1, VN-1, EQ-1, 3, 4

Da ikke alle stasjonene er tatt ved samtlige tokt, er middelverdiene ikke alltid beregnet på samme antall stasjoner. En del data for fosfat og nitrogen mangler også. Middelverdiene er ført opp i tabell 3. Antall observasjoner som hver middelverdi er beregnet ut fra, er angitt i parentes. Ut fra middelverdiene er også beregnet forholdstallene celleutbytte/ortofosfat og celleutbytte/total nitrogen. Dette er gjort for å finne eventuell korrelasjon mellom disse næringsstoffene og vekstpotensialet. Middelverdier for vekstpotensialet er også fremstilt i fig. 48.

Forhold N:P

Ved kjemiske analyser av naturlig planteplankton er det vist at forholdet mellom forskjellige komponenter i algene er relativt konstant. Som middelværdi oppgis atomforholdet C:N:P = 106:16:1. (Corner og Davis 1971). Omregnet til vektenheter blir C:N:P = 41:7,2:1. I vann forekommer karbon dermed i overskudd i forhold til nitrogen og fosfor. Forholdet N:P i vann er interessant fordi det bestemmer hvilket av disse stoffene som først vil bli brukt opp ved en oppblomstring av alger forutsatt at veksten ikke blir begrenset av andre stoffer.

Det fremgår av tabell 2 av vektforholdet N:P i Oslofjorden, regnet ut fra total nitrogen og total fosfor i overflatevannprøver, oftest var høyere enn 7:1. I mai var den lavest i de indre bassenger (7:1) og økte utover til ytre fjord (16:1). Også i juli fant en det laveste N:P-forholdet i de indre bassenger, men forskjellen var nå mindre, fra 15:1 til 22:1. Forholdet N:P i oktober var omtrent som i juli med den minste verdien (14:1) i indre fjord og den høyeste (24:1) i ytre fjord.

Tabell 2. Vekstpotensial, klorofyll og kjemiske data for overflatevannet (0 m).

Måned	Januar				Mai				Juli				Oktober								
Stasjon	Vekstpo- tensial 10 ⁶ cel- ler/l	Kloro- fyll µg/l	Orto- fosfat µg P/l	Total fosfor µg P/l	Vekstpo- tensial 10 ⁶ cel- ler/l	Kloro- fyll µg/l	Orto- fosfat µg P/l	Total fosfor µg P/l	Vekstpo- tensial 10 ⁶ cel- ler/l	Kloro- fyll µg/l	Orto- fosfat µg P/l	Total fosfor µg P/l	Vekstpo- tensial 10 ⁶ cel- ler/l	Kloro- fyll µg/l	Orto- fosfat µg P/l	Total fosfor µg P/l	Total nitro- gen µg N/l	N:P *			
EP 1	510	1,21	(34)µm	65	376	1,0	13	25	260	10	30	7,6	7	21	350	17	98	2,05	6	225	
CQ 1		1,40	34	53	1210	7,3	36	69	530	7,7	40	8,5	8	20	340	17	152	5,29	6	14	270
CP 2		0,95	30	52	620	3,2	32	48	282	5,9	19	9,5	11	23	410	18	42	3,97	5	9	215
AP 2		0,71	86	110	1510	6,0	45	83	550	6,6	105	16,5	33	45	430	10	1250	22,1	63	97	560
BN 1	430	0,73	23	32	374	2,2	14	36			55	7,9	12	19	300	16	472	15,4	22	51	350
BL 4		2,63			353	7,2					68	9,6	16	32	395	12	186	6,59	44		380
DK 1		0,81	23	29	83	0,9	7	17	235	14	68	3,9	4	11	350	32	74	2,98	8	14	340
EK 1	418	0,88	20	28	128	1,1		34			59	3,0	24	28	245	9	126	2,06	7	11	220
FK 3					286	2,1	8	18	235	13	27	12,6	3	8	200	25					245
FL 1		1,41	18	24	292	1,9	15	28	335	12	55	14,7	6	10	230	23	106	3,94	7	23	255
GK 1		1,36	25	34	490	2,0	16	20	255	13	29	19,1	6	13	270	21	62	1,62	13	7	225
GL 1		0,71	7	21	102	2,7	9	20	315	16	79	9,9	8	14	315	23	54	2,98	8		240
KN 1	214	1,54	7	20	125	2,8	5	20	275	14	111	1,4	4	14	295	21	112	3,84	4	7	230
OK 1	141	0,53	16	35	56	1,7	2	15			39	7,9	6	12		13	100	3,84	7	23	230
VN 1	440	0,48	19		23	1,1					39	2,7	3	10	130	13	48	4,30	8	11	290
EQ 1					71	0,9	4	11	185	17		1,1					49	5,04	6	8	220

* Vektforhold

Tabell 3. Middelverdier for vekstpotensial, klorofyll og kjemiske data i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden.

(tallene i parentes angir antall observasjoner bak middelverdiene)

	Celleutb. mill./l	PO ₄ ³⁻ ug P/l	Tot. N ug N/l	Klorofyll ug/l	mill. celler /ug PO ₄	mill. celler /ug N	Vektforhold Tot N/Tot P	
Januar	Hele fjorden	358 (6)	20 (6)		1,1 (14)	18		
	Bunnefjorden	510 (1)	34 (1)		1,21(1)	15		
	Indre bass.	430 (1)	23 (1)		0,73	19		
	Vestfjorden	418 (1)	20 (1)		0,88	21		
	Ytre fjord	265 (3)	14 (3)		0,85	19		
Mai	Hele fjorden	381 (16)	16 (13)	314(11)	2,8	24	1,2	12 (1)
	Bunnefjorden	376 (1)	13 (1)	260 (1)	1,0	29	1,4	10 (1)
	Indre bass.	813 (5)	38 (4)	454 (3)	5,5	21	2,5	7 (3)
	Vestfjorden	251 (5)	11 (5)	275 (5)	1,8	23	0,91	14 (5)
	Ytre fjord	83 (3)	3,7(3)		1,6 (4)	22		16 (2)
Juli	Hele fjorden	56 (14)	10 (15)	286 (14)	8,5 (16)	5,6	0,19	18 (14)
	Bunnefjorden	30 (1)	7 (1)	350 (1)	7,6 (1)	4,3	0,08	17 (1)
	Indre bass.	57 (5)	16 (5)	375 (5)	10,4 (5)	3,6	0,15	15 (5)
	Vestfjorden	48 (5)	10 (5)	282 (5)	10,5 (6)	4,8	0,17	22 (6)
	Ytre fjord	76 (3)	4,3(3)	153 (3)	3,3 (4)	17,7	0,50	17 (2)
Oktober	Hele fjorden	197 (15)	14 (16)	280(17)	5,73(15)	14	0,70	20 (12)
	Bunnefjorden	98 (1)	6 (1)	225 (1)	2,05 (1)	16	0,44	-
	Indre bass.	420 (5)	28 (5)	355 (5)	10,67(5)	15	1,18	14 (4)
	Vestfjorden	88 (5)	9 (5)	254 (6)	2,71 (5)	10	0,35	21 (3)
	Ytre fjord	77 (4)	7 (5)	248 (5)	4,25 (4)	11	0,31	24 (15)

Tendensen at forholdet N:P er minst i indre del av fjorden, kan forklares med påvirkning av kloakkvann. Kommunalt avløpsvann inneholder nitrogen og fosfor i forholdet 4:1 (Ahl. et al. 1967) og vil derfor forandre forholdet mellom N og P i vann fra Oslofjorden.

I fig. 43 er vektforholdet N:P for stasjonene i indre fjord og Drøbak-sundet fremstilt. Verdiene er basert på målinger fra 0-8 m. Denne fremstilling viser også at forholdet N:P er lavest hele året i de sterkest forurensede områdene i indre fjord. N:P-forholdet er også lavere i januar enn i juli på alle stasjonene. Forandringen i forholdet er et resultat av opptak av N og P i organismer av hvilke en del sedimenterer eller transporteres ut fra fjordens overflatevann. Hvis N og P blir tatt opp i forholdet 7:1 vil dette føre til at N:P-forholdet øker i vann med opprinnelig N:P-forhold større enn 7:1. I vann hvor N:P er mindre enn 7:1 vil forholdet minke når N og P blir tatt opp av organismer og ført ut av systemet. Som man kan se i fig. 43 øker imidlertid N:P-forholdet fra januar til juli også på stasjoner hvor N:P-forholdet er 7 eller mindre. Dette viser at også andre faktorer som strømningsforhold og tilførsel av næringsstoffer fra land har påvirket N:P-forholdet.

Ved dyrking av næringsløsninger med forskjellige fosfatkonsentrasjoner er det vist at testalgen ved vekstpotensialmålingene, *Phaeodactylum tricorutum* kan produsere ca. 20 mill. celler/ μ g P. Verdien for celleutbytte/ μ g fosfat-P er beregnet for middelverdiene i tabell 2 og fremstilt i fig. 53. I januar var forholdstallet mellom 15 og 21 mill., det vil si omtrent det en skulle vente hvis fosfat var det vekstbegrensende næringsstoffet.

I mai var celleutbyttet/ μ g P mellom 22 og 29 mill., hvilket altså er høyere enn ventet. Også i mai ser fosfat ut til å virke som den primært vekstbegrensende faktor.

Verdiene for celleutbyttet/ μ g P i juli var lave (3,6-5,6) unntatt i ytre fjord (17,7). Forklaringen til dette kan som tidligere er nevnt, være at et annet stoff, f.eks. nitrogen, var vekstbegrensende eller at veksten blir hemmet av giftstoffer.

I oktober har celleutbyttet/ μ g P steget igjen til 10-16 mill. Denne gang er verdiene lavest i ytre fjord.

Forholdet celleutbyttet/ μg N varierer mer enn celleutbyttet/ μg P. Også dette har de laveste verdiene i juli, og det tyder derfor ikke på at nitrogen har vært begrensende for vekstpotensialet da. Ettersom forholdet er beregnet ut fra total-nitrogen, er imidlertid disse tallene mindre relevante enn de for fosfor. Det er bare en del av de oppløste nitrogenforbindelsene som kan utnyttes av algene.

På grunnlag av disse resultatene synes man å kunne slutte at av de to plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen, foreligger nitrogen oftest i overskudd i forhold til algenes behov.

6. PLANTEPLANKTON

Produksjon og forekomst av planteplankton, d.v.s. fritt kringsvevende mikroskopiske alger i Oslofjorden, er interessant av flere forskjellige grunner. De store forekomster av planteplankton som en iblant finner i den indre delen av fjorden om sommeren, medfører en minket rekreasjonsverdi ved at vannet blir grumset og mindre attraktivt for fritidsaktiviteter som bad og fiske. Mye av det organiske stoff som blir produsert i overflatevannet av planteplankton, synker gjennom sprangsjiktet ned til dypvannet hvor det blir brutt ned av andre mikroorganismer. Ved denne nedbrytningsprosessen konsumeres oksygen. Ved stor belastning av organisk stoff kan derfor oksygenreserven helt bli brukt opp om ikke dypvannet blir fornyet før det. Etter at oksygenet er slutt, overtar andre, anaerobe bakterier som i stedet for å bruke oksygen reduserer sulfater og nitrater. Av sulfatene dannes da hydrogensulfid som er giftig for andre organismer. Utbredelsen av områder med hydrogensulfid i Oslofjordens dypvann er derfor blant annet beroende på produksjonen av planteplankton i overflaten.

Forekomsten av planteplankton kan undersøkes ved mikroskopering av vannprøver. På denne måten er det mulig å få både kvalitativ og kvantitativ bedømmelse av mengden alger i vannet. Metoden er dog meget tidkrevende. Da både vertikal- og horisontalutbredelsen av planteplankton ofte er meget ujevn, er det ønskelig med et stort antall observasjoner for å danne seg et godt bilde av situasjonen (Braarud 1967). Innsatsen i 1973 har vært temmelig beskjeiden i det kun et lite antall prøver er gjennomgått, men det er tenkt av det likevel skal kunne gis en oppfatning om om de store trekkene i planteplanktonsamfunnets variasjon gjennom året i ulike deler av fjorden.

Alle alger har klorofyll, som det er pigment som absorberer lysenergien for fotosyntese. Det lar seg gjøre å ekstrahere klorofyll fra cellene og spektrofotometriskt bestemme mengden. En klorofyllanalyse gir derfor et relativt mål på algemengden i vannet. På denne måten er det mulig å forholdsvis raskt undersøke variasjoner i mengden planteplankton. Klorofyllanalyser er ikke tidligere foretatt i denne typen undersøkelser i Oslofjorden, og resultatene av årets analyser vil fremfor alt få sin verdi som sammenlikningsgrunnlag for senere undersøkelser.

6.1 Overflatevannets klorofyllinnhold

Ved de fire toktene ble prøver for klorofyllanalyse samlet inn på samtlige stasjoner. Ved januar- og mai-toktene ble prøvene tatt like under overflaten, men i juli og oktober ble det benyttet en vannhenter som tar en vannsøyle fra overflaten ned til 2 m. Prøvene er altså blandprøver av de øverste 2 m.

Tabell 2 og 3 samt fig. 54 gir en sammenstilling av analyseresultatene.

I januar var klorofyllinnholdet lavt i hele fjorden, 0,5-2,6 mg/m³. På grunn av lite utpreget sjikting av vannet blir ikke algene holdt oppe i overflaten i tilstrekkelig høy grad for å kunne oppnå en høy produksjon. Lyset var dermed den viktigste begrensende faktoren for primærproduksjonen. I beskyttede områder som f.eks. ved stasjon BL-4 i Bærumsbassenget, hvor det var is på det aktuelle tidspunkt, kunne det imidlertid lokalt bygges opp noe større bestander av planteplankton.

I mai var variasjonene i klorofyllinnholdet større enn i januar. Klorofyllanalysene viste også at forekomster av alger bare er å finne i avgrensede områder i indre fjord. Forøvrig var klorofyllinnholdet mellom 0,9 og 2,7 mg/m³.

I juli hadde man temmelig høy planteplanktontetthet i Bunnefjorden, indre bassenger og Vestfjorden, men også i ytre fjord var den større enn i mai. De høyeste klorofyllverdiene fant man i Bekkelagsbassenget (AP-2) og i Vestfjorden (FL-1 og GK-1). På disse stasjonene var klorofyllinnholdet 15-20 mg/m³. Verdiene viste at de lokale variasjonene i planktontetthet var meget store. Dette er tidligere påpekt ved undersøkelser i 1962-65. (NIVA, januar 1967.)

I oktober var planteplanktonmengden i Bunnefjorden og Vestfjorden mindre enn ved juli-toktet. I indre fjord var klorofyllinnholdet fortsatt høyt, fremfor alt i Bekkelagsbassenget (22 mg/m^3). I ytre fjord var det nå enda litt høyere verdier enn i juli.

6.2 Kvantitativ bestemmelse av planteplankton

Resultatene av planteplanktonobservasjonene er stilt sammen i tabell 9. Videre er det totale antallet diatomeer (kiselalger) og dinophyceer (panserflagellater) ved de forskjellige stasjonene ført inn i tabell 8.

I januar var det lite planteplankton på de undersøkte stasjonene. VN-1 i ytre fjord hadde det høyeste antallet av både diatomeer og dinophyceer. Dominerende diatome er *Skeletonema costatum* med innslag av en del ubestemte pennate diatomeer.

Gonyaulax sp. var den mest forekommende dinoflagellaten på de ytre stasjonene VN-1 og DK-1 i Vestfjorden.

Små flagellater og monader var de som dominerer i antall på de indre stasjonene.

I mai var det større antall av diatomeer og dinophyceer enn i januar på tre av stasjonene. På stasjon EP-1 i Bunnefjorden hadde antallet diatomeer gått noe ned. Det totale celletallet for planteplankton var imidlertid høyere i januar enn i mai på de indre stasjonene, men dette henger sammen med det høyere antallet monader og andre flagellater på disse stasjonene i januar. Disse algene er imidlertid små og har ikke medført høye klorofyllverdier. På de to ytre stasjonene dominerer diatomeene *Leptocylindrus danicus* (VN-1 Rauer) og *Skeletonema costatum* (DK-1, Vestfjorden). DK-1 har også større antall monader og andre flagellater enn de øvrige stasjonene i mai. På stasjon BN-1 i indre fjord hadde dinoflagellaten *Gymnodinium* Sp. og Chrysophyceen *Pseudopedinella pyriformis* størst forekomst.

I juli hadde planteplanktonmengden økt fremfor alt på stasjonene i indre fjord. Den viktigste diatomeen var nå *Cyclotella meneghiniana*, som forekom rikelig på alle stasjonene. Størst forekomst av denne diatomeen hadde stasjon BN-1 indre fjord (over 2 mill./l). Utover minket mengdene til

stasjon VN-1. Ved juli-toktet var det også mye av kalkflagellaten *Coccolithus huxleyi*. Denne hadde størst forekomst (4,7 mill./l) i Bunnefjorden (EP-1), men også på stasjonene BN-1 og DK-1 (Steilene) var celleantallet over 1 mill./l.

Også dinoflagellatene hadde økt siden mai-toktet til totalt omkring 200 000/l på de indre stasjonene. På stasjon DK-1 i Vestfjorden var det omtrent halvparten så mye dinoflagellater som på stasjon BN-1 (Nesodden), og på stasjon VN-1 (Rauer) kun ca. 15 000 dinoflagellater/l.

De viktigste dinoflagellatene var *Gonyaulax* sp., *Gymnodinium*, *Heterocapsa triquetra* og *Prorocentrum micans* i Bunnefjorden og *Prorocentrum micans*, *Heterocapsa triquetra* og *Gymnodinium* på stasjon BN-1 i indre fjord. I Vestfjorden dominerte *Gymnodinium* av dinoflagellatene. På stasjon VN-1 (Rauer) forekom en del ferskvannsalger som kan ha blitt transportert dit fra Glåma.

Ved oktober-toktet var det store mengder av diatomeer på den ytre stasjonen (Larkollen). Det var hovedsakelig *Skeletonema costatum* (ca. 2 mill. celler/l), men med innslag av flere andre arter. Lenger inn i fjorden er antallet diatomeer omtrent som i juli, men dominerende er nå *Lauderia annulata* og *Skeletonema costatum*. *Lauderia* har største bestander i indre delen av fjorden. På stasjon BN-1 var antallet ca. 1 mill./l. I Bunnefjorden var det lite diatomeer. Dinoflagellatene hadde minnet i antall siden i juli. Antallet økte innover i fjorden. På stasjonene DK-1, Vestfjorden og EP-1 i Bunnefjorden dominerte *Heterocapsa triquetra*, men på stasjon BN-1 i indre fjord var det også mye *Gymnodinium* spp. Kalkflagellaten *Coccolithus huxleyi* hadde minnet i antall siden juli på alle de undersøkte stasjonene, men forekom i stort antall i de indre delene av fjorden.

Da forandringer i algesamfunnet i Oslofjorden kan gå meget raskt, og også fordelingen av planteplankton ofte er meget ujevnt, er det ikke mulig ut fra disse observasjonene å beskrive algenes årstidssyklus i fjorden i 1973. Ved å sammenlikne observasjonene med hva som er funnet ved tidligere, mer inngående undersøkelser, er det likevel mulig å bedømme om situasjonen avviker sterkt fra hva som kan kalles et normalår.

Braarud har beskrevet årstidsvariasjonene i planktonsamfunnet i indre Oslofjord (Braarud, Nygaard, januar 1967).

Våroppblomstringen i fjorden kommer i februar-mars. Det er da hovedsakelig diatomeer som har masseforekomst. I april følger et minimum i planktontettheten, men så kommer nytt diatomemaksimum i mai-juni. Et tredje maksimum i diatomebestanden kommer i august-september. I perioden juni-september har dinoflagellatene sin største forekomst, slik at det hele sommeren er høy planteplanktontetthet. Fra oktober til februar er det normalt lite alger i overflatevannet.

De høyeste tallene som var observert for diatomeer og dinoflagellater ved Oslofjord-toktet i januar, mai, juni og oktober fra 1962-65 (Braarud & Nygård 1967) og 1973 er gjengitt i tabell 4 og 5.

Tabell 4. Maksimumstall for diatomeer ved Oslofjord-tokt.

10^6 celler/l

	januar	mai	juli	oktober
1962	0,2	10,5	5,6	0,3
1963	0,003	18,3	1,1	0,4
1964	0,02	10,4	5,6	0,3
1965	1,5	6,2		
1973	0,05	0,2	2,2	2,4

Tabell 5. Maksimumstall for dinoflagellater ved Oslofjord-tokt.

10^3 celler/l

	januar	mai	juli	oktober
1962	+	270	100	47
1963	+	10	2043	447
1964	7	34	145	8
1965	+	81		
1973	13	17	236	138

Av tallene går det frem at maksimumstallet for diatomeer i 1973 var usedvanlig lavt i mai og høyt i oktober. Også dinoflagellatene hadde stor forekomst i oktober.

Maksimumstallet for diatomeene i oktober 1973 er fra stasjon 0710 i ytre fjord. Det er hovedsakelig *Skeletonema costatum* som hadde stor forekomst (2 mill. celler/l).

Det må ha vært spesielt gunstige forhold for planteplanktonproduksjonen i perioden før toktet i oktober.

Det er grunn til også å kommentere forekomsten i kalkflagellaten *Coccolithus huxleyi*. Denne ble observert i så store bestander i 1935 og 1939 at vannet ble misfarget. Ved undersøkelsene i 1962-65 ble det ikke registrert noen masseforekomst av *C. huxleyi*, men i juli 1973 var det 4,7 mill./l av den på stasjon EP-1 i Bunnefjorden. I 1935 var det observerte maksimumstallet i juli ca. 7 mill., men dette hadde i august økt til 33,5 mill. celler/l. Det synes ikke å ha vært en tilsvarende økning i bestanden sommeren 1973, da det ikke er rapportert noen typisk gråhvis misfaring av vannet som kan iakttas når celleantallet blir ca. 10 mill./l. (Braarud & Nygaard 1967).

7. DISKUSJON AV RESULTATER FRA 1973 OG EN SAMMENLIKNING MED TIDLIGERE DATA

For bedømmelse av Oslofjordens forurensningsutvikling er et studie av dypvannet mest velegnet. Dette henger sammen med oppholdstidene for de forskjellige vannmassene i fjorden. For å få samme statistiske sikkerhet i bedømmelse av måleresultatene, kreves en betydelig tettere observasjonsfrekvens for overflatelaget - som har en kort oppholdstid - enn for dyplaget med dets lengre oppholdstid.

Det er tidligere redegjort for sammenhengen mellom forholdene i overflate- lag og dypvann. (NIVA, O-201 T, 1970.) Kort sammenfattet medfører den store tilførselen av næringssalter gjennom kloakkutslippene til overflate- laget (fotosyntesesonen) en gjødsling av vannet. Dette fremmer en stor produksjon av alger, spesielt i perioder da øvrige vekstfremmende faktorer (lys og temperatur) optimaliseres i løpet av vår og sommer. Dette vil gi en økning i mengde organisk stoff som i størrelsesordenen 5-10 ganger det som direkte tilføres via kloakkvannet. Foruten at planktonoppblomstringen oppfattes negativt ut fra bl.a. badesynspunkt, vil det organiske stoffet synke ned mot dypvannet, der det ved hovedsakelig bakteriell virksomhet nedbrytes til næringssalter. I denne prosess forbrukes oksygen. Oksygenforbruket er sterkest omkring og straks under sprangsjiktet, men på grunn av diffusive prosesser vil også dypvannet bli påvirket. Denne prosessen beskrives godt av det oksygenminimum en har i Vestfjorden i nivåer

omkring 20-40 m (fig. 16) utover våren etter en dypvannsutsiftning, og som utover sommeren (fig. 22) og høsten forsvinner ved utveksling av vann med dypere lag og tilskudd av oksygenrikt vann fra mindre innstrømminger over Drøbakterskelen. I Bunnefjorden medfører høy nedbrytningsaktivitet og dårlig vannutsiftning at det dannes hydrogensulfid i dyplagene. Når hydrogensulfid dannes i vannet vil det kjemiske miljøet forandres slik at spesielt fosfater utløses fra bunnen. Gjennom vertikale diffusive prosesser bringes så fosfatene til overflatevannet der det ytterligere bidrar til algeproduksjonen.

Ifølge FAO (1969) overlever ikke de fleste marine organismer oksygenverdier lavere enn 0,8 ml/l. Hos fisk inntreffer visse forandringer bl.a. i blodet mellom 1,7 og 2,1 ml/l. Verdier omkring 3,5-5,6 ml/l anses tilfredsstillende for de fleste arter av fisk og vekster i saltvann. En vil dog påpeke at visse arter er mer ømfintlige enn andre, og at disse grenseverdier kan variere noe.

7.1 Problemer ved bedømmelse av forurensningssituasjonens utvikling

Hvis kloakkvanntilførselen forutsettes ikke å variere fra år til år, og man ser bort fra akkumulert ufullstendig nedbrutt organisk stoff, er variasjoner i hydrografien den mekanisme som avgjør tilstanden i dypvannets "kvalitet" varierer fra år til år.

Den hydrografiske situasjonen kan bli forandret som følge av langperiodiske fluktuasjoner i for eksempel klima. Fig. 44 viser vannføringen gjennom nedbøren over Skandinavia som følge av vekslinger mellom anticyklonal og cyklonal bevegelse i luftmassene. Soskin (1963) har vist at det foreligger en nær forbindelse mellom variasjon i ferskvannstilrenningen og saltholdigheten i Østersjøen, slik at høy ferskvannstilrenning medfører lav salinitet. Det er også en viss korrelasjon mellom høy salinitet i overflatevannet og dypvannet i Østersjøen (Svansson 1972). Fonselius (1969) har beskrevet Østersjøens stagnasjonsperioder. Den første perioden som er registrert, varte fra 1928 til 1932-33. Det inntraff en ny innstrømming av vann fra Skagerak i 1951 og deretter mellom 1961 og 1964. Ut fra det datamateriale en for tiden har for Bunnefjorden (fig. 34) sammenfaller større dypvannsutsiftninger i Østersjøen og Bunnefjorden. Tettheten i Bunnefjorden synes også å ha en viss sammenheng med vannføringen i Drammenselva (fig. 43), dvs. en følge av klimavariasjoner. Datamaterialet

er dog altfor spinkelt til mer enn å antyde muligheten av en felles bakgrunn for utskiftningen i dypvannet i Oslofjorden og Østersjøen i form av klimasvingninger. Ljøen og Svansson (1972) har vist til temperaturens langtidsvariasjoner i vannmassene i Skagerak. Dette er ytterligere en effekt som henger sammen med klimavariasjoner. Den direkte betydning dette vil ha på Oslofjorden, har en ikke hittil kunnet vurdere.

Ytterligere en faktor som kan bidra til endrede hydrografiske forhold, er den avtagende trenden i nedbør over Syd-Skandinavia (fig. 44 c & Fonselius 1969).

I tillegg til de langperiodiske variasjoner kommer korttidssvingninger i det hydrografiske forhold. Denne effekt ses best i variasjonen av dypvannsutskiftningens omfang og hyppighet fra år til år.

7.2 Faktorer av betydning for generering av dypvannsutskiftninger

Til idag har en antatt at de viktigste betingelser for dypvannsutskiftning i indre Oslofjord dels er å søke i de ytre hydrografiske forhold (Nordsjøen) samt lokale faktorer (diffusjon og vind). Gade (1970) har påvist den forholdsvise gode korrelasjonen mellom nordlige vinder over Oslofjorden og dypvannsutskiftninger vinterstid. Han slutter seg til at "varigheten av vindfeltet synes å kontrollere mengden av vann som tillates å komme inn i fjorden, vindstyrken bestemmer tettheten på vannet som er tilgjengelig for innstrømmingen". Denne effekt av nordavinden vil imidlertid alltid være underordnet det hydrografiske forholdet utenfor Drøbakterskelen. Eksempelvis vil - som Gade påpeker - vårflommen i Drammenselva kunne blokkere en pågående dypvannsutskiftning til indre Oslofjord ved at ferskvannet etablerer et lag av lett vann fra overflaten til 20-30 meters dyp. Således blir det tyngre vannet ikke tilgjengelig i en situasjon som for øvrig betinger en dypvannsutskiftning.

De ytre hydrografiske forhold i Skagerak og dets betydning for dypvannsutskiftningen er nevnt innledningsvis. Disse forhold reguleres i sin tur av forhold i Atlanteren. Imidlertid influerer også Østersjøen på fremfor alt overflatevannet i Skagerak. På samme måte som ferskvannsfloppen fra Drammenselva vil påvirke Oslofjorden, vil ferskvannsfloppen fra Østersjøen ha liknende effekt på Skagerak. En kan betrakte systemet Østersjøen - Skagerak som et estuar med munning i Nordsjøen. (Overflatesaliniteten i den sydlige delen av Østersjøen er mindre enn 8‰.)

Den ytre hydrografiske situasjonen bestemmes altså utfra forholdene i to områder: Østersjøen og Nordsjøen - Atlanterhavet.

Innstrømming av salt vann fra Nordsjøen til Skagerak begunstiger en utskiftning av Oslofjorden, likeså en lav ferskvannstilførsel fra Østersjøen gjennom den Baltiske strømmen (fig. 46). En forsterkning av den Baltiske strømmen, dvs. en større uttransport av lavsalint vann fra Østersjøen vil derimot kunne ha en blokkerende effekt på dypvannsutskiftningen, spesielt om den sammenfaller med lav salinitet forøvrig i Skagarak i dyp omkring 30 m. Det vil altså til enhver tid bli en sammensatt virkning av den Baltiske strøm og vannmassebevegelser dirigert av forhold i Nordsjøen - Atlanterhavet, som avgjør den hydrografiske situasjon i Skagerak og derved også ha varierende innflytelse på utskiftningen av Oslofjordens dypvann.

Svansson (1972) har påvist den nære forbindelsen mellom vannstandsendringer i Østersjøen og saliniteten i Kattegats overflatevann. ^x En liknende jevnføring av utstrømming fra Østersjøen og den vertikale saltholdighetsfordelingen i Skagerak og Oslofjorden vil kreve hyppig (helst daglige) observasjoner.

I løpet av Oslofjordprosjektet i 1964 ble saltholdigheten registrert på forskjellige dyp utenfor Ferder ca. en gang i måneden. Observasjonsfrekvensen er så lav at store variasjoner kan inntreffe mellom registreringene. Fig. 45 a, b anskueliggjør det tap av detaljer en får ved å behandle vannstandsdataene fra Landsort med samme observasjonsfrekvens som saltholdighetene ved Ferder. Fig. 45 b viser også variasjonen i dyp av 30^o/oo-isolinjen for saltholdighet. Den gode overensstemmelsen mellom høyt nivå på 30^o/oo-isolinjen og høy vannstand i Østersjøen viser den store innflytelse Østersjøen kan ha på Oslofjorden, hvilket i en viss utstrekning allerede er påpekt av Hjort & Gran (1900) og Pettersson & Ekman (1891). Fig. 46 viser et forenklet bilde av strømmene i Skagerak. Et kryss markerer stasjonen ved Ferder. Langs den svenske vestkysten transporteres hovedsakelig Østersjøvannet i den såkalte Baltiske strømmen som oppblandes med vann fra Jutska strømmen i høyde med Skagen og fortsetter deretter mot Strømstad og Arendal. Ved høy vannstand i Østersjøen vil den Baltiske strømmen svekkes eller stanse helt, og det lavsaline vannet forsvinne fra Skagerak. Omvendt vil synkende vannstand i Østersjøen medføre stor transport i den Baltiske strømmen og "tvinge" 30^o/oo-isolinjen ved Ferder ned.

^x Høy vannstand i Østersjøen medfører høy salinitet i Kattegat (fig. 45 a).

Hvis vi så sammenlikner stasjoner inne i Drøbakundet med vannstanden ved Landsort, fig. 45 c, er overensstemmelsen fortsatt god bortsett fra i april-mai og i slutten av september. Drøbakstasjonen ligger nær terskelen, og interne bevegelser som der genereres, kan virke kraftig forstyrrende. Vindeffekten er også mer fremtredende her (Gade 1970).

Ses disse observasjonene i forbindelse med dypvannsinnstrømming i Vestfjorden i 1964, blir en del tidligere hendelser vanskelige å forklare. I løpet av februar dette år skjedde en viss innstrømming av vann til Vestfjorden under nordlige vinder (se fig. 47). Disse vedvarte - etter at innstrømmingen opphørte således ikke på grunn av det lokale vindforhold. Ferskvannstilrenningen i Drammensfjorden var omtrent av samme størrelse fra januar til mai da vårflommer kom. Derimot fant det i slutten av februar sted en drastisk forandring av vannstanden i Østersjøen, idet denne sank fra 40 cm over til 20 cm under middelvannstand i løpet av en uke. Samtidig sank 30⁰/oo-isolinjen ved Ferder og Drøbakundet fra overflaten til ca. 17 meters dyp. Den Baltiske strømmen ble altså kraftig forsterket i slutten av februar og blokkerte innstrømming til indre Oslofjord.

For at en bedre skal kunne avgjøre om de ovenfor beskrevne forholdene er en tilfeldig korrelasjon eller en årsakssammenheng, kreves en ytterligere gransking av måleseriene fra 1950 til 1970. For å kunne avkrefte eller verifisere hypotesen vil det være nødvendig med daglige observasjoner av saltholdighet og temperatur i Oslofjorden. Vind- og ferskvannstilførsler lokalt i området samt større bevegelser i Nordsjøen generert i Atlanterhavet vil som nevnt kunne innvirke. Videre studier på dette området bør gjøres da en forståelse av dette problem er av avgjørende betydning for utskiftningen av vann i andre lukkede kystområder og fjorder i Vest-Sverige og Syd-Norge.

I denne sammenheng er det viktig å understreke at vannstanden i Østersjøen er en følge av meteorologiske forhold over området (vind og lufttrykk). Denne situasjonen er i sin tur også beroende av forholdet over omkringliggende områder. Dette medfører at det er meget vanskelig å skille mellom de ulike faktorenes direkte innflytelse på vannmassene.

7.3 Fjordens utvikling

De foran beskrevne forhold medfører naturlige variasjoner i dypvanns-utskiftningen og dermed varierende oksygeninnhold i Bunnefjorden. En økende kloakkvanntilførsel vil bli avspeilet i at oksygenvariasjonene svinger omkring stadig lavere verdier. Fig. 34 og tabell 2 viser utviklingen for Bunnefjorden fra 1933-1973. Dataene er hentet fra Braarud et al. (1937), Dannevik (1945), Beyer & Føyn (1951) samt NIVA. Til dette kommer et par observasjoner fra slutten av 1800-tallet av Hjort & Gran (1900) som målte ca. 0,8 ml O₂/l i Bunnefjordens dypvann. Fig. 34 viser øvre grenser for hydrogensulfidvann og vann med oksygeninnhold under 0,7 ml O₂/l. 1933 er første gang en har direkte registreringer av hydrogensulfid i Bunnefjorden, men dog kun i dyp omkring 140 m. Under resten av trettitallet var oksygeninnholdet over 1 ml O₂/l. (Tabell 6.) Fra 1940-45 mangler observasjoner. I 1950 ble det observert store mengder hydrogensulfid opp mot 70 meters dyp. Av totalt 13 års observasjoner fant man altså bare hydrogensulfid i to av årene.

Tabell 6. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden 125 m (DANNEVIG 1945).

Dato	O ₂ ml/l	Dato	O ₂ ml/l	Dato	O ₂ ml/l
Mars 1936	1,7	Mars 1938	3,7	Juli 1939	3,4
April "	1,7	April "	3,2	Okt. "	2,4
Mai "	4,0	Mai "	2,8	April 1940	5,7
Des. "	2,9	Okt. "	1,8		
April 1937	4,4	Jan. 1939	1,2		
Mai "	3,9	Mars "	1,2		
Des. "	2,7	April "	3,1		

I 1960-årene økte frekvensen av hydrogensulfid-forekomst. Tre av tolv år ble det registrert hydrogensulfid.

Periodene med oksygeninnhold over 0,7 ml/1 blir dessuten stadig kortere under perioden 1962-73. 1933-40 hadde Bunnefjorden fem av syv observerte år oksygeninnhold over 0,7 ml/1. I perioden 1946-51 var samme forhold 3 til 6 og 1962-73 er forholdet 3 til 11. Observasjonsmaterialet indikerer derfor at situasjonen i fjorden fortsatt forverres.

Året 1973 peker seg i denne sammenlikning ut som et av fjordens "dårligste" år. I Vestfjorden ble det registrert lavest oksygeninnhold (< 0,5 ml/1) for hele perioden fra 1962 (fig. 35) og den største konsentrasjonen av ortofosfat (120 meters dyp) (85 µg/1) (fig. 36). Oksygenfritt vann ble funnet så høyt som ca. 60 m i Bunnefjorden (fig. 34).

Utviklingen i Bekkelagsbassenget beskrives i tabell 7. De høye verdiene av hydrogensulfid i dypvannet tyder på at forholdene er blitt forverret siden 1962. Beyer (1967) & Andersen (1968) påpeker muligheten av en utstrømming av dette bunnvann til Bunnefjorden. Denne mekanisme kan spores i fig. 22, 24 og 29 med høye konsentrasjoner av ortofosfat og lave konsentrasjoner av oksygen ved bunnen på stasjon CP-2.

Tabell 7. Oksygen- og hydrogensulfidverdier (ml/l) på 65 meters dyp i Bekkelagsbassenget.
(Data fra perioden 66-67 fra T. Andersen 1968.)

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Januar	-4,8	-1,3	-0,3	-2,2						-39,0		-1,4
Februar	-1,6	3,9	-0,5	-1,4		-1,1		-6,6				
Mars	-0,7	3,4	-0,7	3,6		-1,0				-2,5		
April	0,2	2,9		3,1		-1,3	-7,0		-2,8			
Mai	1,1	1,9	-1,3	2,4	2,3	-1,7		0,8				-1,9
Juni	0,8	1,3	-1,1	1,6	0,7	-2,4				1,0		
Juli	0,5	0,3	-1,5	0,8					0,0			-11,5
August	0,2	0,1		0,1	0,1			-0,5		0,3		
September	-0,3	0,1	-1,6	-0,1	0,1		-2,2					
Oktober	-0,3	-1,0	-2,0	-0,1								-2,9
November	-0,7	-0,4	-2,0	-0,5	-0	-4,2						
Desember	-1,1	-0,2	-2,0	-0,2	-0,3		-8,7	1,5				

Andersen (1968) har vist de uheldige følgene av en plutselig transport av bunnvann fra Bekkelagsbassenget til Bunnefjorden for oksygeninnholdet i Bunnefjorden. Om alt anoksisk vann i Bekkelagsbassenget i juni 1967 var blitt overflyttet til Bunnefjorden, ville en ha fått en oksygenfri vannmasse fra ca. 75 meters dyp. Ved en tilsvarende overflytting i juli 1973 ville alt vann under 40 m blitt anoksisk. Den lavere hydrogensulfidkonsentrasjonen i oktober i Bekkelagsbassengets dypvann og økningen i hydrogensulfidkonsentrasjonen i Bunnefjorden styrker den antagelsen at en slik overskylling fant sted og var en sterkt medvirkende årsak til den lave oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden høsten 1973.

Havnebassenget følger samme trend som Bekkelagsbassenget. Fremfor alt ble stadig høyere maksimumverdier i ortofosfatkonsentrasjonen registrert under perioden 1962-73.

Forholdene i overflatelaget har blitt behandlet tidligere (kap. 5 og 6). Både siktedypsverdiene og maksimaltallene for planteplankton om sommeren, tyder på at forekomsten av alger har vært mindre enn vanlig. At forholdene ikke er så dårlige sammenliknet med tidligere år som for dypvannet, har trolig sin forklaring i den relativt hyppige forekomsten av nordlige vinder sommeren 1973. Nordlige vinder vil som nevnt bevirke transport av overflatevannet ut fjorden og bli erstattet ved vann som følger kompensasjonsstrømmer straks like under det utstrømmende vannet. Unormalt lav ferskvannstilrenning, som er illustrert med vannføringen i Drammenselva (fig. 44 a), kan også ha virket gunstig inn på forholdene. Tidligere eksperimenter med alger har vist at et stort næringstilskudd for algeproduksjonen kommer via avrenning fra landområdene rundt fjorden. (Skulberg 1970.)

Overflatelagets følsomhet for de lokale meteorologiske forhold (nedbør, vind m.m.) gjør at en alltid vil oppleve år med "bedre" og "dårligere" vann. En bruker av fjorden vil derfor kunne oppfatte 1973 som et "bedre" år, og se dette som en reell forbedring av fjordens tilstand, mens det istedet er en tilfeldig svingning i naturlige forhold som er årsaken. Dette viser observasjonene i dypvannet, hvor disse relativt hurtige svingningene spiller mindre rolle og hvor samme år må beskrives som et meget dårlig år for fjorden.

Et videre studie av langtidssvingninger i Oslofjordens hydrografi må i første rekke innebære et nærmere studie av koblingen mellom hydrografien i Oslofjorden og Skagerak-Nordsjøen. Variasjonene i dypvannsutsiftningene fra år til år fremgår derimot tydeligere av datamaterialet. Fordi en har en relativt regelmessighet i utsiftningenes omfang og hyppighet, viser observasjonsmaterialet at det har skjedd en stadig forverring av forholdene i fjorden fra 1930-tallet til 1960-tallet, hvilket er en følge av økende forurensningstilførsler fra land. (O-201/S.) Observasjoner i perioden 1962-73 viser en fortsatt negativ trend. Hvorvidt naturlige forandringer har medført at virkningen av kloakkvanntilførsler er blitt mer markant, eller om forverringen for det meste er en følge av økende tilførsler av kloakkvann til fjorden, vil observasjoner under de nærmeste årene kunne gi beskjed om. Av det en til nå har kunnet se av materialet, synes det som om effekten av forurensningstilførsler fra land til fjorden er den vesentligste årsaken til forholdene.

8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Innenfor overvåkingsprogrammet for indre Oslofjord er det i 1973 gjort hydrofysiske og hydrokjemiske undersøkelser på ca. 16 stasjoner ved tokt i månedene januar, mai, juli og oktober samt to tokt over syv stasjoner i Vestfjorden i mars og november.

Det er innsamlet prøver for analyser på salinitet, oksygen, total fosfor og ortofosfat på standarddyp på samtlige stasjoner. Total nitrogen og nitrat er i hovedsaken blitt analysert på dyp fra overflaten til 30 m. Fra visse stasjoner er det innsamlet vannprøver fra overflaten til bestemmelse av vannets vekstfremmende egenskaper ved algekulturer, klorofyllmålinger og kvantitative planteplanktonprøver. Det er også gjort observasjoner av siktedyp, lufttemperatur og vind, foruten forekomsten av olje.

2. Dypvannsutskiftning fant sted med mellomrom i perioden mars-mai. Innstrømmingen av nytt vann berørte i hovedsaken Vestfjorden. Blandingsvannmasser bestående av "gammelt" Vestfjorddypvann og innstrømmende vann, påvirket mellomnivåer i Bunnefjorden men i bare mindre utstrekning. Volumet av det innstrømmende vannet kan anslås til mindre enn $1\ 200 \times 10^6\ m^3$. Intermediære innstrømminger ble observert i juli og oktober da vannmassene over 50 m i Vestfjorden i varierende utstrekning ble påvirket. En større dypvannsutskiftning skjedde i november hvor forholdsvis varmt vann (ca. $11^{\circ}C$) strømmet inn over terskelen ved Drøbak.
3. Et innledende studie av faktorer som er bestemmende for dypvannsutskiftningen i indre Oslofjord, viser at det lokale vindforhold ikke behøver å være av avgjørende betydning, idet den hydrografiske situasjonen i systemet Østersjøen-Nordsjøen har vesentlig betydning. Spesielt var det i 1964 god korrelasjon mellom vannstand i Østersjøen og nivået for $30^{\circ}/\text{oo}$ salinitet ved Ferder. Dette avspeiler transporten av lavt-salint vann fra Østersjøen med den Baltiske strømmen opp til ytre Oslofjord og den blokkerende effekt en slik transport tidvis vil ha for dypvannsutskiftningen i Oslofjorden.

4. Tilskuddet av oksygen til indre Oslofjords dypvann under perioden mars-april 1973 ved innstrømming av oksygenrikt vann over Drøbakterskelen, var allerede i juli forbrukt, og i oktober var konsentrasjonen av oksygen betydelig lavere enn før innstrømmingen. I Bunnefjorden, Bekkelagsbassenget og Havnebassenget, var oksygenkonsentrasjonen i oktober under 1 ml/l (omtrent nedre eksistensgrense for fisk) fra like under 20 m. I Bærumsbassenget var oksygenkonsentrasjonen mindre enn 1 ml/l under 10 m, og i Vestfjorden under ca. 50-60 m.
5. Sammenliknet med tidligere observasjoner pekte 1973 seg ut som et av fjordens dårligste år, med de laveste oksygenverdier som er registrert i Vestfjorden, og det høyeste nivå på hydrogensulfidflaten i Bunnefjorden samt den største konsentrasjonen av hydrogensulfid i Bekkelagsbassenget. Konsentrasjonen av ortofosfat var betydelig større i Vestfjordens dypvann i 1973 enn ved tidligere observasjoner. Dette forhold må i vesentlig grad antas og skyldes belastningen av husholdningskloakk og andre utslipp.
6. Konsentrasjonen av næringssalter i overflatelaget er størst i bassengene i indre fjord. N:P-forholdet i Havnebassenget og Bærumsbassenget var i stort optimalt for å fremme algeproduksjonen. Med økende avstand fra Oslo økte betydningen av fosfor som sannsynlig vekstbegrensende faktor.
7. Vekstpotensialmålingene i 1973 viste en årstidsvariasjon i vannets frie næringssaltinnhold, med de høyeste nivåene i løpet av vinteren. Denne variasjonen var mindre utpreget i indre del av Oslofjorden, hvor den kontinuerlige tilførslen gir høyere plantenæringsstoffer hele året.
8. Av de enkelte plantenæringsstoffer så fosfat ut til å være av størst betydning for vannets vekstpotensial. Dette gjaldt imidlertid ikke for juli-toktet, da vekstpotensialet var lav til tross for relativt høye fosfatkonsentrasjoner. Forklaringen kan være at veksten ble begrenset av mangel på andre næringsstoffer eller av giftstoffer.
9. Variasjonen i forekomst av planteplankton i Oslofjorden i 1973 skilte seg noe ut fra hva som tidligere er beskrevet. Generelt var mengdene lavere i mai og høyere i oktober enn normalt.

10. Det relativt lave innholdet av planteplankton i overflatevannet gjennom sommerhalvåret 1973 forklares ved hyppigheten av nordlige vindér, og muligens også ved den lave ferskvannsavrenningen. Dette kan likeledes ha hatt betydning for siktedypet i Vestfjorden, som var noe bedre sommeren 1973 enn det som ble funnet i 1962-65. Antallet observasjoner er imidlertid for lavt til å berettige bestemte konklusjoner.

Sammenliknet med månedlige middelerverdier i 1962-65 var ortofosfatkonsentrasjonen noe større i Bunnefjorden og Lysakerfjorden sommeren 1973. Dog er observasjonsfrekvensen for lav til at en ut fra dette kan trekke direkte konklusjoner om eventuelt økende belastning i 1973 i forhold til tidligere observasjoner.

11. Olje ble observert under samtlige tokt i 1973, spesielt i Havnebassenget og Vestfjorden, men ikke i større mengder. Lekkasjen fra "Blücher" ble observert fra november 1973 til over vinteren 1974. Større mengder av søppel ble bare observert ved et par tilfeller, spesielt ved Håøya (G1-1) i oktober.

IMA/UHI

21.10.1974

Tabell 8. Antall diatomeer og dinophyceer i Oslofjorden 1973.

	10 ³ celler/l			
	Januar	Mai	Juli	Oktober
<u>Stasjon EP 1, Bunnefjorden</u>				
Diatomeer	16	9,5	995	111
Dinophyceer	0,6	4,6	209	60
<u>Stasjon BN 1, Indre bassenger</u>				
Diatomeer	9,5	15	2260	1156
Dinophyceer	3,1	15,2	237	139
<u>Stasjon DK 1, Vestfjorden.</u>				
Diatomeer	7,1	103	319	337
Dinophyceer	3,7	18	119	59
<u>Stasjon VN 1 (i oktober Larkollen) Ytre fjord.</u>				
Diatomeer	48	206	193	2386
Dinophyceer	13	15	11	4,3

Tabell 9. Planteplankton i overflateprøver.

Stasjon: E.P.1. 0 m dyp	Dato	Dato	Dato	Dato
	9/1-73	13/5-73	27/6-73	18/10-73
CRYPTOPHYCEAE				
Leucocryptos marina				85.680
DINOPHYCEAE				
Ceratium lineatum		40		
C. tripos			80	
Dinophysis lachmannii	400			
D. norvegica	160			
Gonyaulax spp.	80	240	24.480	24.480
G. spinifera			2.040	
G. triacantha				400
Gymnodinium spp.		2.560	12.990	3.060
G. lohmannii		1.760	28.560	
Gyrodinium spp.			8.160	
Heterocapsa triquetra			25.500	32.640
Katodinium rotundatum			8.670	
Minuscula bipes				8.160
Peridinium brevipes				4.080
P. depressum			4.080	
P. divergens			240	
P. ovatum			80	
Prorocentrum micans			93.840	7.680
HAPTOPHYCEAE				
Coccolithus huxleyi		4.080	4.692.000	1.468.800
BACILLARIOPHYCEAE				
Chaetoceros simplex	1.020			
C. caspia				65.280
C. meneghiniana			991.440	
Lauderia annulata				8.160
Leptocylindrus danicus			6.630	
Melosira spp.	1.200			
Nitzschia actydropbila		6.120		
N. closterium				36.720
N. seriata	1.040			
Pennate diatomeer (ubestemte)		320		
Rhizosolenia alata		3.060		
R. fragilissima			4.080	480
R. styliiformis var. semispina	80			
Skeletonema costatum	12.240			
EUGLENOPHYCEAE				
Eutreptiella spp.	1.600			
PRASINOPHYCEAE				
Pyramimonas disomata	2.040			16.320
FLAGELLATER				
	65.280	4.080	155.040	216.240
MONADER				
	51.000	800	40.800	20.400
	$136 \cdot 10^3$	$231 \cdot 10^3$	$6099 \cdot 10^3$	$1999 \cdot 10^3$

Stasjon: B.N.1 0 m dyp	Dato 9/1-73	Dato 13/5-73	Dato 26/7-73	Dato 18/10-73
CHYPTOPHYCEAE				
Leucocryptos marina	3.400		8.160	
Rhodomonas minuta var. apyrenoidosa				16.320
DINOPHYCEAE				
Ceratium furca			160	80
C. fusus			2.040	
C. lineatum		160		
C. tripos			160	
Dinophysis lachmannii	80		80	
D. norvegica	240	320		
Gonyaulax spp.	2.040		8.160	
Gymnodinium spp.	680	10.200	24.480	56.280
G. lohmannii		2.040		
Heterocapsa triquetra	80		69.360	40.800
Minuscula bipes				4.590
Peridinium depressum			480	80
P. divergens			160	
P. ovatum			16.320	
P. steinii			640	
Prorocentrum micans		2.550	114.240	12.240
Scrippsiella faeroense				8.160
CHRYSOPHYCEAE				
Calycomonas ovalis	20.400			
Olisthodiscus luteus			12.240	
Pseudopedinella pyriformis		18.360	12.240	285.600
HAPTOPHYCEAE				
Anthosphaera robusta			8.160	
Coccolithus huxleyi			1.305.600	950.640
BACILLARIOPHYCEAE				
Chaetoceros compressus				20.400
C. gracilis	680			
Cyclotella c.f. meneghiniana			2.252.160	32.640
Lauderia annulata				1.007.760
Melosira spp.	2.720			
Nitzschia closterium			3.570	32.640
Pennate diatomeer (ubestemte)	1.360	8.550	4.590	8.160
Rhizosolenia alata	160	6.040		
Skeletonema costatum	4.590			24.480
Thalassiosira rotula				28.560
T. polychorda				1.040
EUGLENOPHYCEAE				
Eutreptiella spp.	14.960	1.530	4.080	
PRASINOPHYCEAE				
Pyramimonas disomata	12.920	2.040		285.600
FLAGELLATER				
	19.380	4.590	412.080	301.920
MONADER				
	18.360	8.160	5.590	21.420
	$102 \cdot 10^3$	$64 \cdot 10^3$	$4265 \cdot 10^3$	$3139 \cdot 10^3$

Stasjon: D.K.1 0 m dyp	Dato 9/1-73	Dato 13/5-73	Dato 25/7-73	Dato 17/10-73
CRYPTOPHYCEAE				
Leucocryptos marina	1.020			
Rhodomonas minuta var. apyrenoidosa			20.400	21.420
DINOPHYCEAE				
Amphidinium spp.			12.240	
Ceratium furca		2.030		
C. lineatum		240		
C. tripos		160	480	
Dinophysis lachmannii	560		80	
D. norwegica	80			
Gonyaulax spp.		2.080		9.280
G. spinifera		320		4.080
Gymnodinium spp.	3.060	4.080	93.840	
G. lohmannii		560	4.080	8.120
Heterocapsa triquetra		4.590		16.320
Peridinium pellucidum			80	
Prorocentrum micans		1.530		960
Scrippsiella faeroense		2.040	8.160	
CHRYSOPHYCEAE				
Apedinella spinifera				9.040
Calycomonas ovalis	3.120			5.000
Pseudopedinella pyriformis	5.100	8.040	44.800	8.160
HAPTOPHYCEAE				
Coccolithophorider (ubestemte)				8.120
Coccolithus huxleyi		6.120	1.028.160	424.320
BACILLARIOPHYCEAE				
Cyclotella caspia				12.240
C. meneghiniana			261.120	
Fragilariopsis spp.		4.590		
Lauderia annulata				134.640
Leptocylindrus danicus		22.440	24.480	73.440
Lichmophora sp.			8.120	
Melosira spp.	5.100	160		
Nitzschia actydropbila		4.080		
N. longissima			4.590	28.560
Pennate diatomeer (ubestemte)		2.040	16.320	5.000
Phaeodactylum tricorntum				12.240
Rhizosolenia alata			7.360	
Sentriske diatomeer			8.160	
Skeletonema costatum		48.240	12.240	69.360
Thalassionema rotula				320
EUGLENOPHYCEAE				
Eutreptiella spp.	20.400			
PRASINOPHYCEAE				
Pyramimonas disomata	2.040			37.720
FLAGELLATER				
	46.920	42.840	461.040	118.320
MONADER				
	19.380	64.320	8.160	57.120
	107 · 10 ³	220 · 10 ³	1987 · 10 ³	1064 · 10 ³

Stasjon: V.N.1 0 m dyp

Dato	Dato	Dato
4/1-73	12/5-73	20/7-73

CRYPTOPHYCEAE

Leucorryptos marina	6.120		
Rhodomonas minuta var. apyrenoidosa			6.120

DINOPHYCEAE

Amphidinium spp.	2.040		
Ceratium bucephalum	80		
C. furca	80		280
C. fusus	80	80	400
C. horridum	160	720	
C. lineatum	320	240	
C. tripos	160	1.520	4.080
Dinophysis acuta	240	160	
D. lachmannii	320		160
D. norwegica	800		
Gonyaulax spp.	240	240	
G. tamarensis		2.040	
Gymnodinium spp.	8.160		2.550
G. lohmannii		3.060	3.060
Heterocapsa triquetra		240	
Minuscula bipes		6.120	
Peridinium pellucidum		80	
P. steinii		80	
Prorocentrum micans			320

CHRYSOPHYCEAE

Calycomonas ovalis	2.550	1.530	18.360
C. vangoorii			4.080

HAPTOPHYCEAE

Coccolithophorider (ubestemte)		2.550	
Anthosphaera robusta			6.120
Coccolithus huxleyi		6.120	46.920

BACILLARIOPHYCEAE

Chaetoceros borealis	480	640	
C. calcitrans			2.550
C. simplex			2.040
Cyclotella sp. (kjeder på 5-10 celler)			26.520
C. meneghiniana c.f.			144.840
Diatoma elongatum			1.920
Ditylum brightwellii	240		
Fragilaria crotonensis			800
Leptocylindrus danicus	9.180	175.440	
Nitzschia closterium	1.530	5.000	
N. pungens		160	
Pennate diatomeer (ubestemte)	14.280		
Rhizosolenia alata	560	23.440	240
R. fragilissima	80		14.280
R. setigera	80	160	
R. styliformis var. semispina	240		
Skeletonema costatum	20.400		
Thalassionema nitzschioides	1.280	1.520	
Thalassiosira spp.	80		

Stasjon: V.N.1 0 m dyp

Dato	Dato	Dato
4/1-73	12/5-73	20/7-73

EUGLENOPHYCEAE

Eutreptiella spp.			80
-------------------	--	--	----

PRASINOPHYCEAE

Pyramimonas disomata	3.060		1.530
----------------------	-------	--	-------

CHLOROPHYCEAE

Scenedesmus sp.			320
-----------------	--	--	-----

FLAGELLATER

	65.280	40.800	199.920
--	--------	--------	---------

MONADER

	12.240	26.520	36.720
--	--------	--------	--------

	<u>150·10³</u>	<u>312·10³</u>	<u>524·10³</u>
--	---------------------------	---------------------------	---------------------------

CRYPTOPHYCEAE

Leucocryptos marina	12.240
Rhodomonas minuta var. apyrenoidosa	8.160

DINOPHYCEAE

Ceratium furca	720
C. fusus	80
C. lineatum	160
C. macroceros	720
C. tripos	80
Gymnodinium spp.	80
Heterocapsa triquetra	80
Peridinium brevipes	80
P. ovatum	80
Prorocentrum micans	2.240

CHRYSOPHYCEAE

Apedinella spinifera	6.120
Calycomonas ovalis	16.320
Dictyocha fibula	400
Disteplanus speculum	320

HAPTOPHYCEAE

Coccolithophorider (ubestemte)	5.000
Achanthoica quattrosplina	8.160
Anthosphaera robusta	12.240
Calsiopappus caudatus	80
Coccolithus huxleyi	289.680
Syracosphaera spp.	167.280
S. biacaudata	13.260
Ophiaster hydroideus	3.570

BACILLARIOPHYCEAE

Chaetoceros desipicus	560
C. holsaticus	8.160
C. similis	9.180
C. simplex	20.400
C. socialis	175.440
C. subtilis	4.080
Coscinodiseus spp.	160
Cyclotella caspia	12.240
Lauderia annulata	53.040
Leptocylindrus danicus	560
Nitzschia actydropbila	1.320
N. closterium	8.160
N. pungens	3.760
Pennate diatomeer (ubestemte)	14.280
Phaeodactylum tricornutum	28.560
Rhizosolenia styliformis var. semispina	80
Skeletonema costatum	1.999.200
Thalassionema nitzschioides	16.320
Thalassiosira spp.	13.260
T. disipiens	16.830

PRASINOPHYCEAE

Pyramimonas disomata	48.960
----------------------	--------

FLAGELLATER

183.600
<u>3165.103</u>

REFERENSER

- AHL, KARLGREN, OLSSON & TULLANDER (1967): "Hushållsavloppsvattnet - en undersökning av sammansättning och egenskaper", Vatten 23, 178-204.
- ANDERSEN, T. (1968): "En kjemisk-hydrografisk helårsundersøkelse (1966-67) av et forurenset basseng i indre Oslofjord", hovedfagsoppgave, Inst. Mar. Biol., upublisert.
- BAALSRUD, K. (1967): "Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Del 1: Undersøkelsen 1962-65", NIVA 0-201/S.
- BEYER, F. (1967): "Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord i 1938 og 1962-66". Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 6. NIVA 0-201.
- BEYER, F. & FØYN, E. (1951): "Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens øyrebestand", Naturen (10), 289-306.
- BRAARUD & NYGAARD (1967): "Fytoplankton." Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 4. NIVA 0-201.
- BRAARUD, T. & RUUD, I. (1937): "The hydrographic conditions and aeration of the Oslo fjord 1933-34", Hvalrådets Skrifter nr. 15, Oslo.
- CORNER and DAVIES (1971): "Plankton as a factor in the nitrogen and phosphorus cycles in the sea", Adv. Mar. Biol. 9, 101-204.
- DANNEVIG, A. (1945): "Undersøkelser i Oslofjorden 1936-40", Fiskeridirektoratets Skrifter, serie Havundersøkelser, Vol. VIII, nr. 4.
- FAO (1969): "Fishery technical paper" nr. 94, s. 70, Rome.
- FONSELIUS, S.H. (1969): "Hydrography of the Baltic deep basins. III", Fishery Board of Sweden, series Hydrography, Report 23.

- FØYN, E. (1967): "Vurdering av næringssaltenes kjemi". Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 8. NIVA 0-201.
- GADE, H.G. (1970): "Hydrographic investigations in the Oslo fjord, a study of water circulation and exchange processes". Report 24, Geophysical Institute, Bergen.
- GAARDER, T. (1915-16): "Surstoffet i fjordene", Bergens Museums Aarbok 1915-16, Naturvitenskap Række nr. 2, 25-34.
- HENRIKSEN, A. (1970): "Determination of total nitrogen, phosphorus and iron in freshwater by photo oxydation with ultraviolet radiation", *Analyst* 95.
- HENRIKSEN, A. and SELMER-OLSEN, A.R. (1970): "Automatic methods for determining nitrate in water and soil extracts", *Analyst* 95, 514-18.
- HJORT, I. & GRAN, H.H. (1900): "Hydrogafic-biological investigations of the Skagerak and the Christiania fjord", Report on Norwegian Fishery and Marine Investigation, Vol. I, No. 2.
- KÄLLQVIST (1972): "Algal assay procedure, bottle test", NIVA B-11/69, stensil.
- KÄLLQVIST & MAGNUSSON (1973): "Undersøkelse av de hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Toktrapport 1 og 2", NIVA 0-160/71.
- LJØEN, R. and SVANSSON, A. (1972): "Long-term variations of subsurface temperatures in the Skagerak", *Deep-Sea Research*, Vol. 19, 277-288.
- MURPHY & RILEY (1958): "Single solution method for determination of soluble fosfate in sea water", *J. Mar. Biol. Ass. L.K.* 37, 9-14.
- PETTERSON, O. & EKMAN, G. (1891): "Grunddragen av Skageraks og Kattegats hydrografi", *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens handlingar*, Bd. 24, nr. 11.

SIMENSEN, T. & KNUDSEN, C-H. (1970): "Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Del II: Utredning av tekniske løsninger", NIVA O-201/T.

SKULBERG, O. (1970): "The importance of algal cultures for the assessment of the eutrophication of the Oslo fjord", Helgoländer wiss. Meeresunter. 20, 111-125.

SOSKIN, I.M. (1963): "Continuous changes in the hydrological characteristics of the Baltic Sea", Hydrometeorological Press, Leningrad (in Russian).

SVANSSON, A. (1972): "Cancel models of sea level and salinity variations in the Baltic and adjacent waters", Fishery Board of Sweden, series Hydrography, Report 26.

UTERMÖHL (1958): "Zur Vervollkummung der Quantitativen Phytoplanktonmethodik", Mitt. Int. Verein. Limnol. 9, 31-38.

VOLLENWIEDER (1969): "A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments", I.B.P. Handbook, No. 12.

Vinddata fra Meteorologisk Institutt (Oslo).

Vannstandsdata fra Norges geologiske oppmåling.

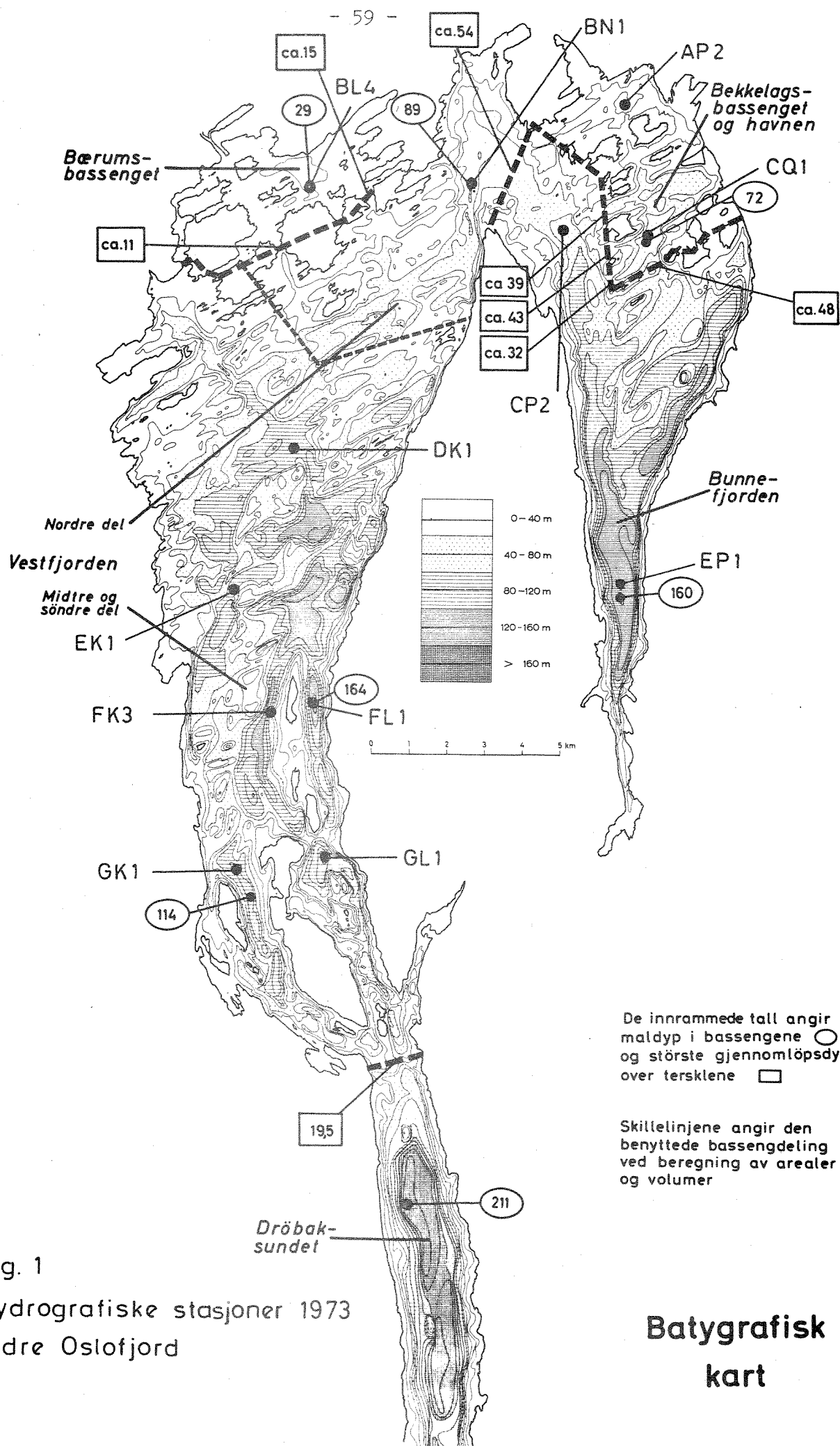


Fig. 1
Hydrografiske stasjoner 1973
Indre Oslofjord

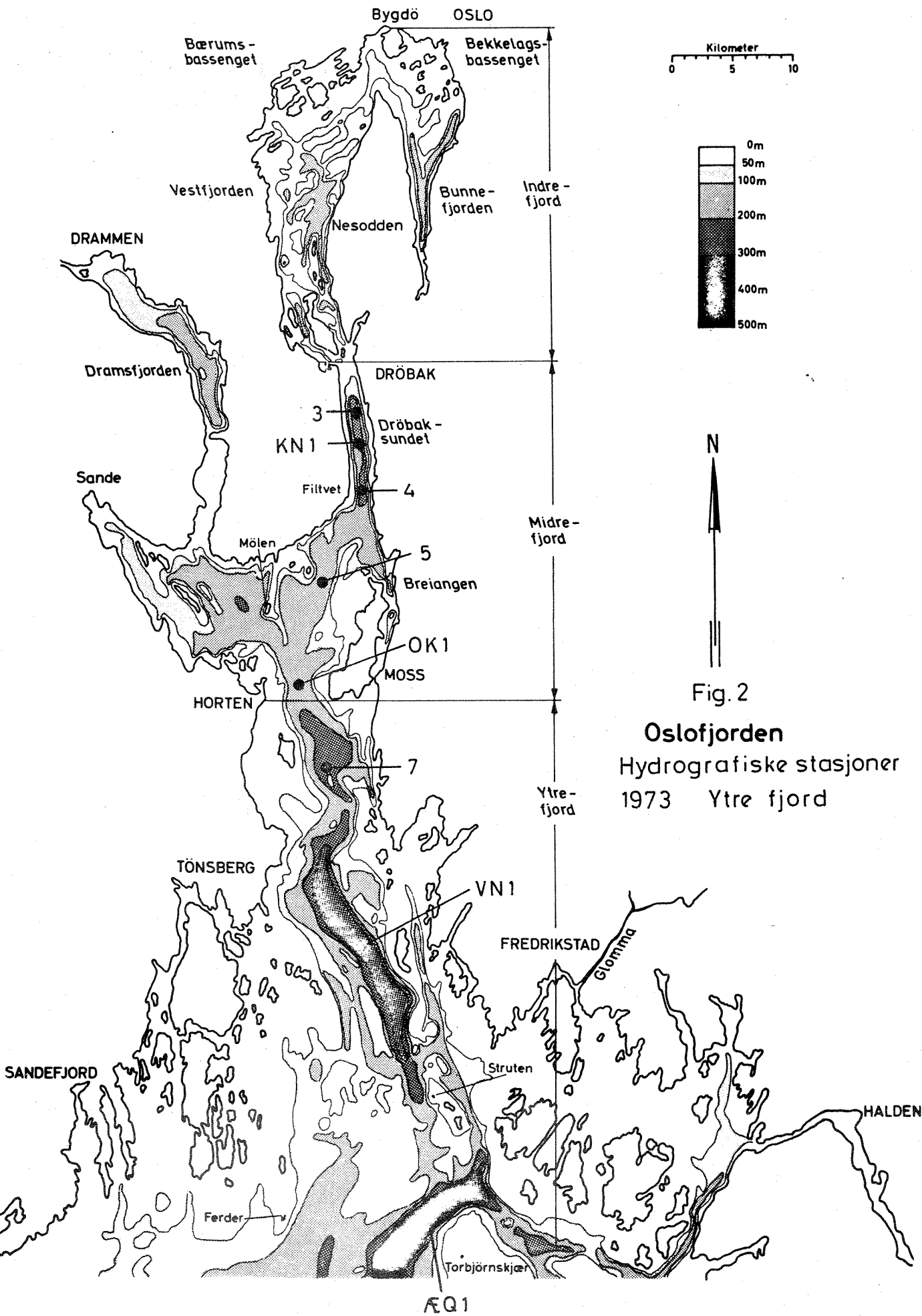


Fig. 2

Oslofjorden
Hydrografiske stasjoner
1973 Ytre fjord

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

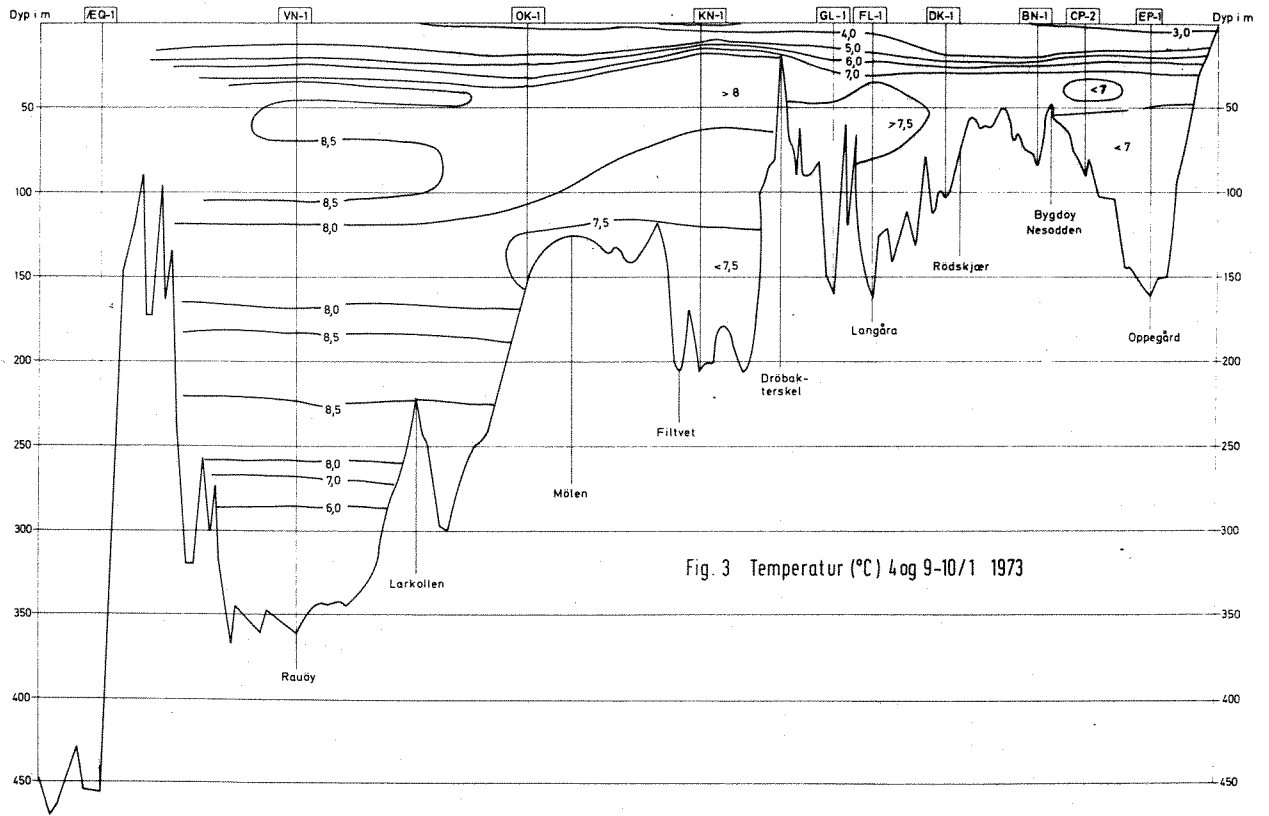


Fig. 3 Temperatur (°C) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

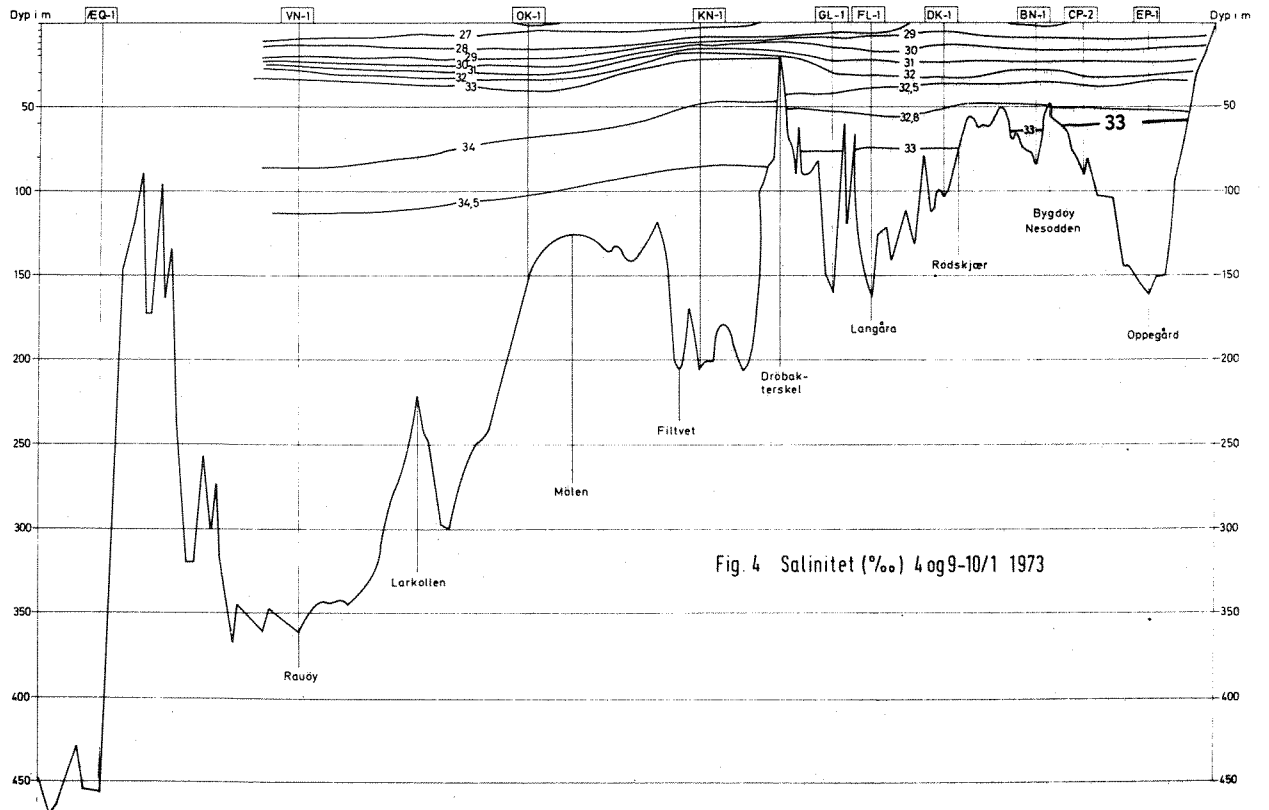


Fig. 4 Salinitet (‰) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

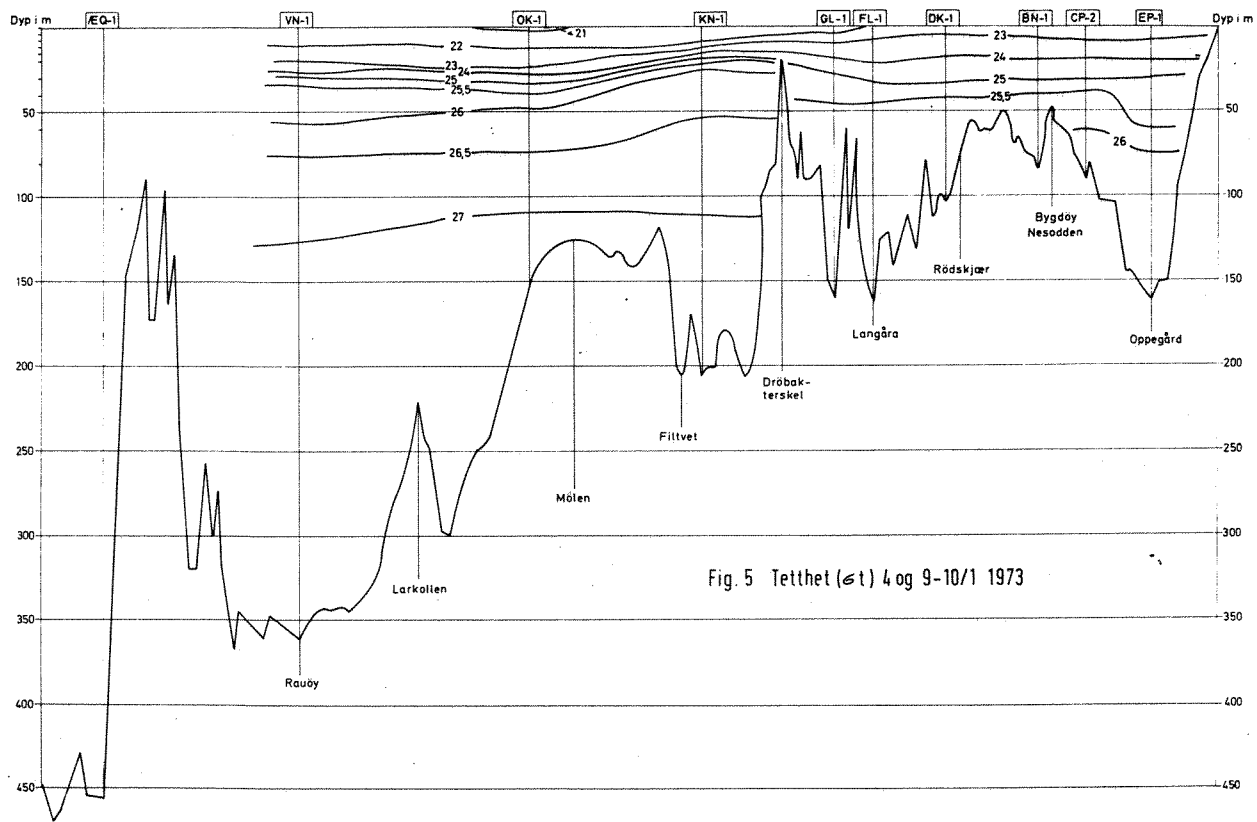


Fig. 5 Tetthet (σ_t) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

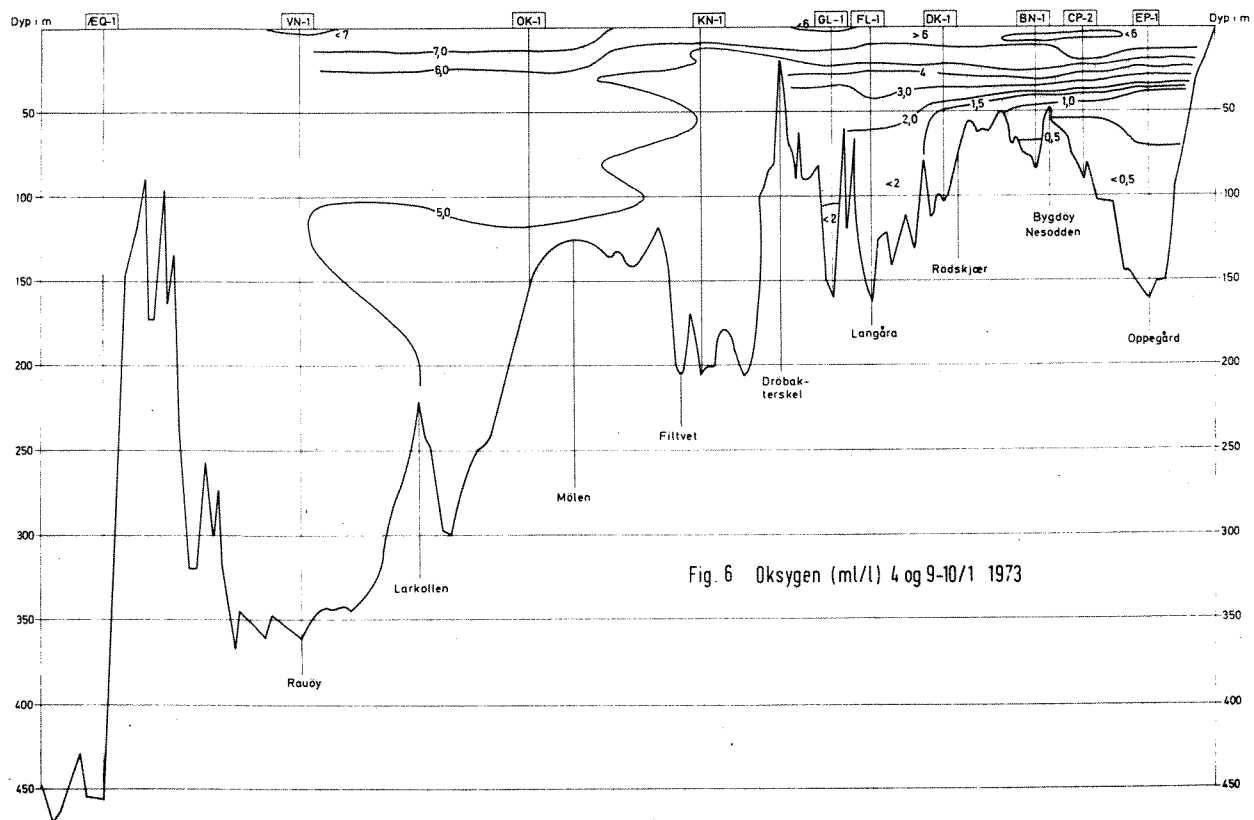


Fig. 6 Oksygen (ml/l) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

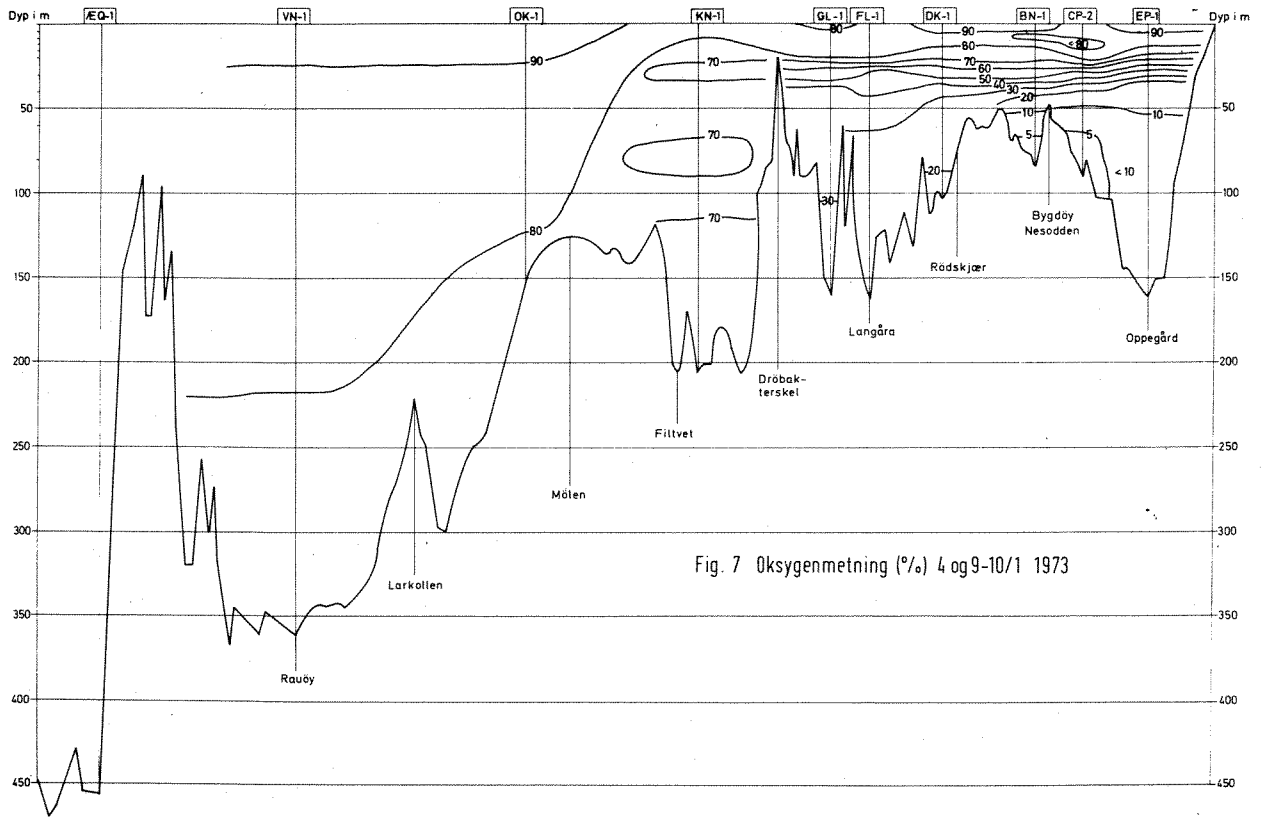


Fig. 7 Oksygenmetning (%) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

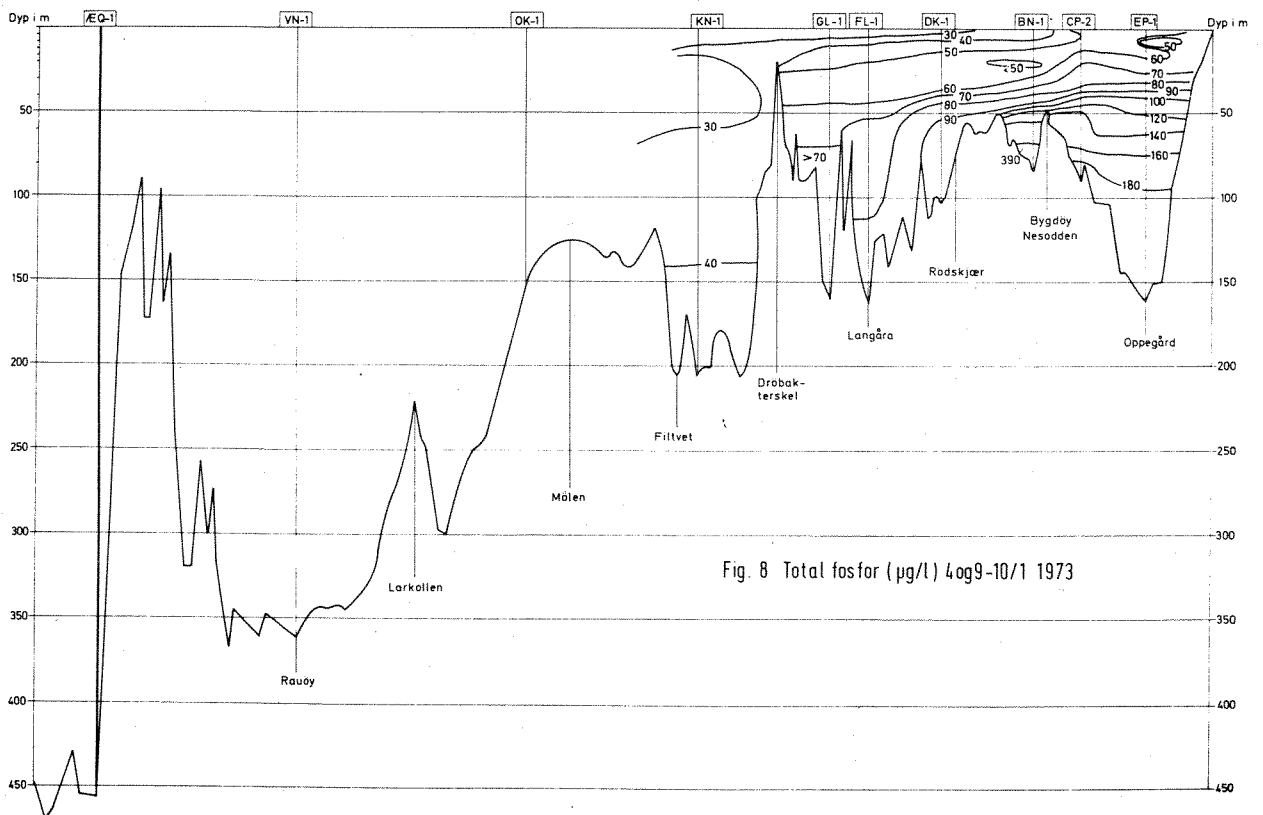
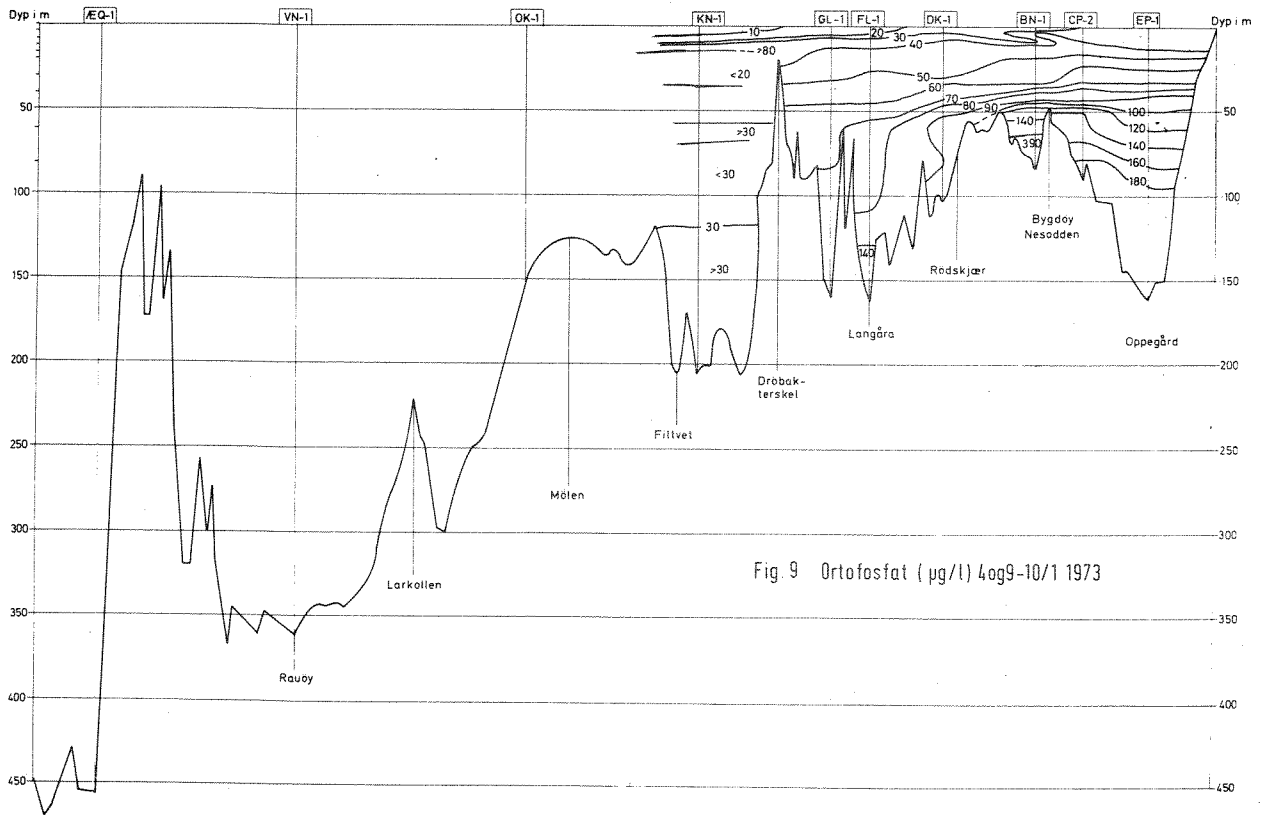


Fig. 8 Total fosfor ($\mu\text{g/l}$) 4 og 9-10/1 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



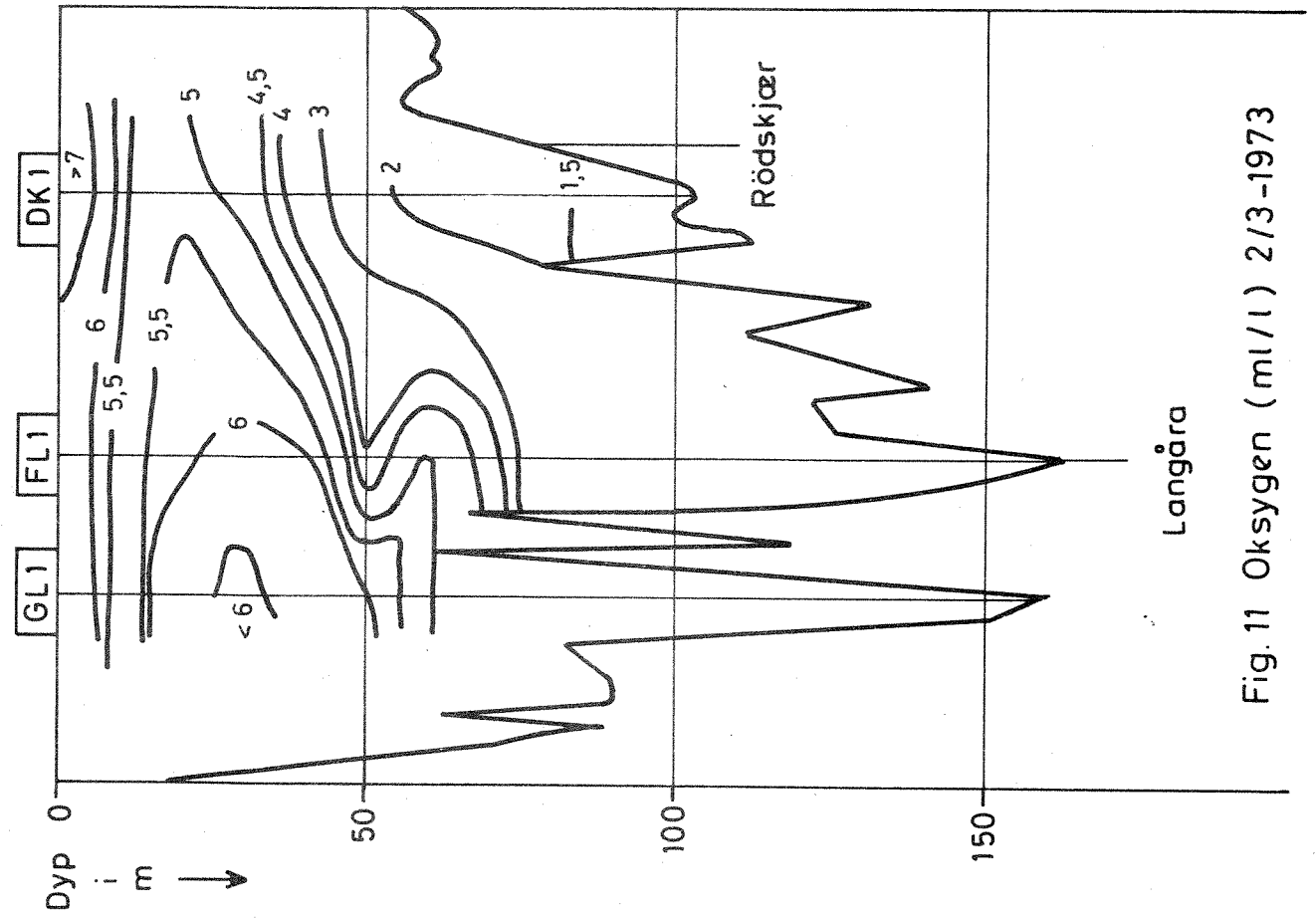


Fig. 10 Temperatur (T°C) 2/3 -1973

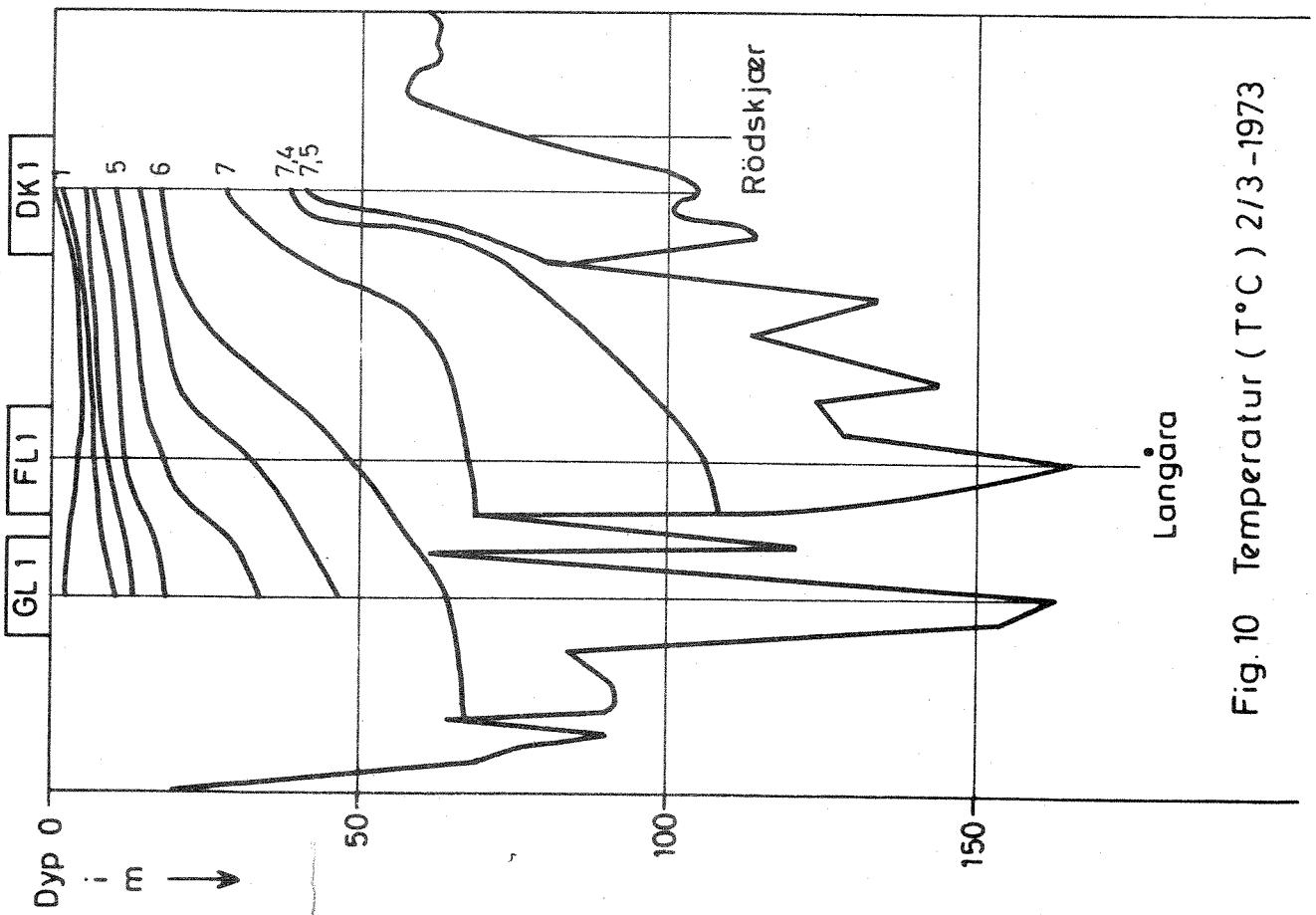


Fig. 11 Oksygen (ml/l) 2/3 -1973

O_2 mars - O_2 januar
ml/l

- x Stasjon DK 1
- — " — EK 1
- o — " — FL 1
- Δ — " — GK 1

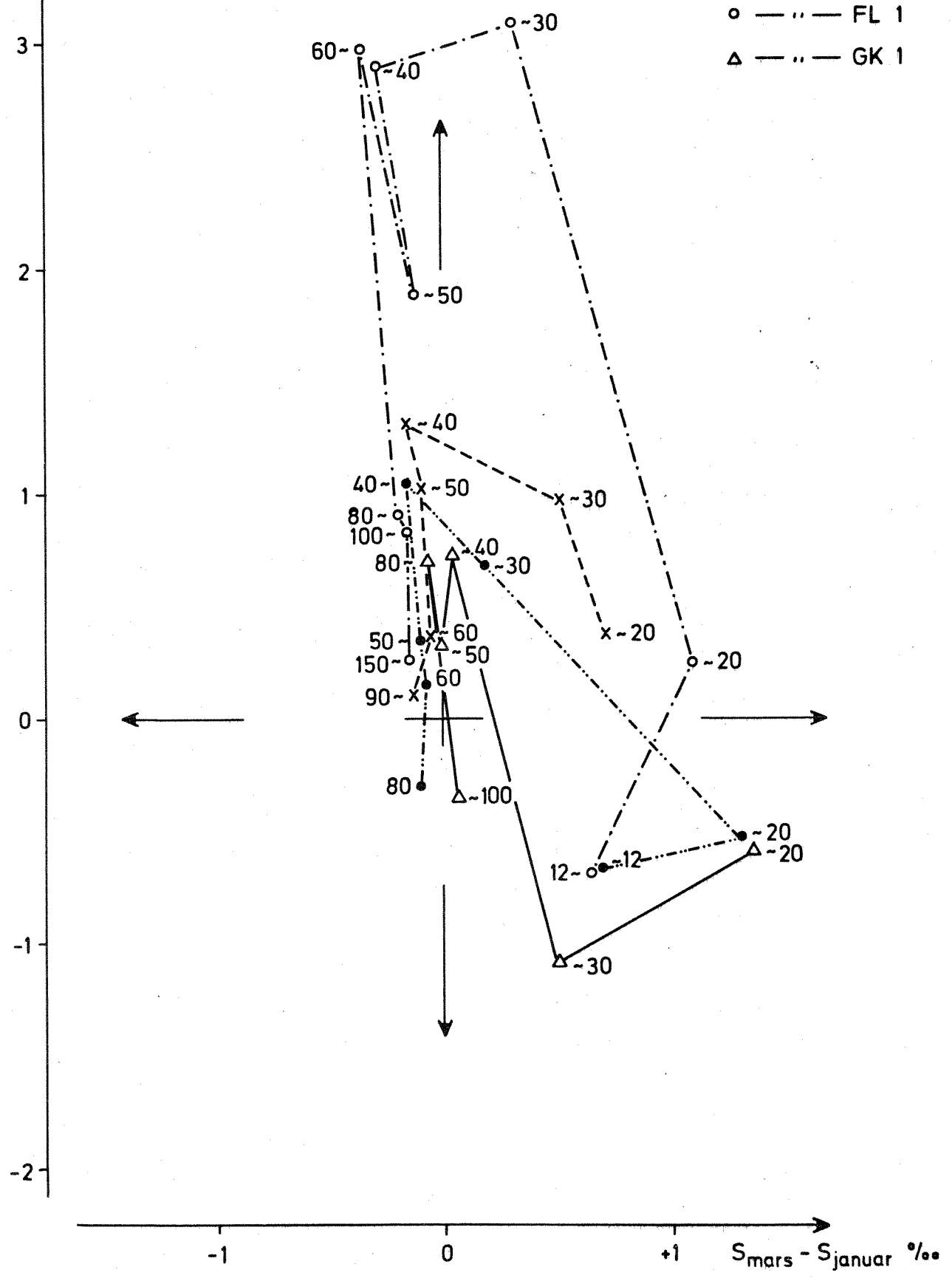


Fig. 12 Salt og oksygen differens mars - januar 1973 på forskjellige dyp og stasjoner

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

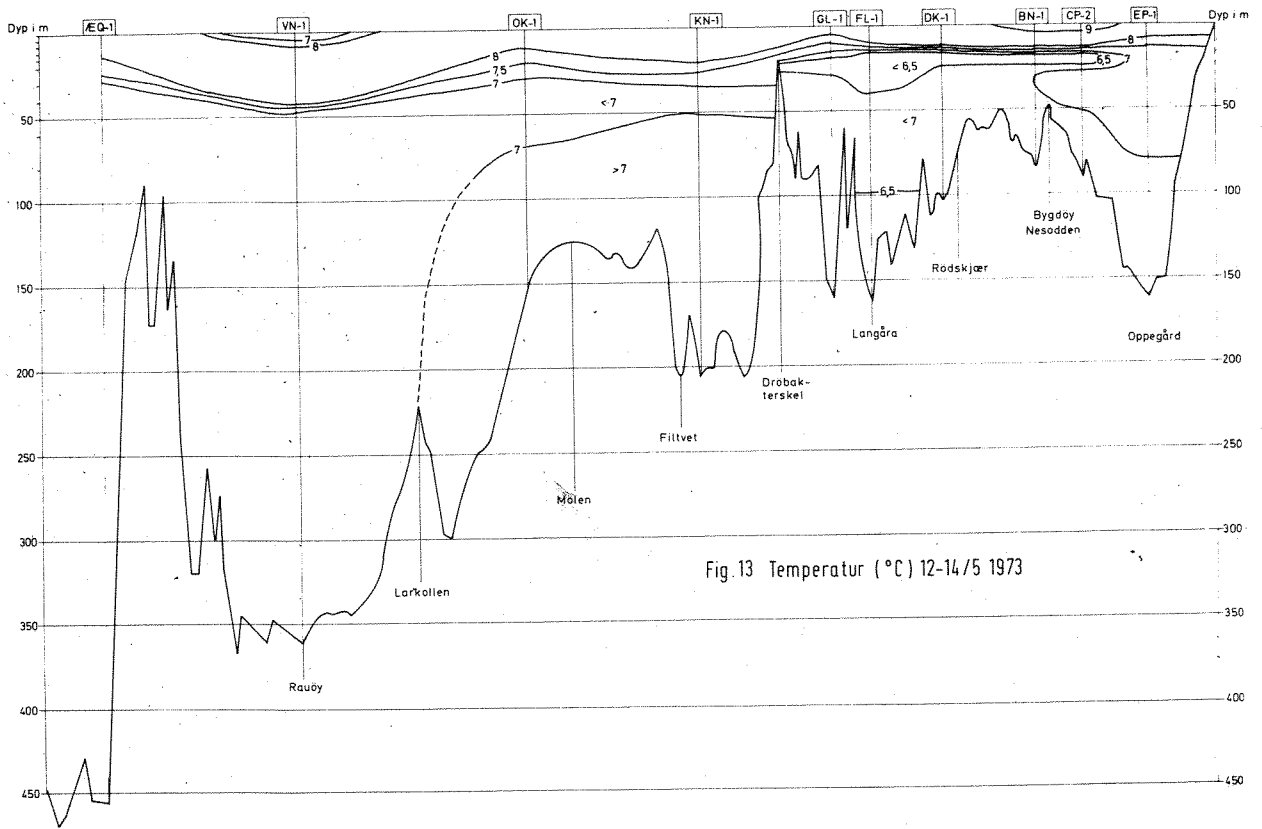


Fig. 13 Temperatur (°C) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

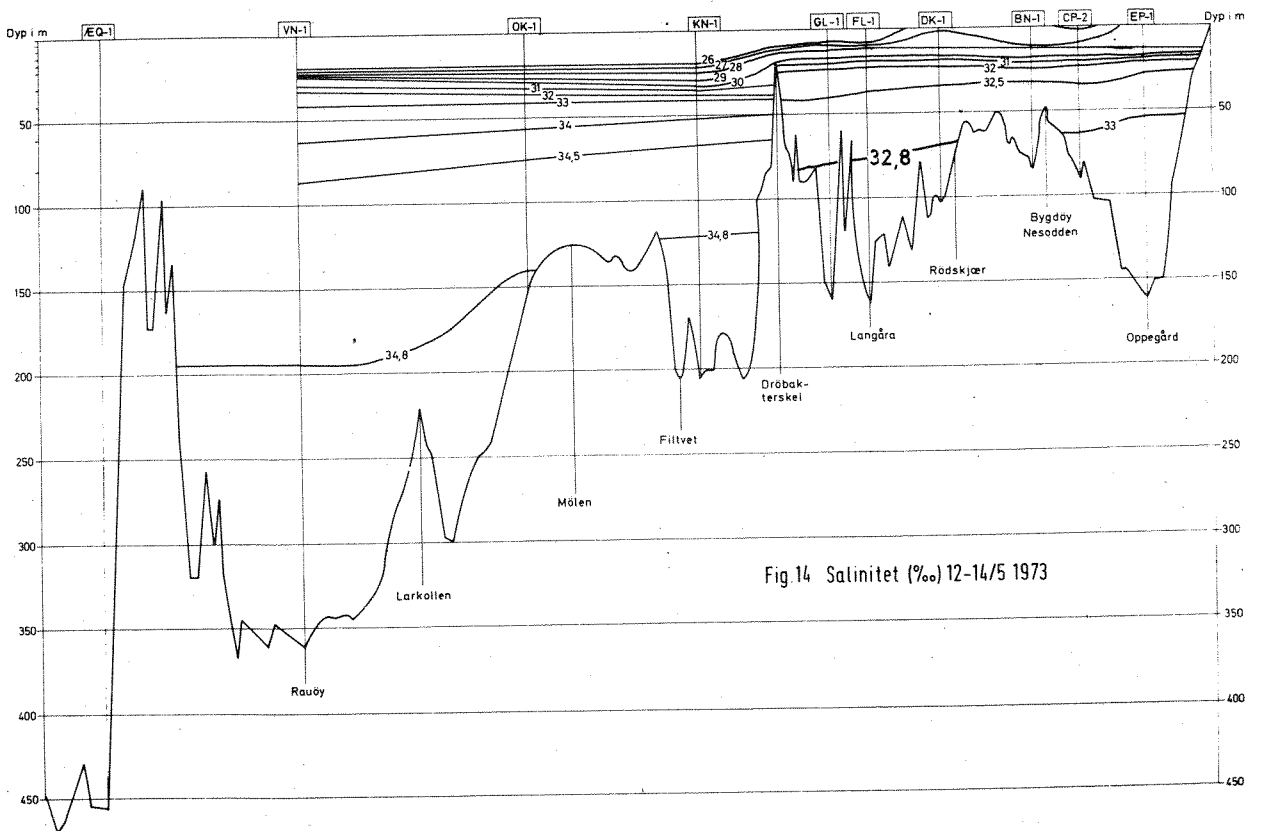


Fig. 14 Salinitet (‰) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

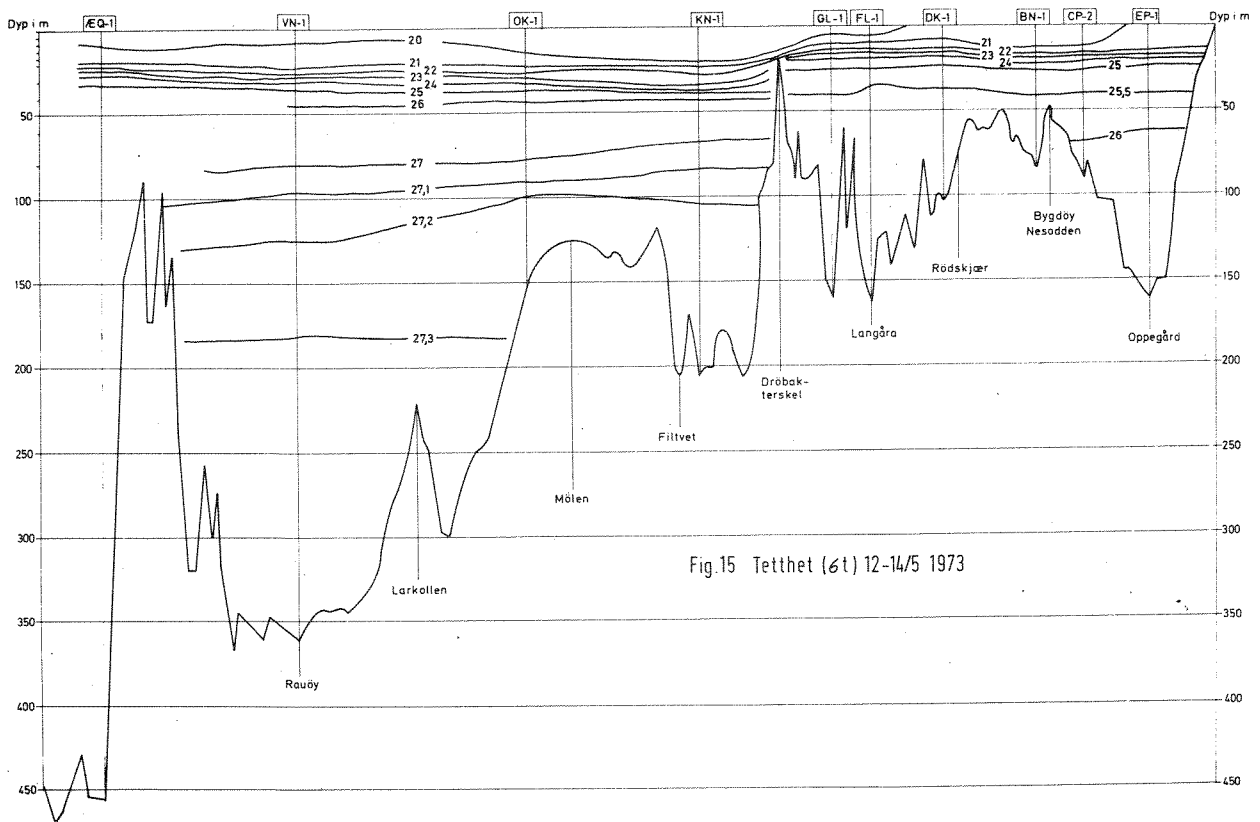


Fig.15 Tetthet (σ_t) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

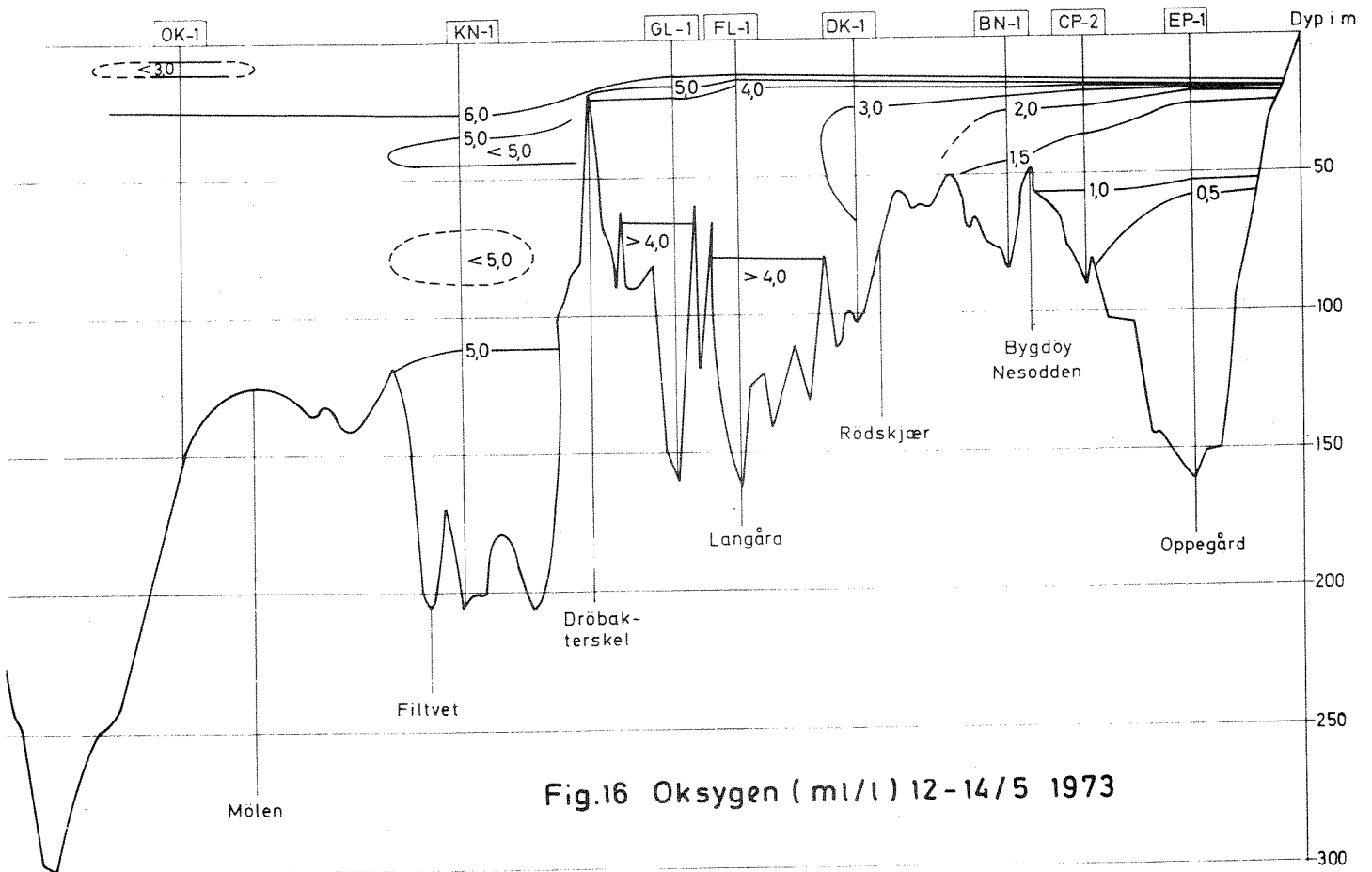


Fig.16 Oksygen (ml/l) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

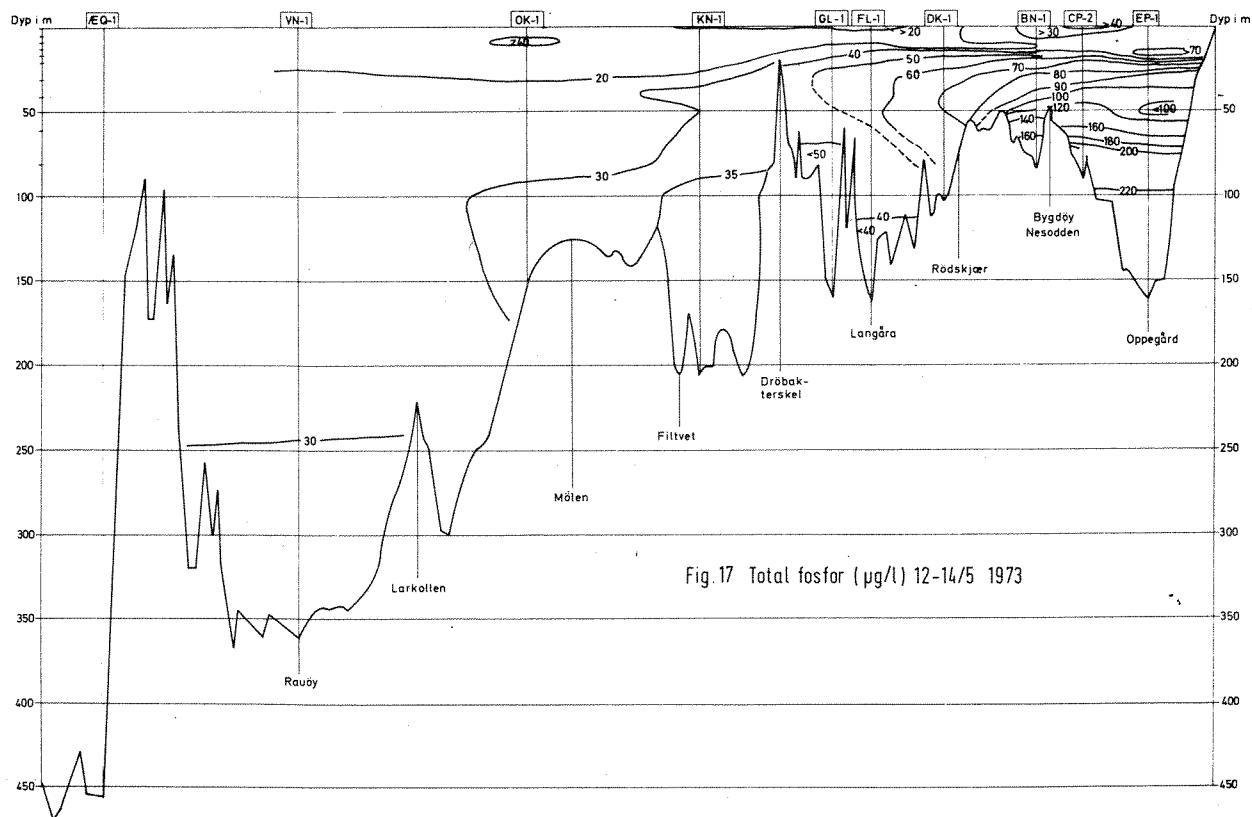


Fig.17 Total fosfor ($\mu\text{g/l}$) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

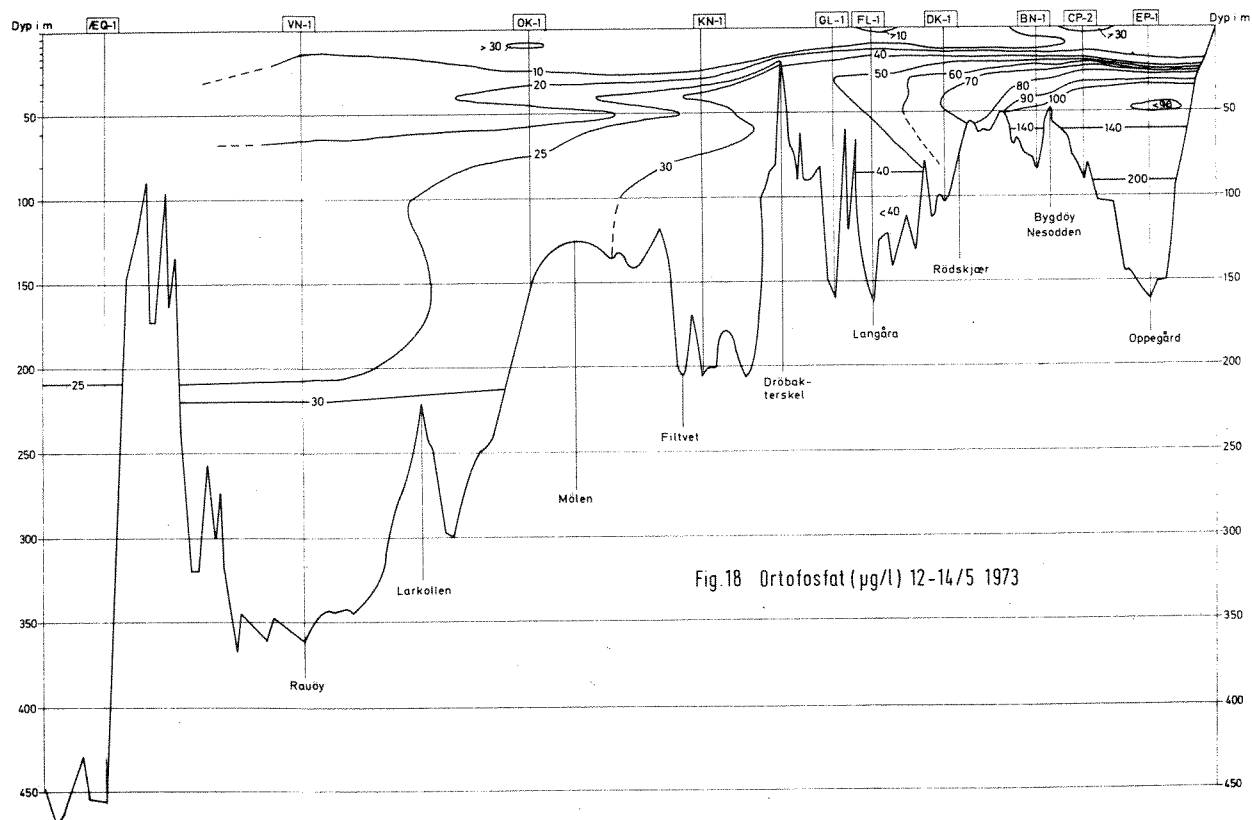
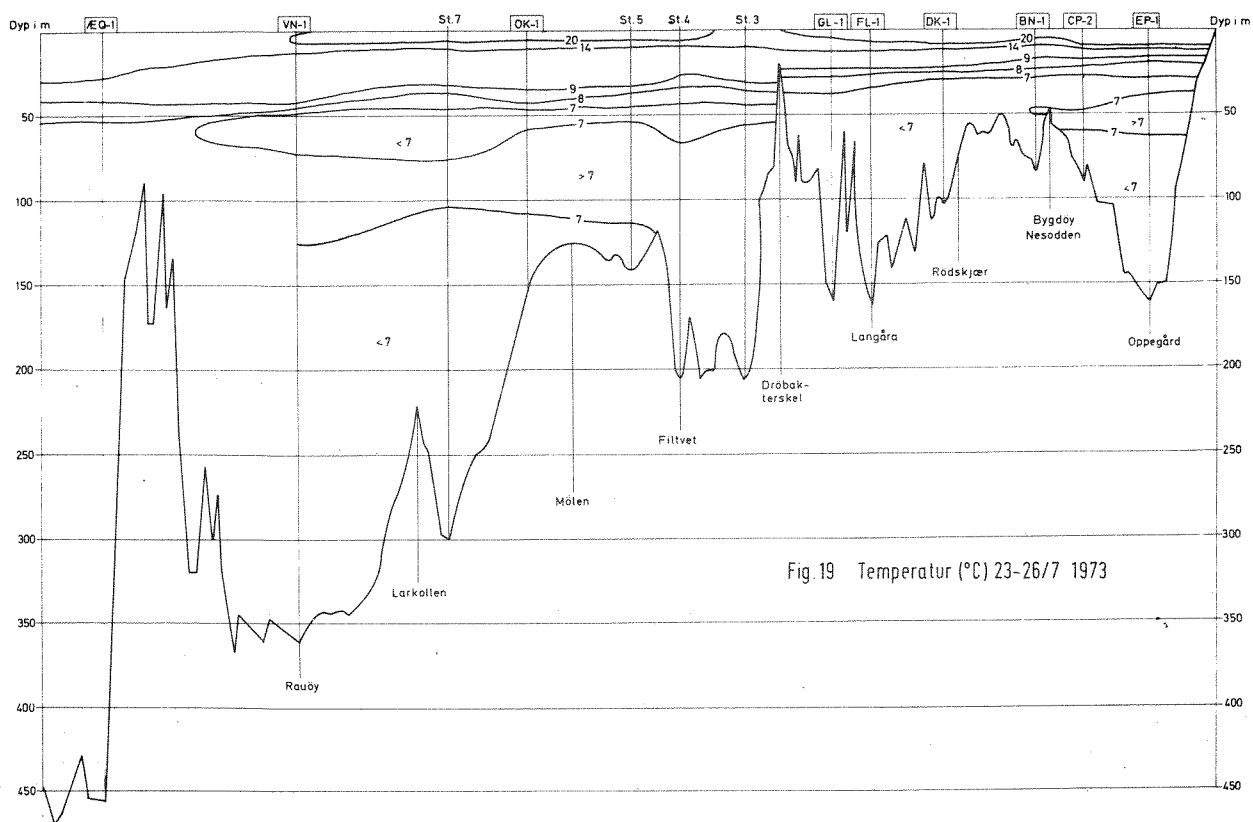
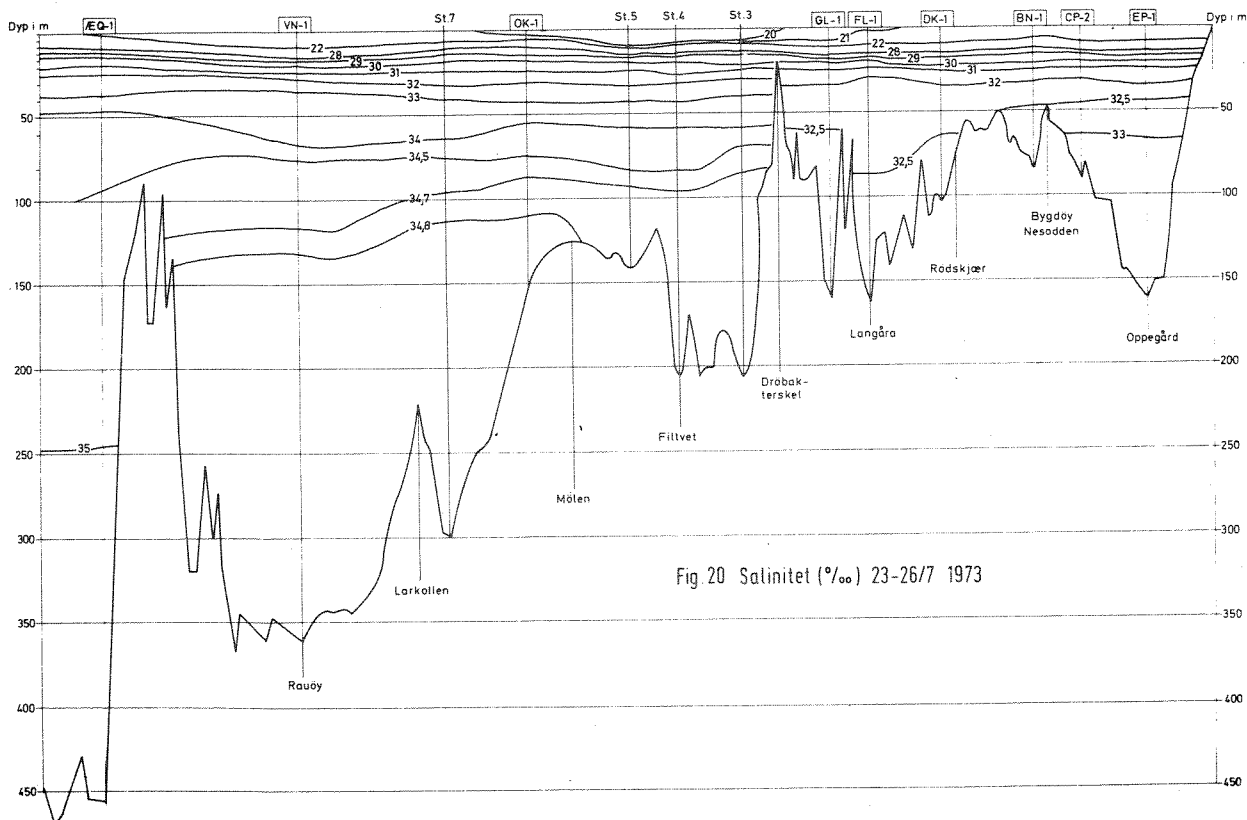


Fig.18 Ortofosfat ($\mu\text{g/l}$) 12-14/5 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

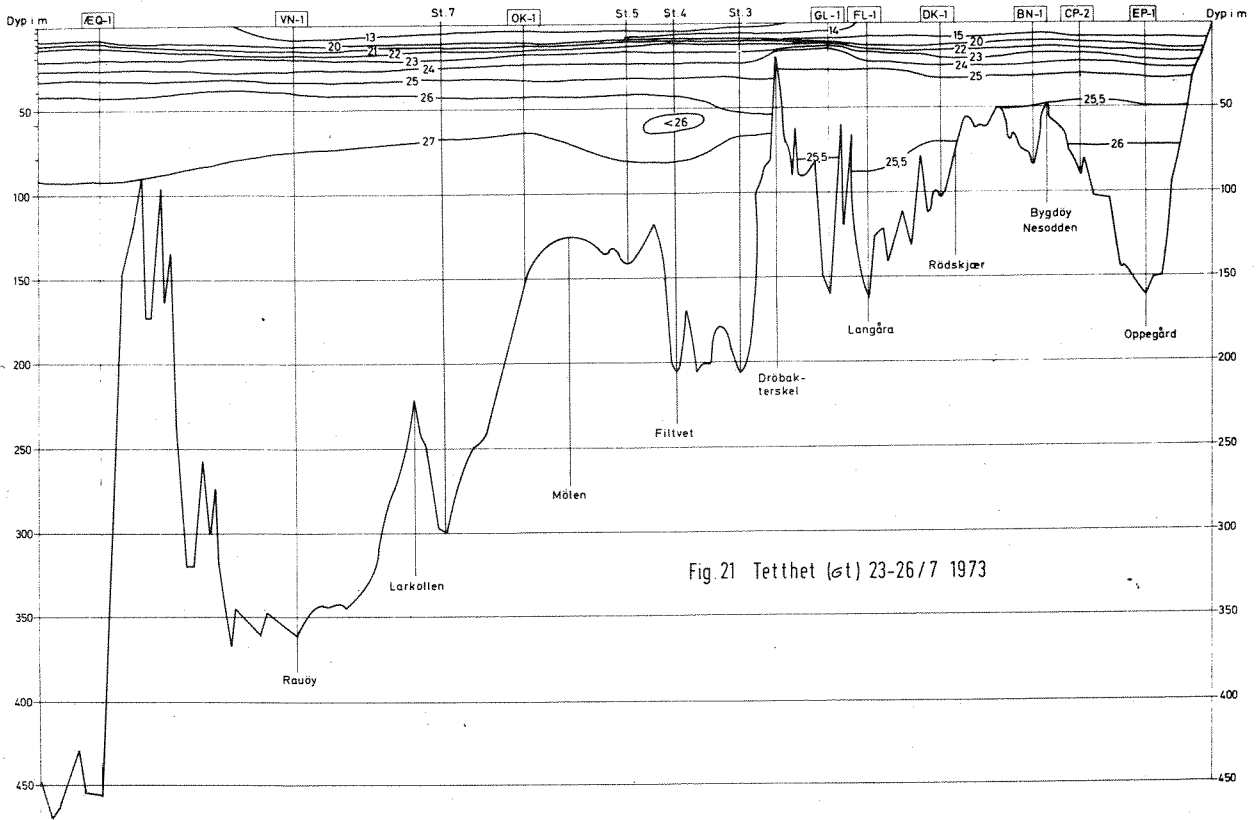


Fig. 21 Tetthet (σ_t) 23-26/7 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

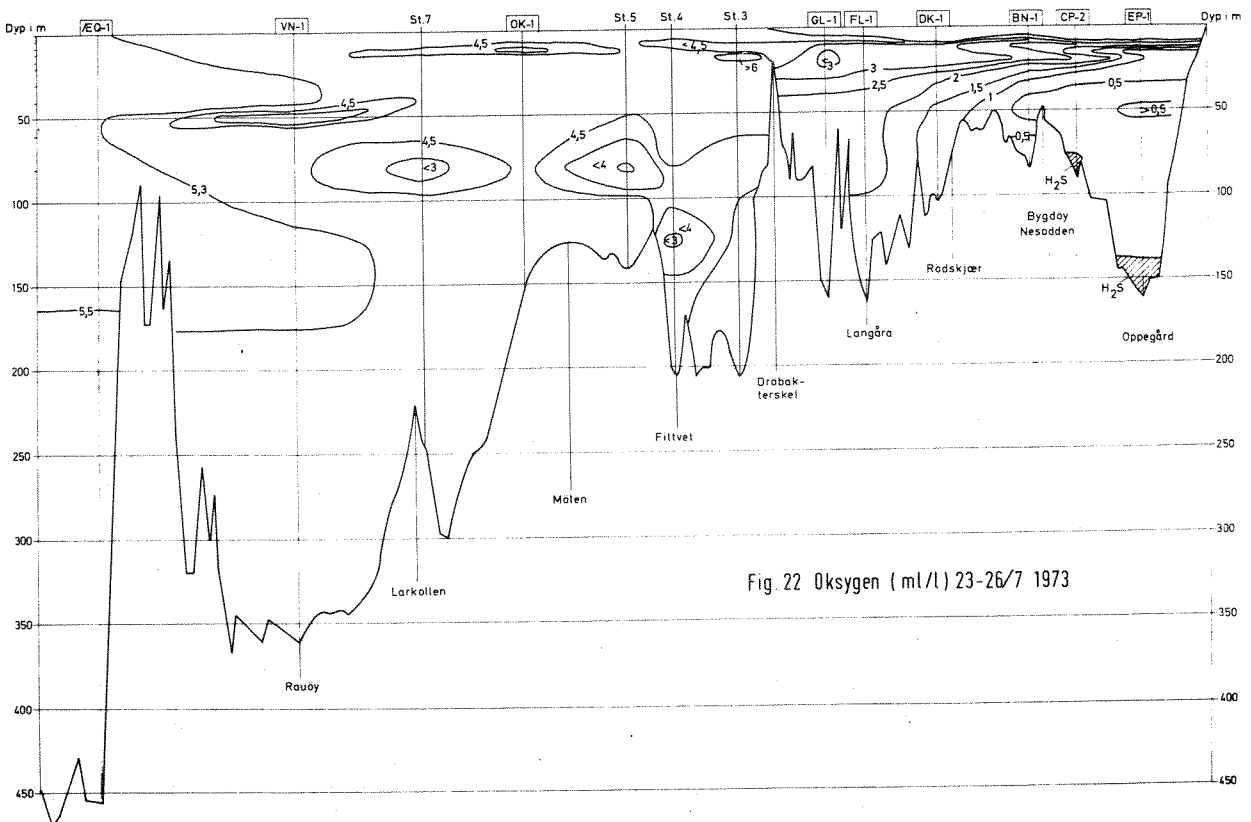


Fig. 22 Oksygen (ml/l) 23-26/7 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

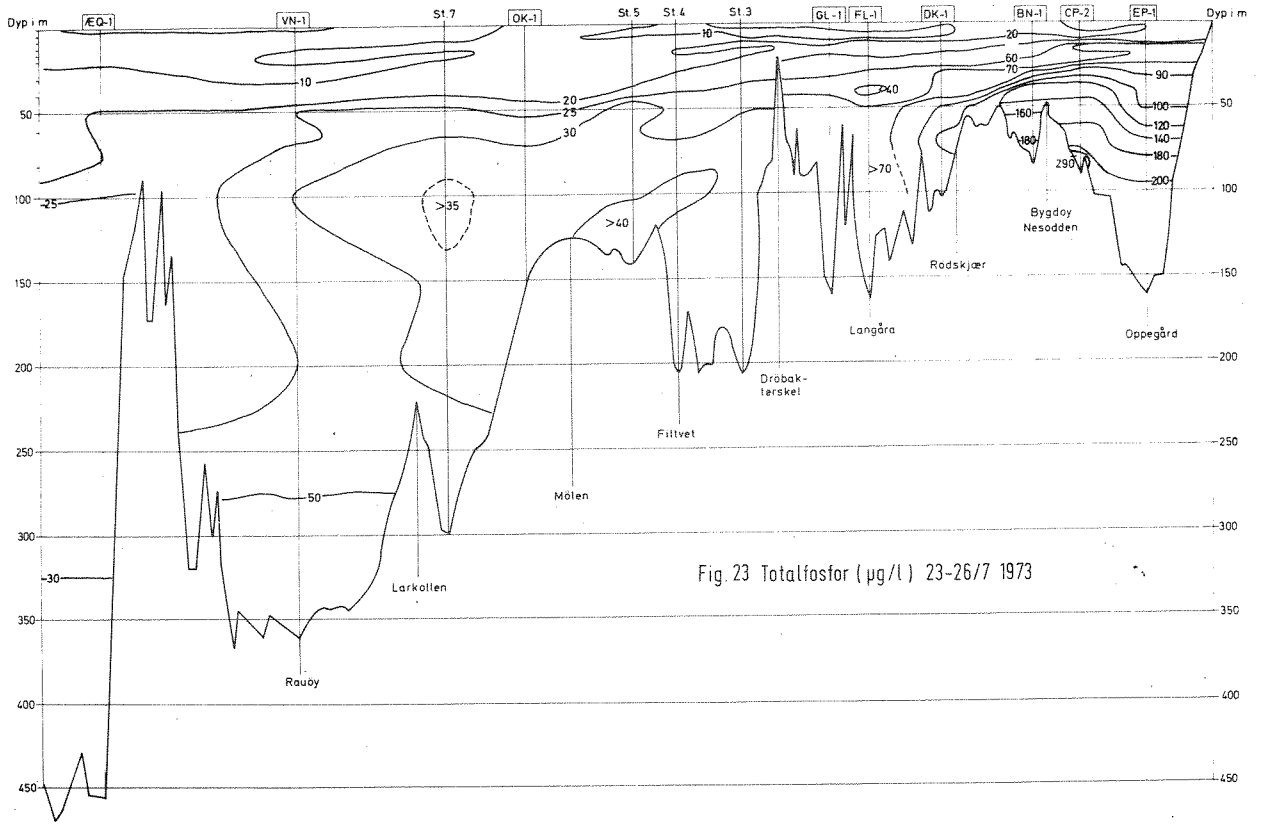


Fig. 23 Totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) 23-26/7 1973

Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt

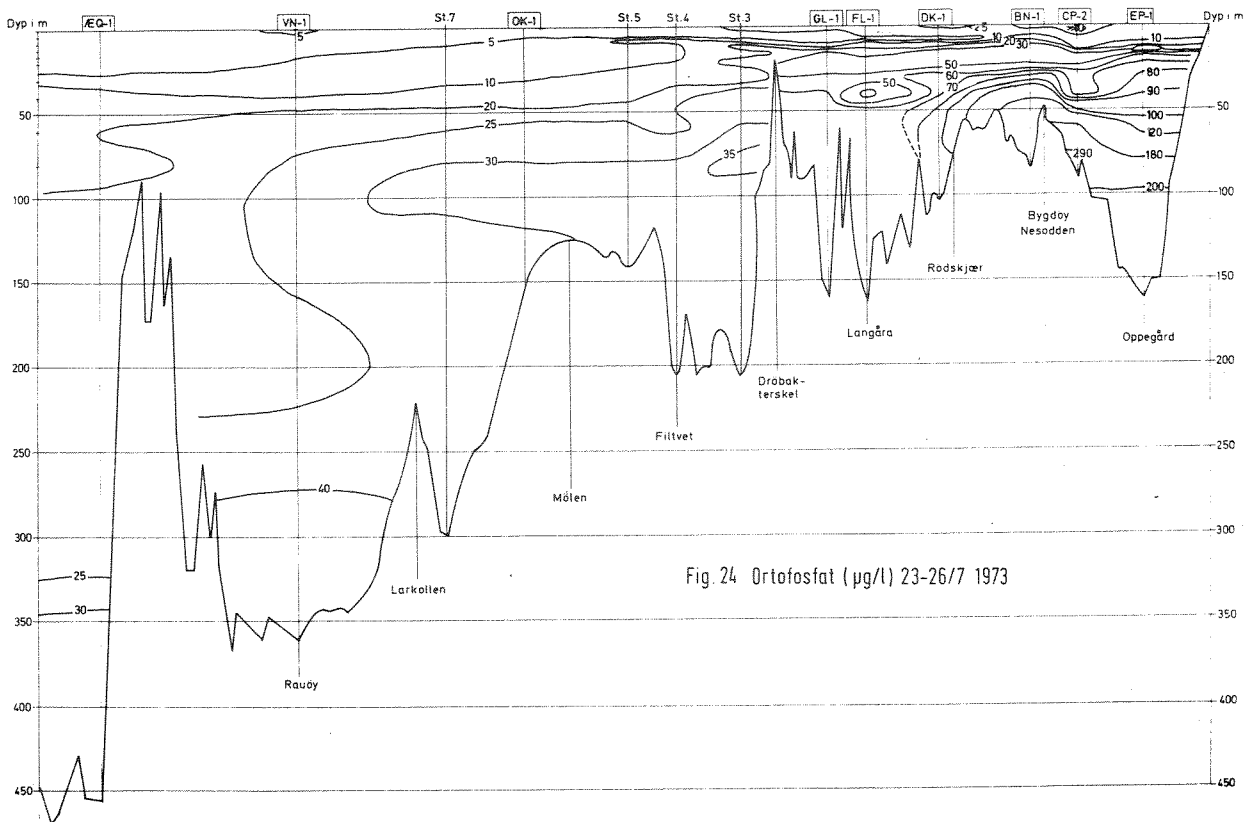
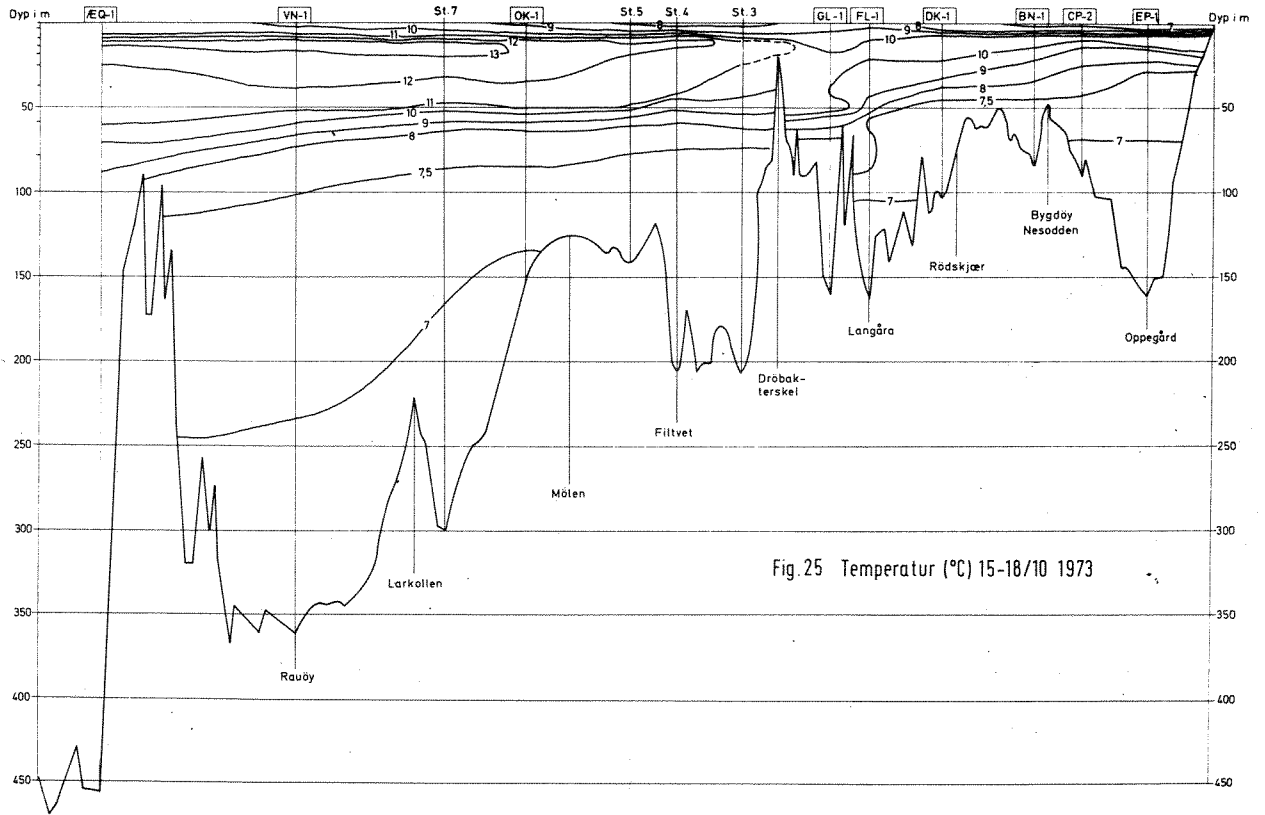
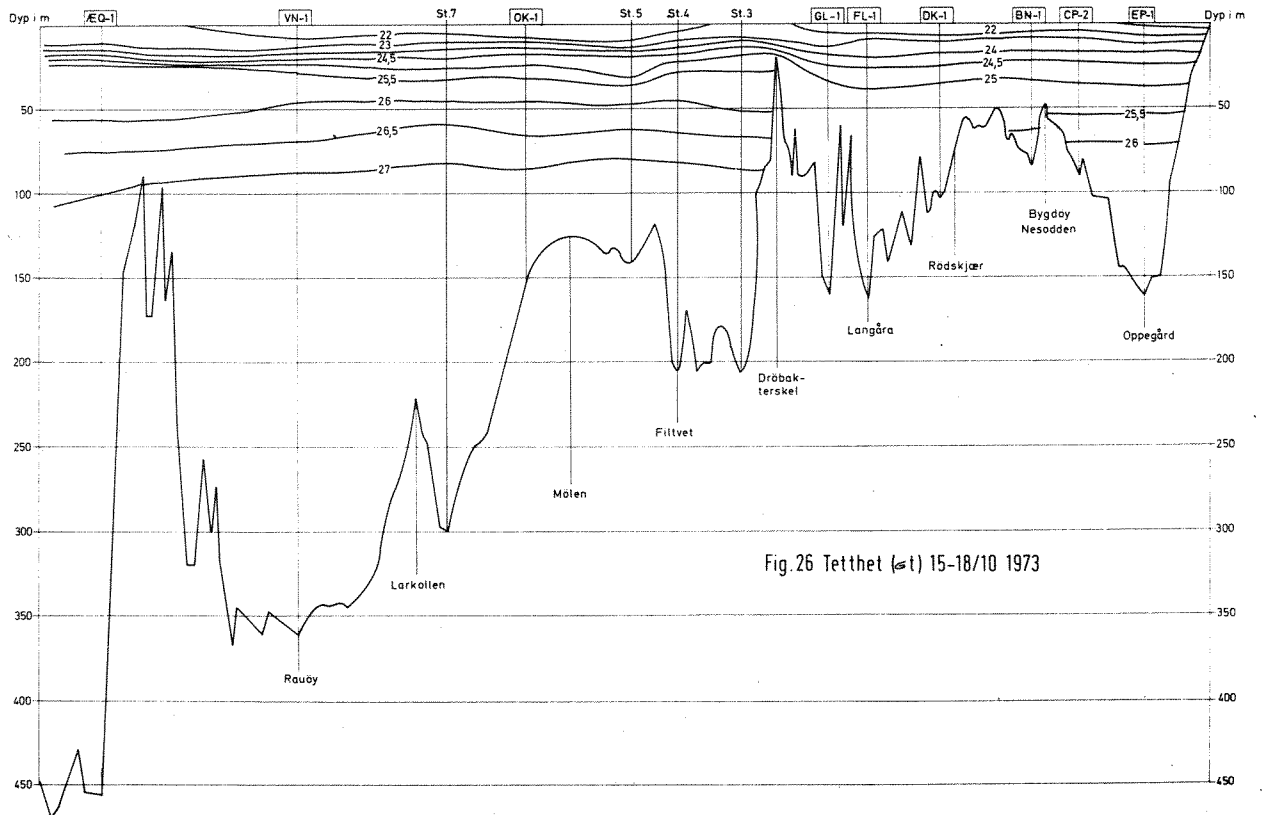


Fig. 24 Ortofosfat ($\mu\text{g/l}$) 23-26/7 1973

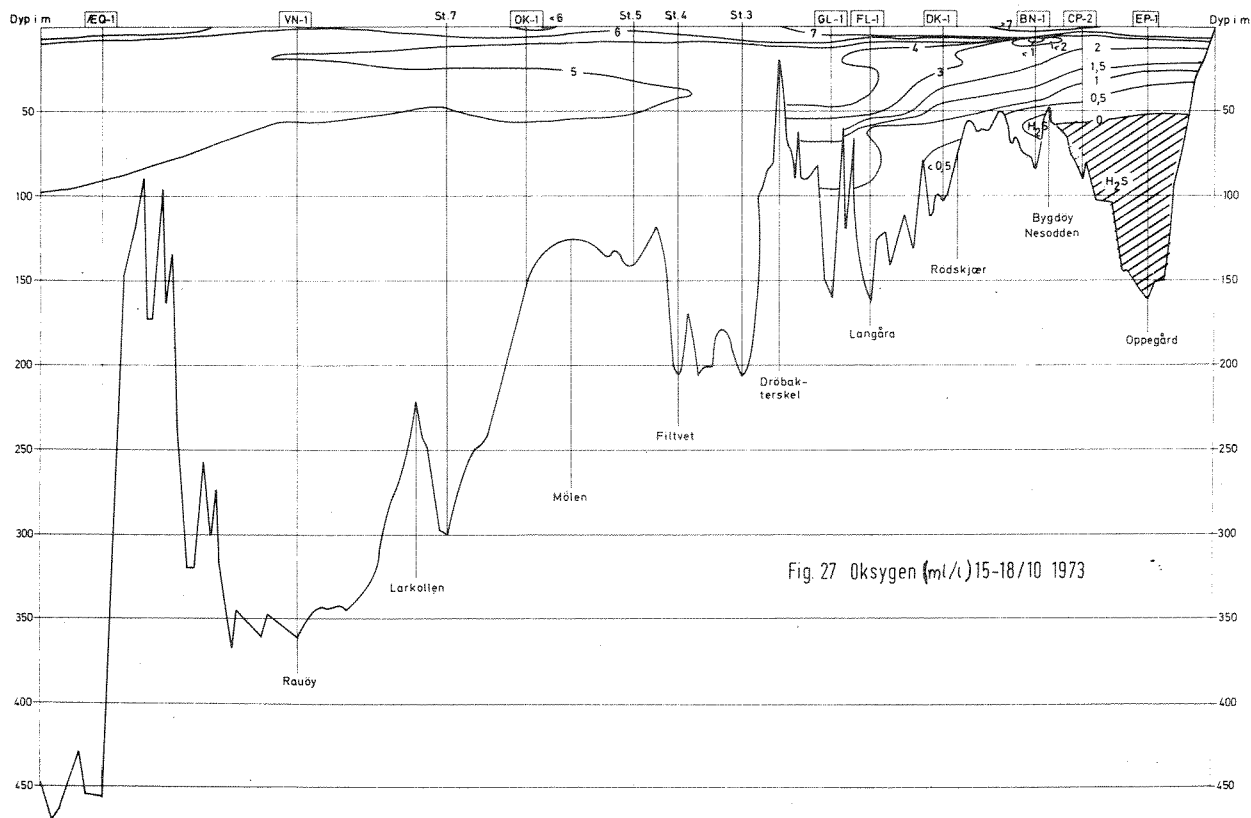
Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



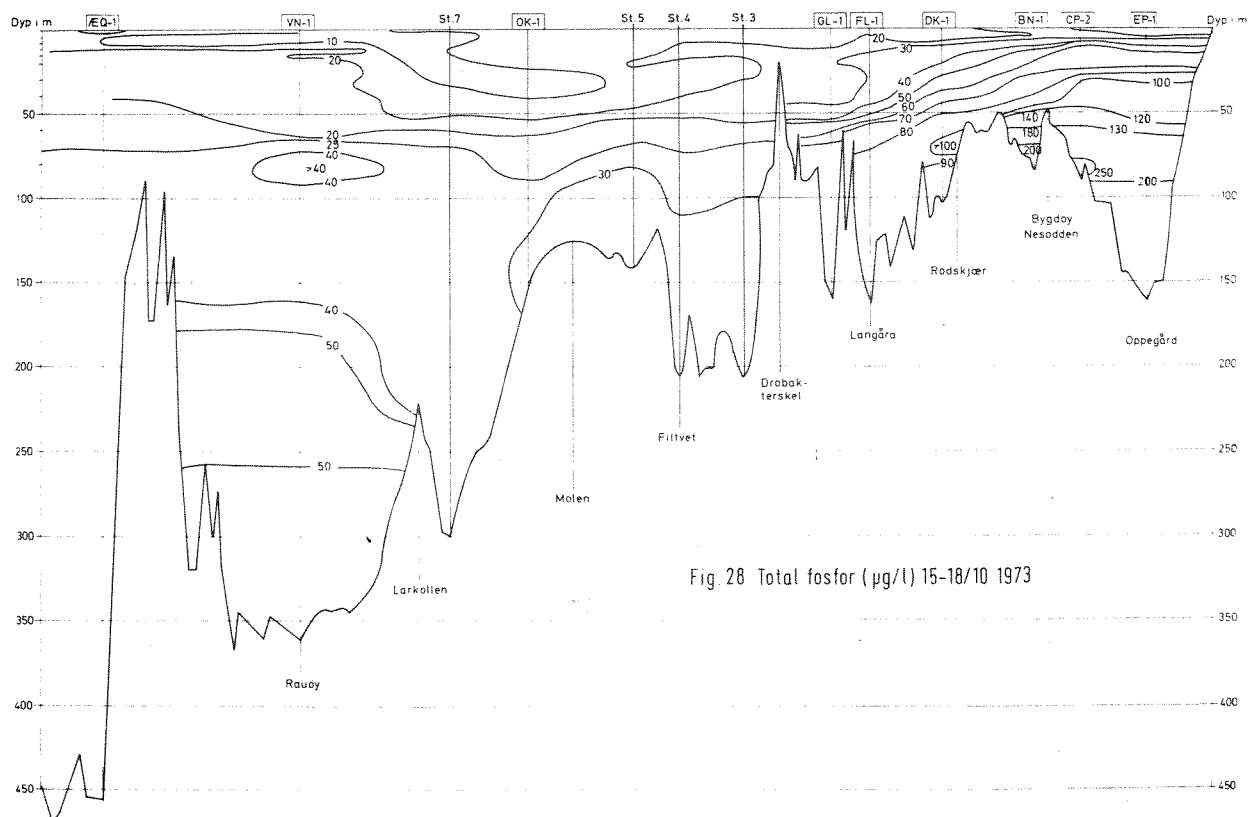
Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



Vertikalt dybdesnitt i Oslofjorden - langsgående hovedsnitt



Vertikalt dybdesnitt i Ostlofjorden - langsgående hovedsnitt

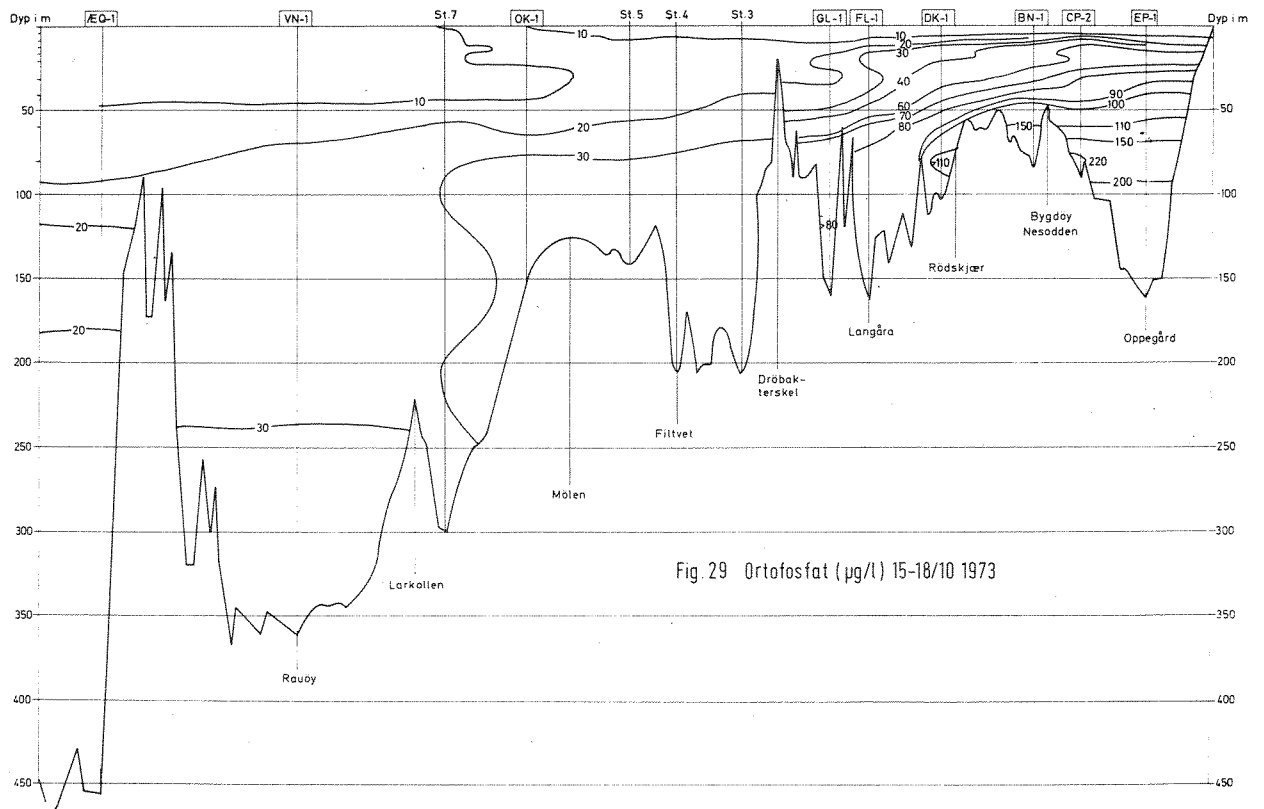


Fig. 29 Ortofosfat ($\mu\text{g/l}$) 15-18/10 1973

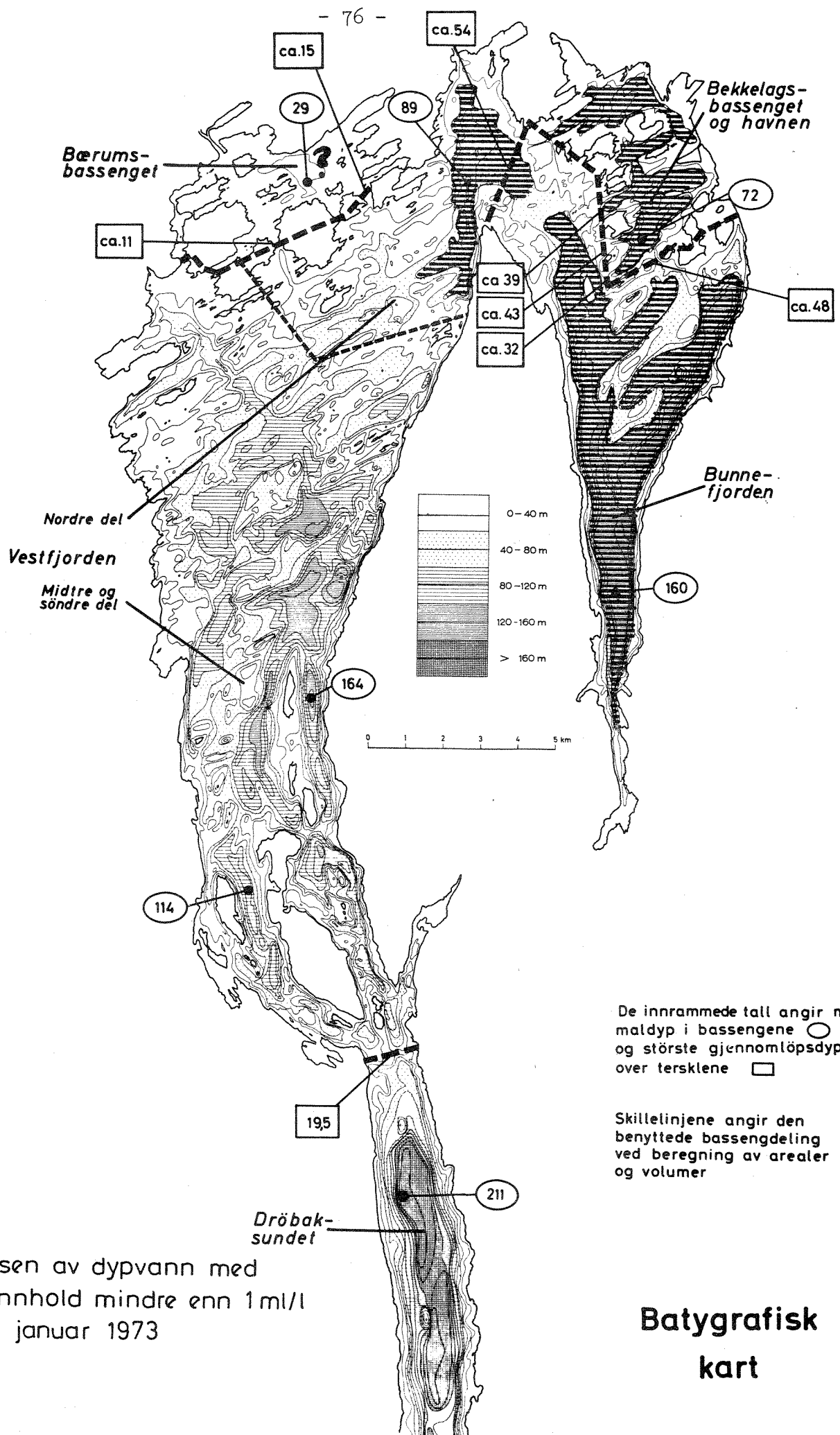


Fig. 30

Utberedelsen av dypvann med oksygeninnhold mindre enn 1 ml/l ved tokt i januar 1973

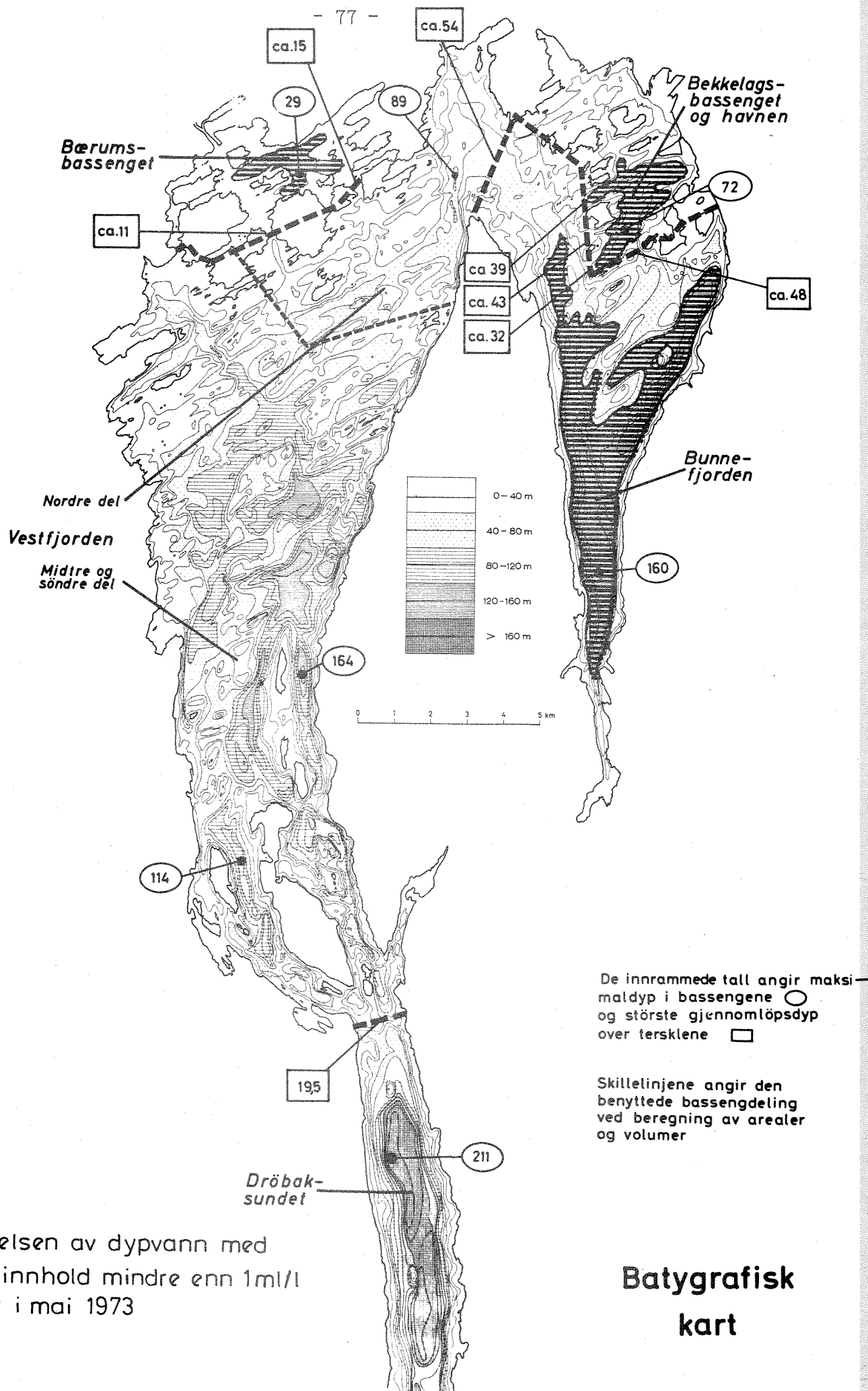


Fig. 31

Utberedelsen av dypvann med oksygeninnhold mindre enn 1ml/l ved tokt i mai 1973

**Batygrafisk
kart**

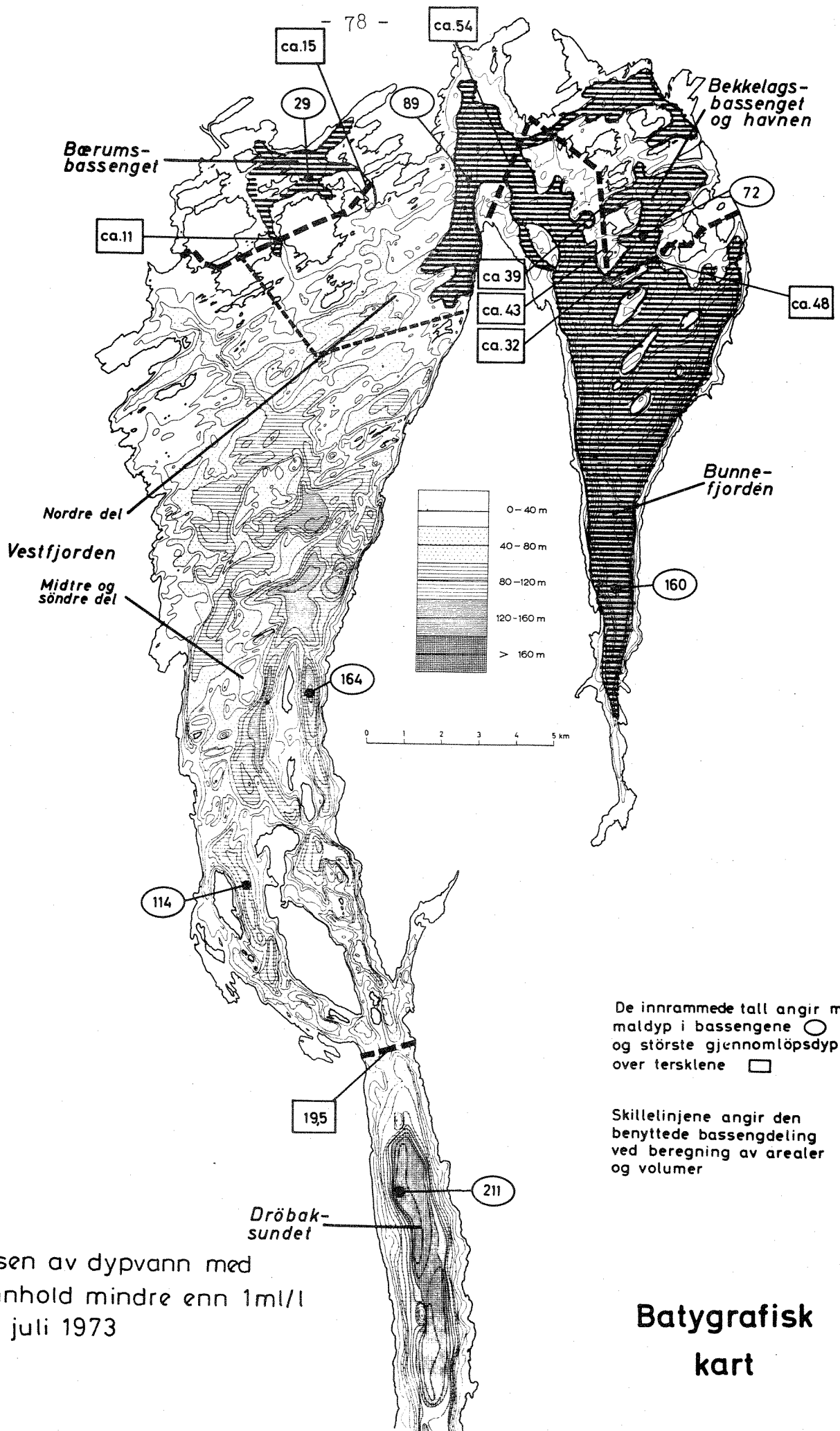


Fig. 32

Utberedelsen av dypvann med oksygeninnhold mindre enn 1ml/l ved tokt i juli 1973

Batygrafisk kart

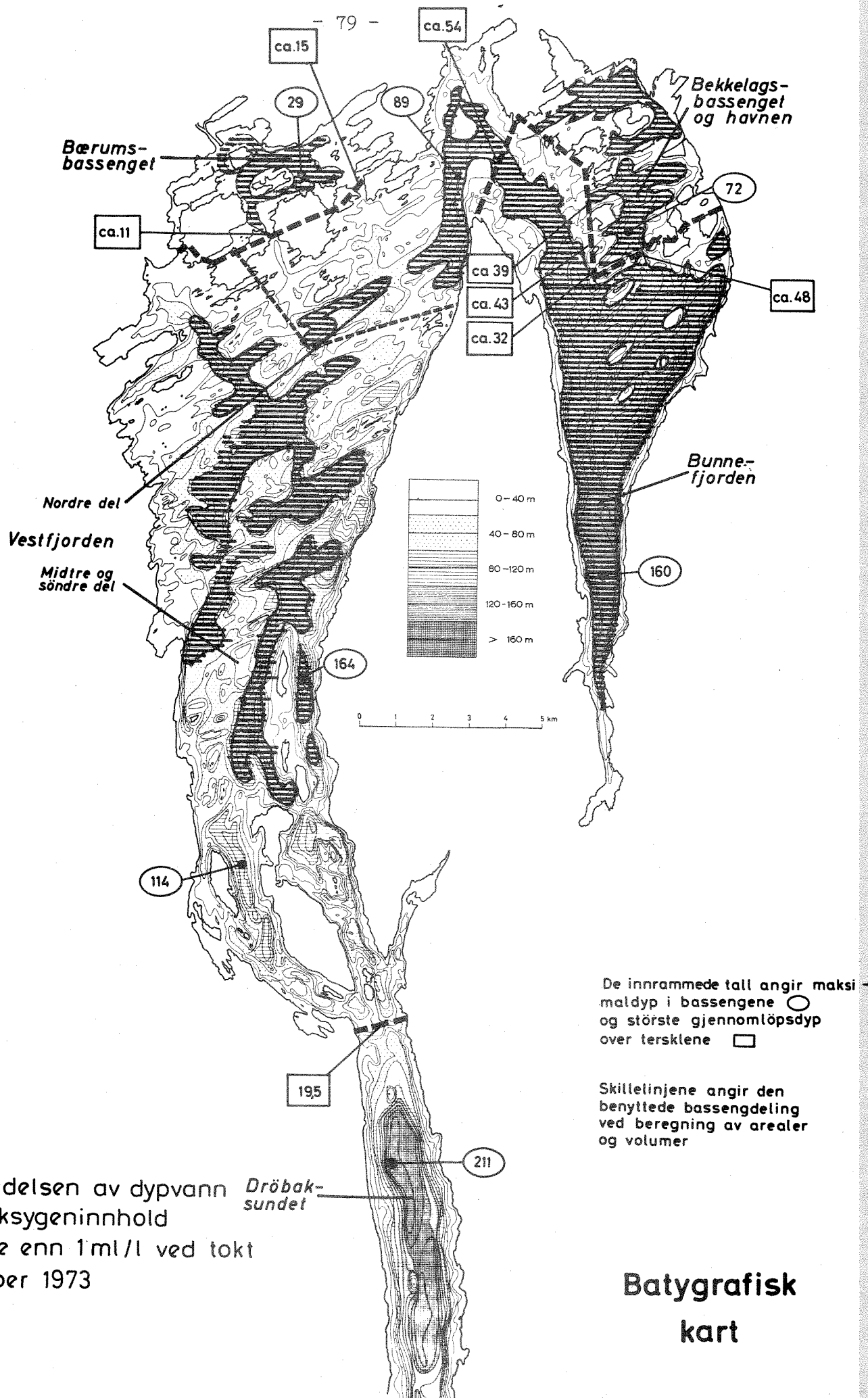


Fig. 33

Utberedelsen av dypvann med oksygeninnhold mindre enn 1ml/l ved tokt i oktober 1973

Batygrafisk kart

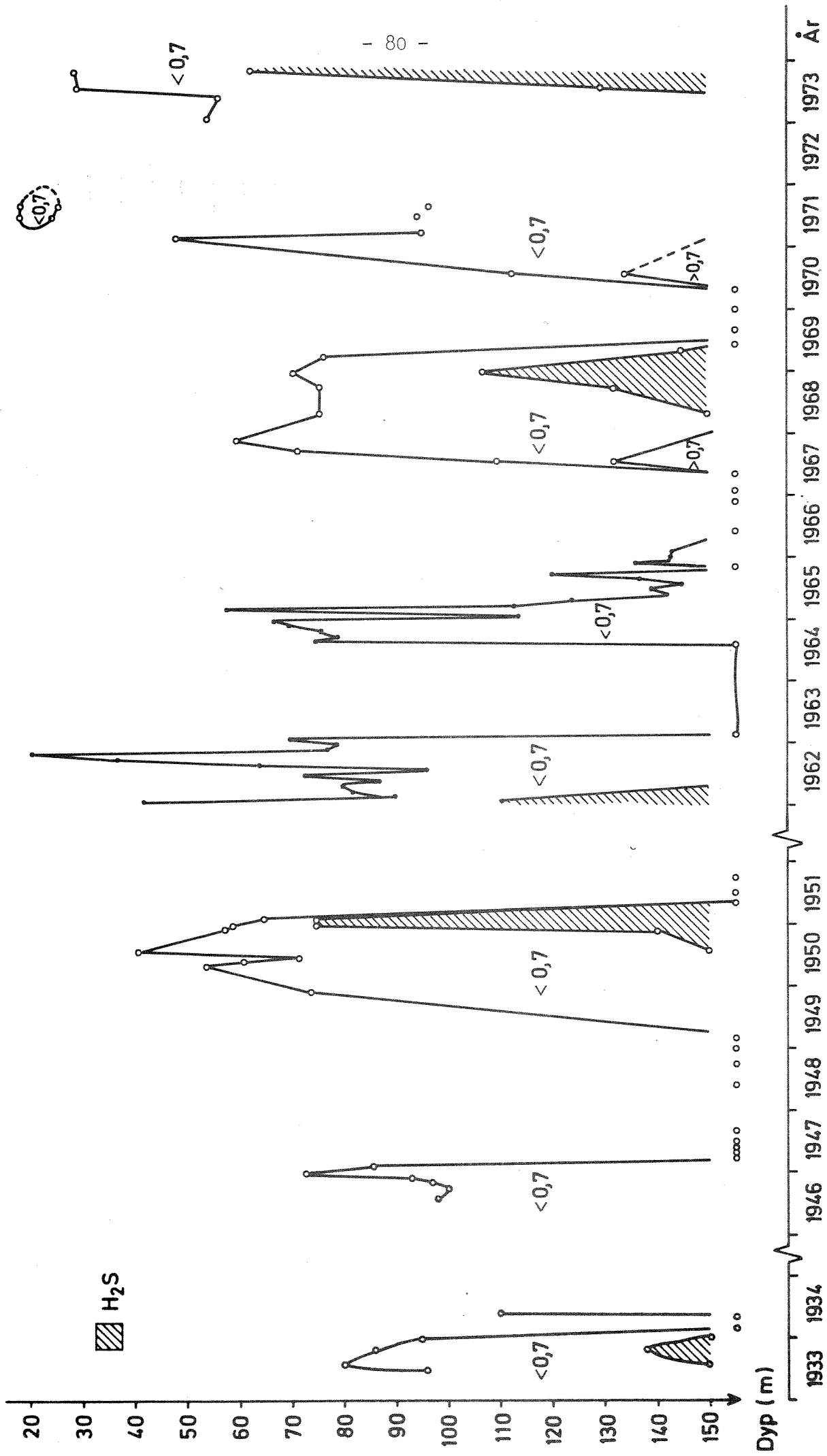


Fig. 34 Variasjonen av 0,7 ml/l flaten for oksygen og nullflaten for hydrogenulfid for forskjellige år i

(Data fra Braarud m.fl. (1933-34), Beyer & Föyn (1946-51) og NIVA)

Bunnefjorden

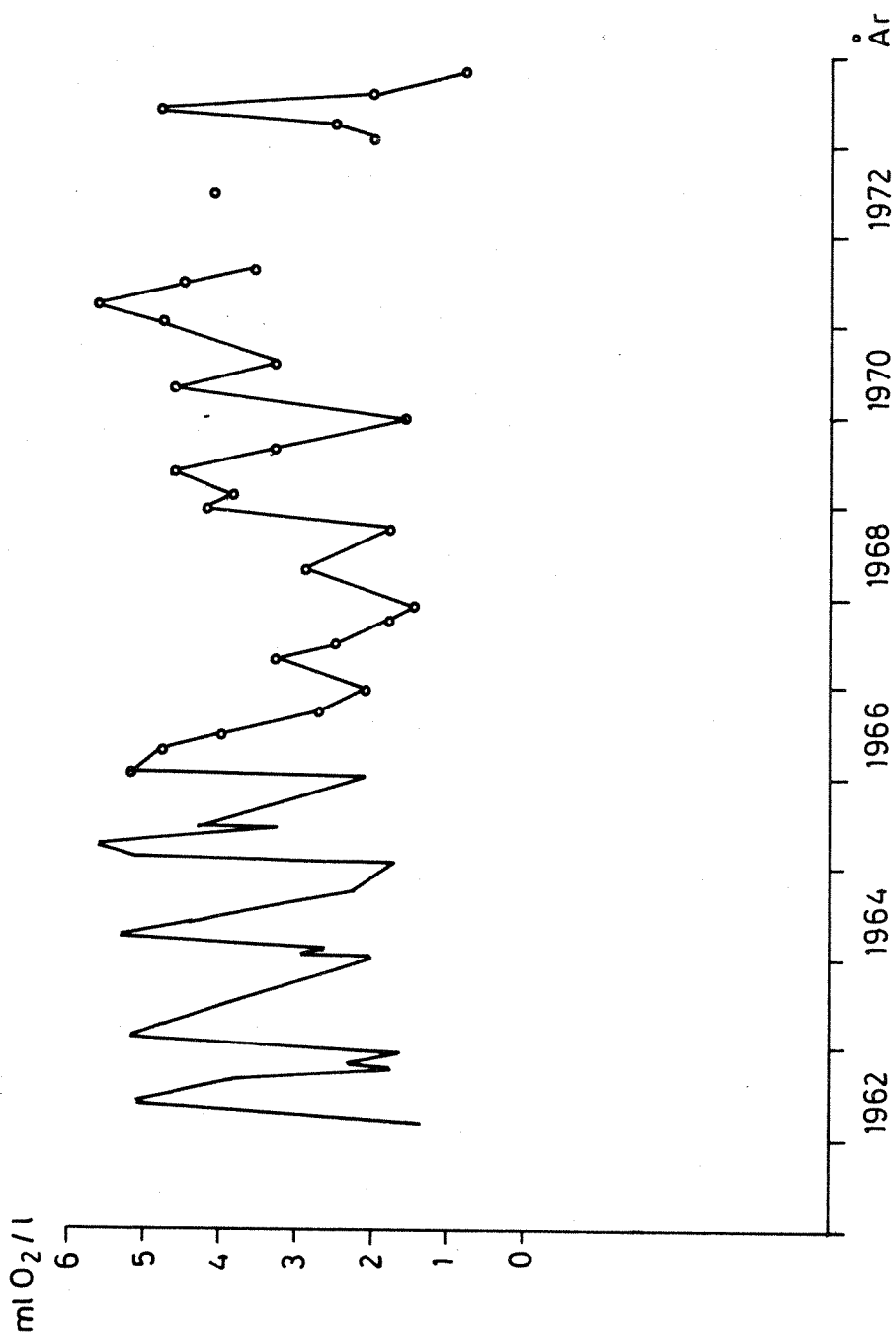


Fig. 35 Oksygenkonsentrasjonen ved Langåra (st.FL1) 120 m 1962-1973

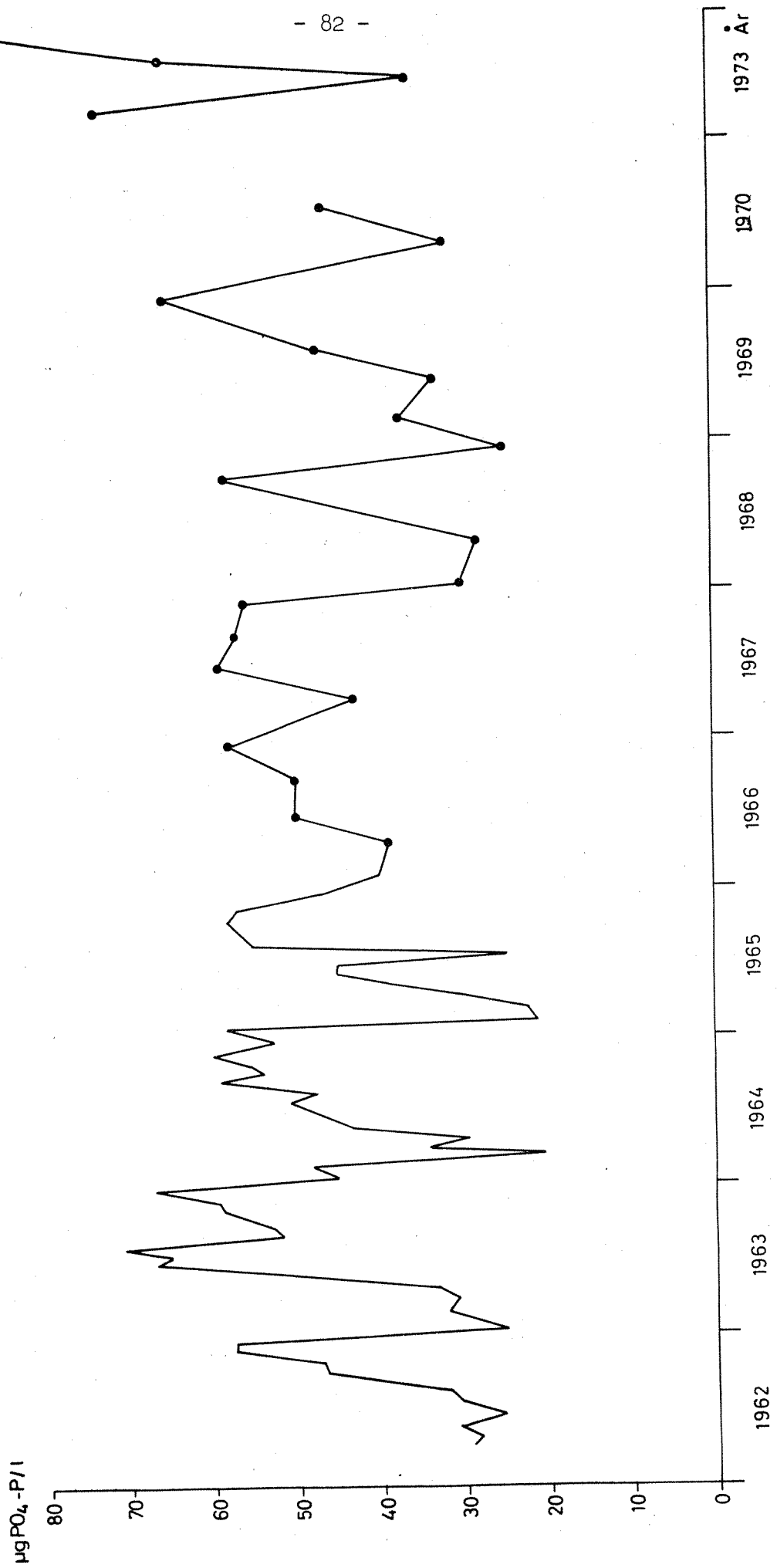
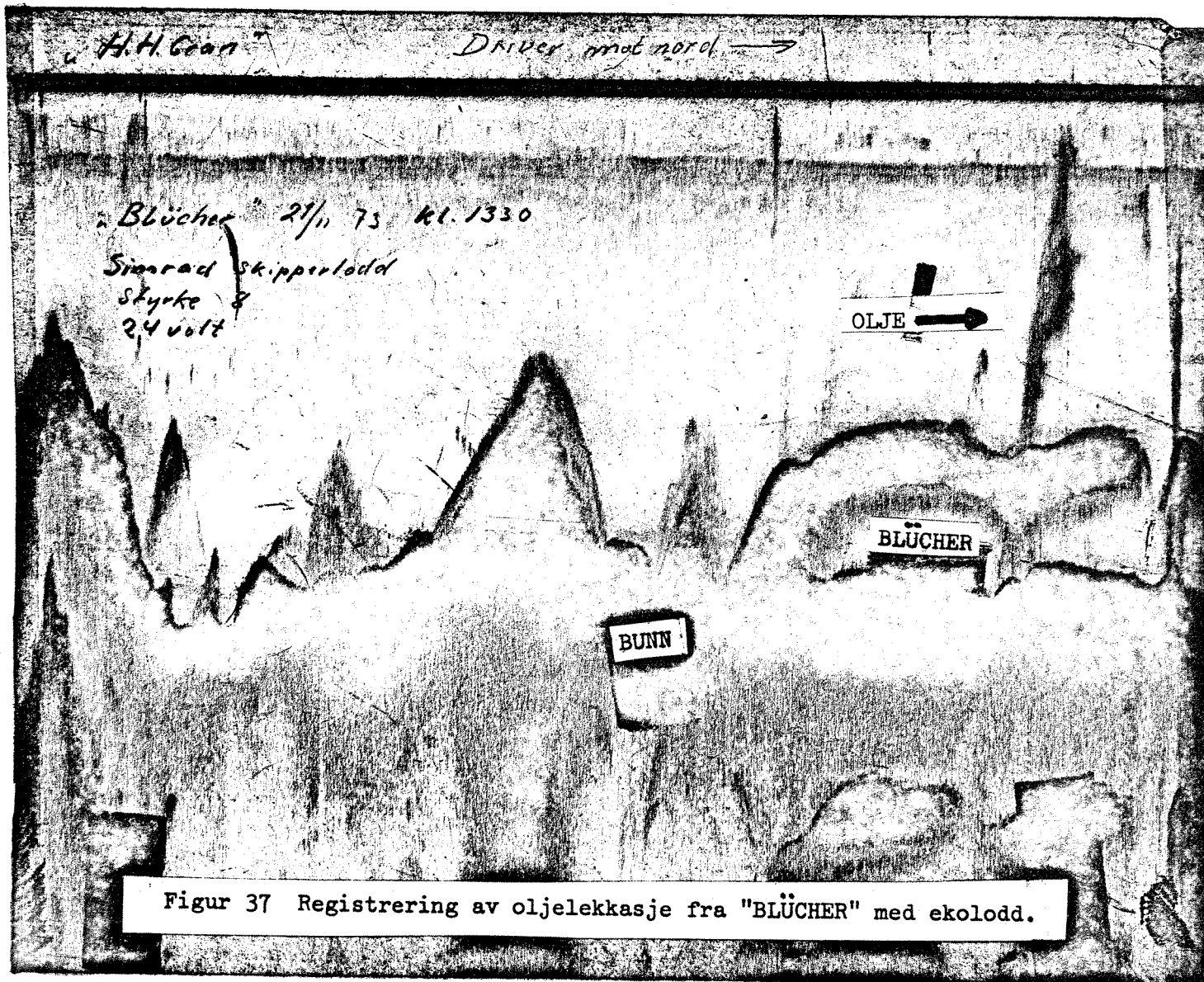


Fig. 36 Ortofosfatkoncentrasjonen ved Langåra (st. FL 1) 1962-1973 på 120 m dyp



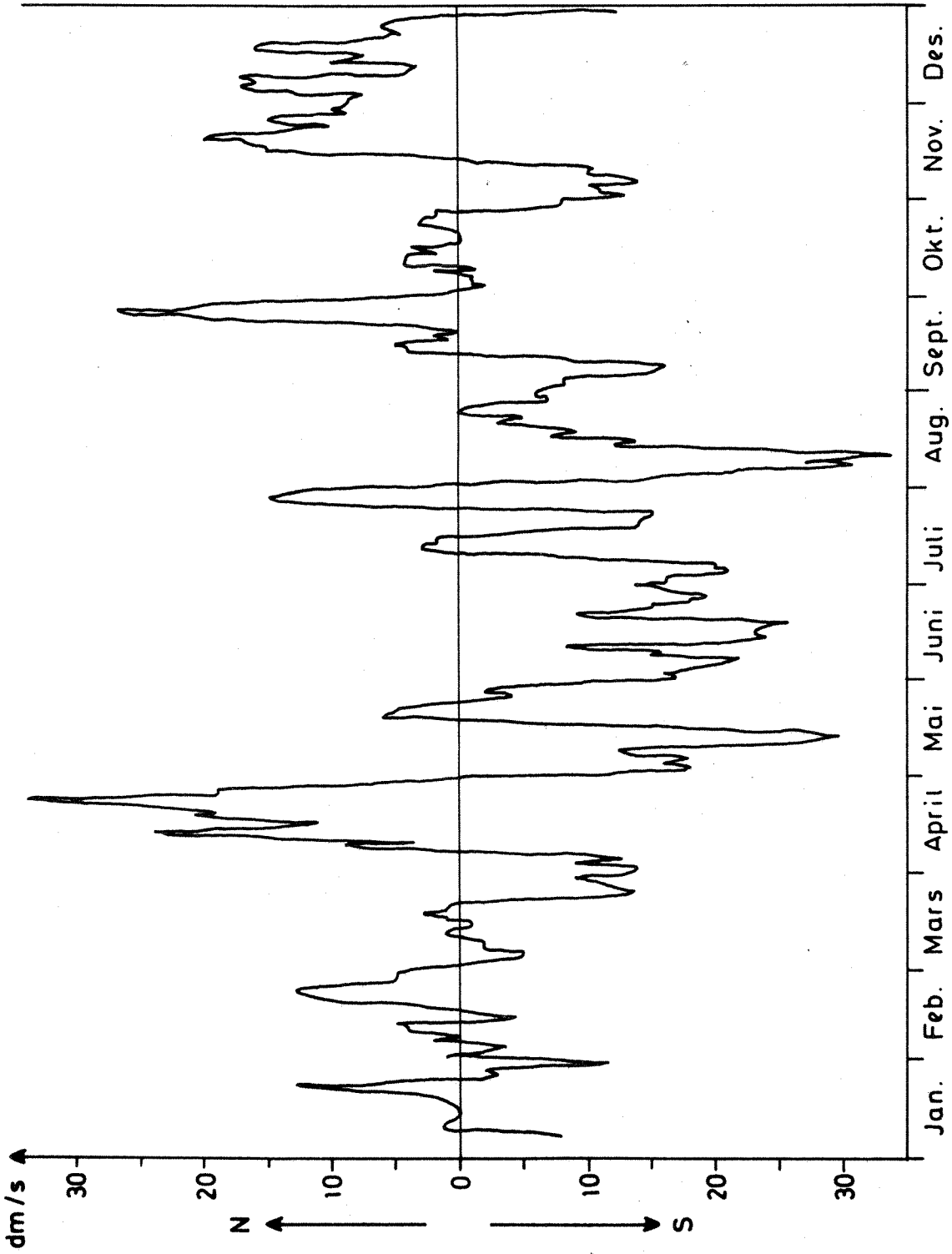


Fig.38 Vindens N-S komponent ved Blindern 1973 (7 døgns glidende middel)

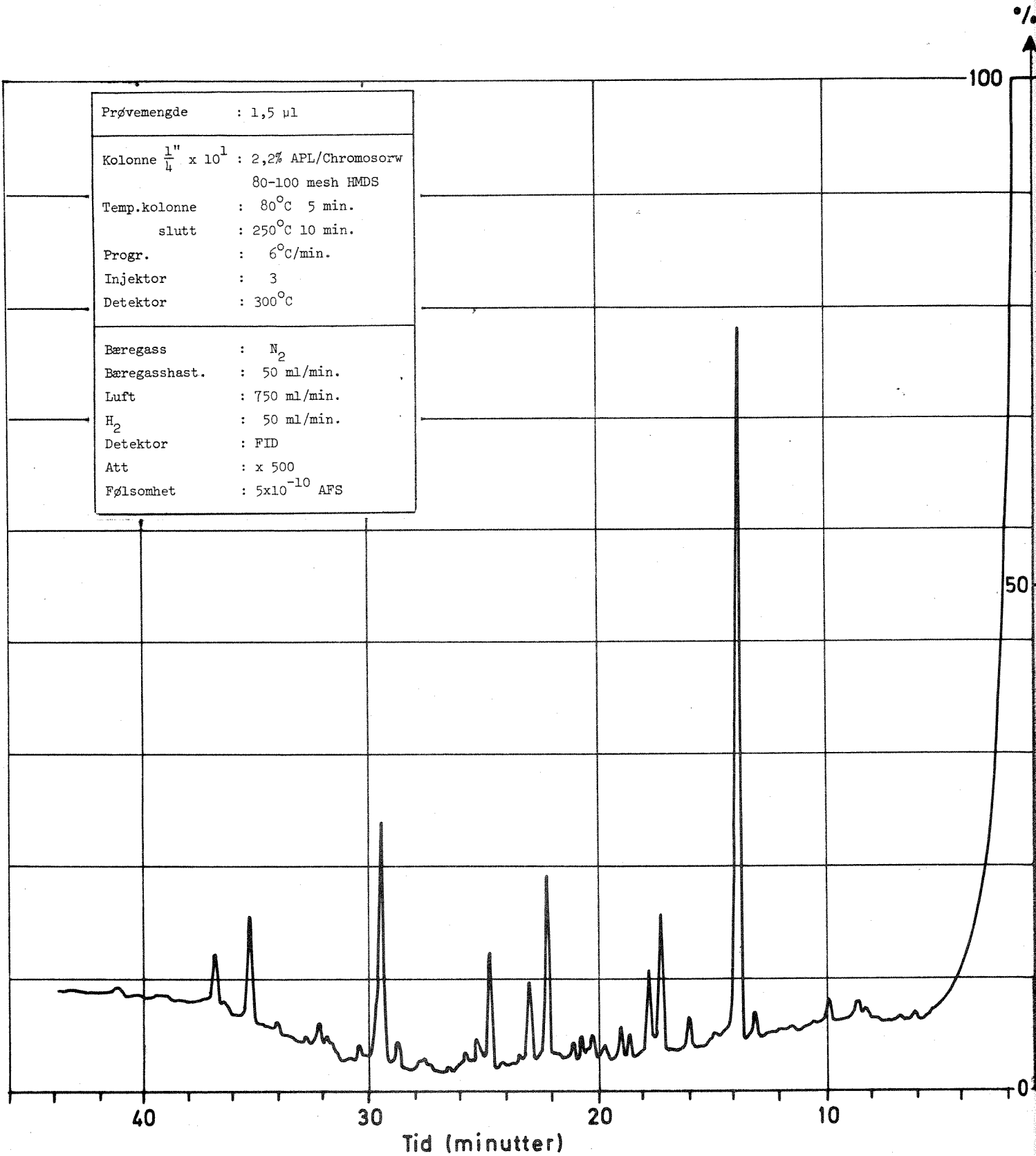


Fig. 39 Gasskromatogram av olja fra „ Blücher ”

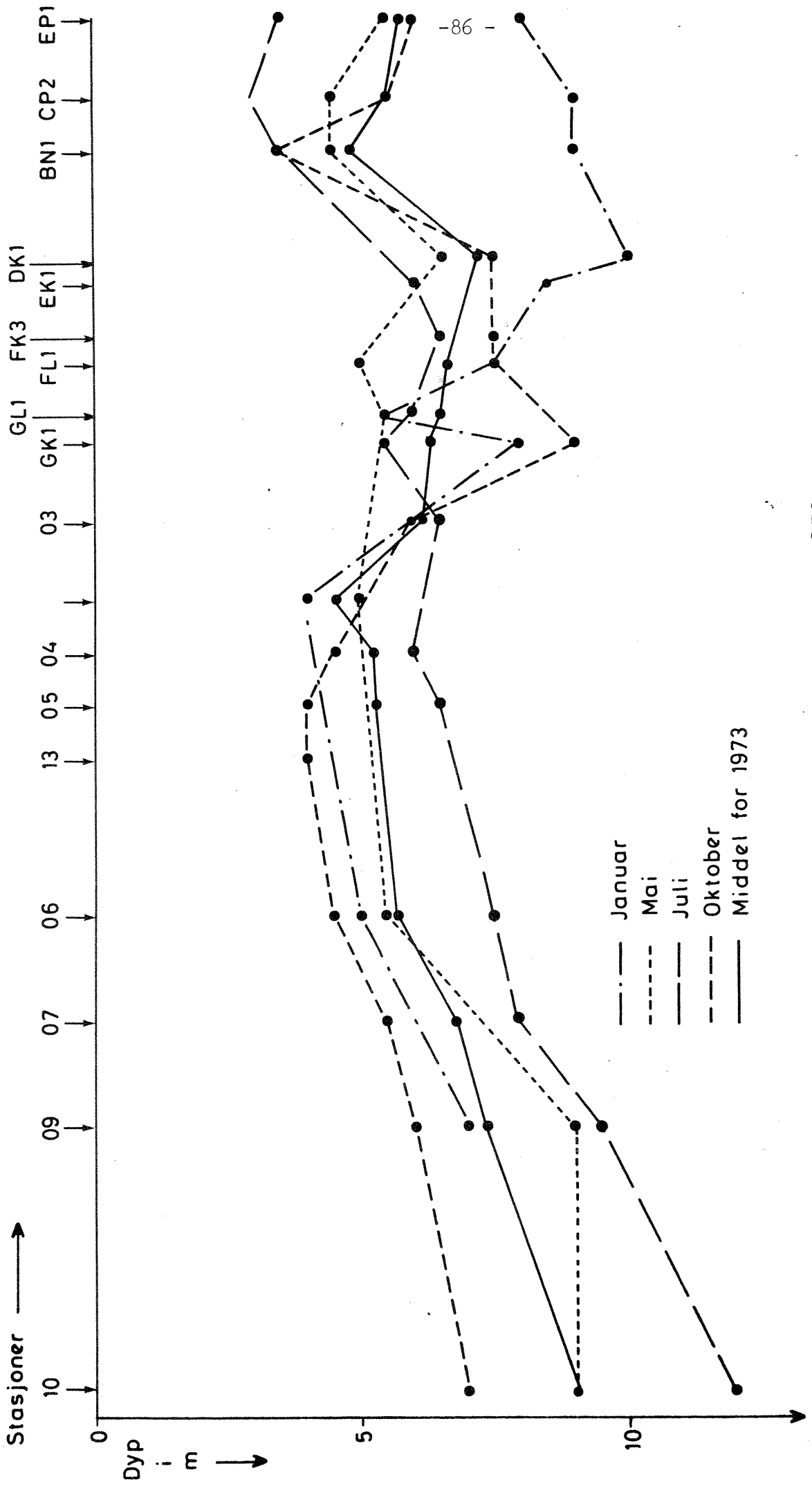


Fig.40 Siktedypet i fjordens lengdesnitt 1973

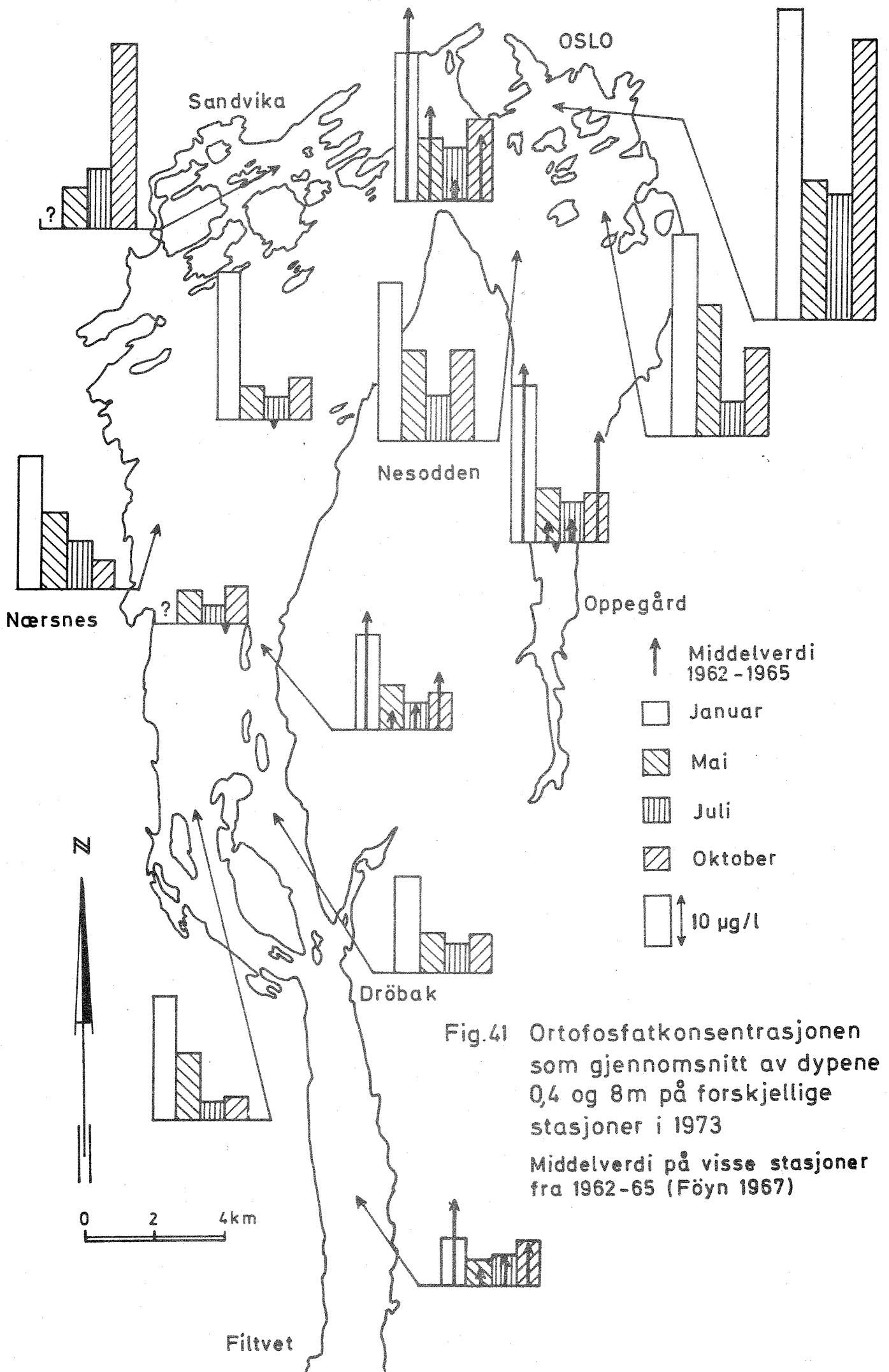


Fig.41 Ortofosfatkonsentrasjonen som gjennomsnitt av dypene 0,4 og 8m på forskjellige stasjoner i 1973
Middelerdi på visse stasjoner fra 1962-65 (Föyn 1967)

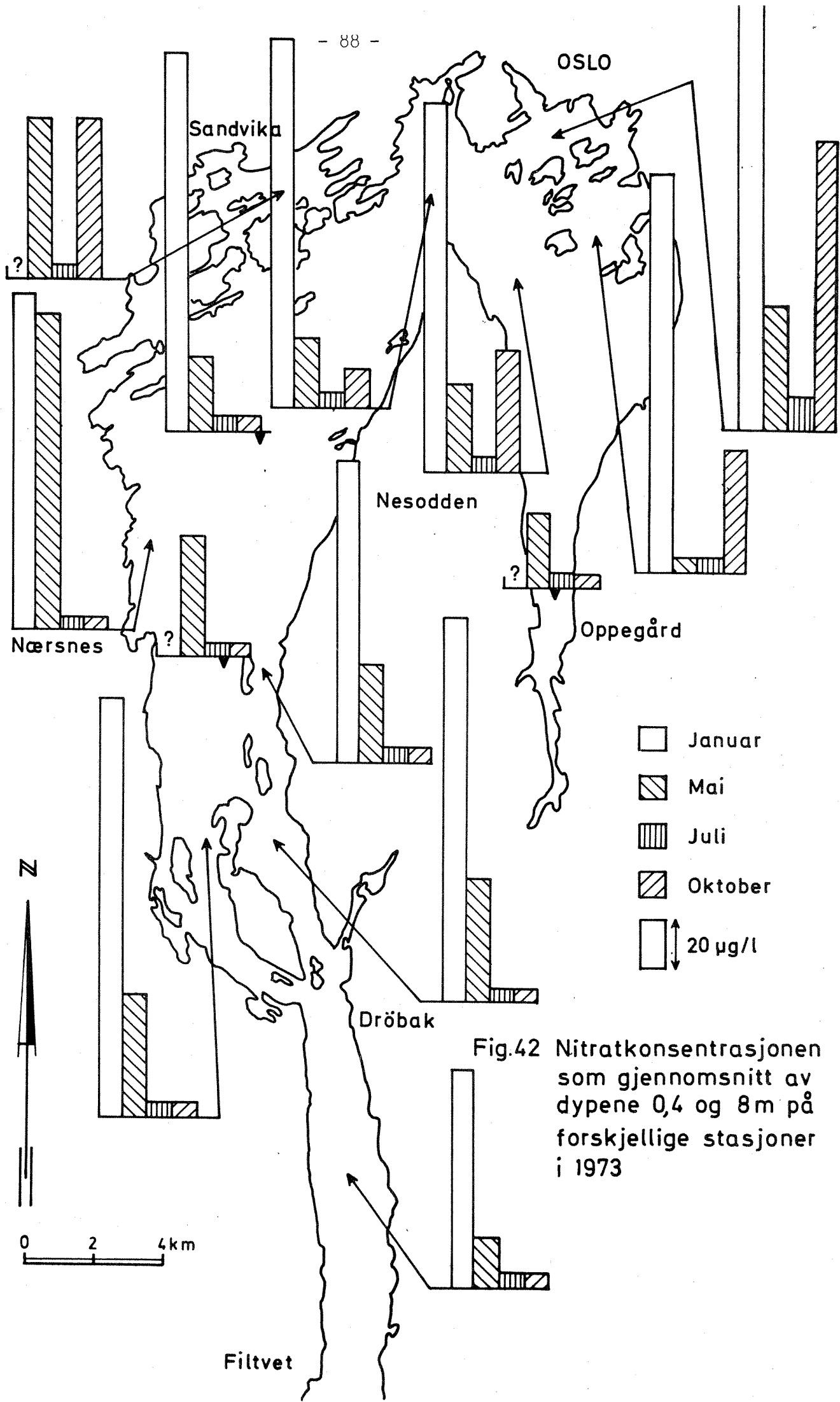


Fig.42 Nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt av dypene 0,4 og 8 m på forskjellige stasjoner i 1973

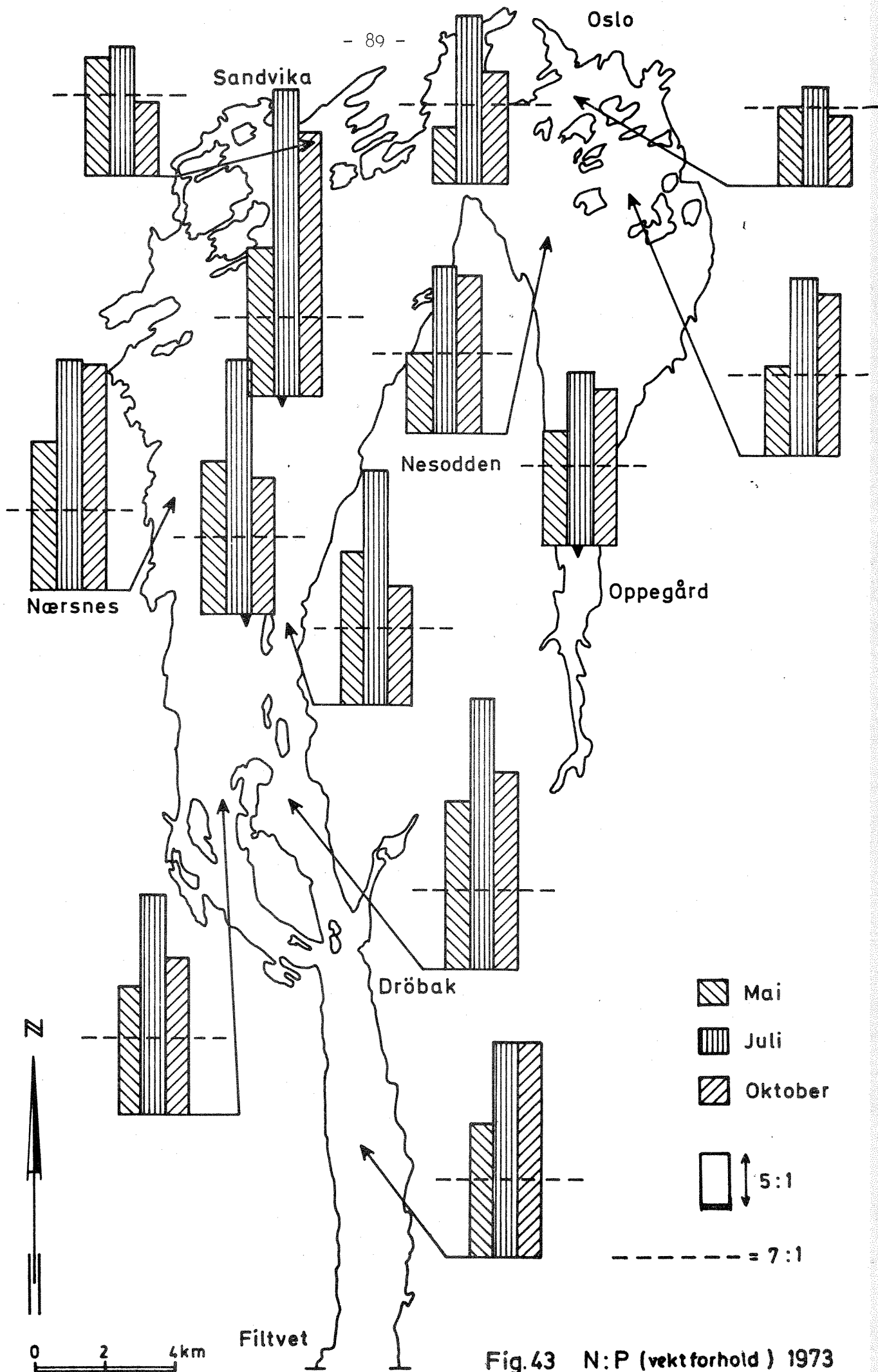


Fig.43 N:P (vektforhold) 1973

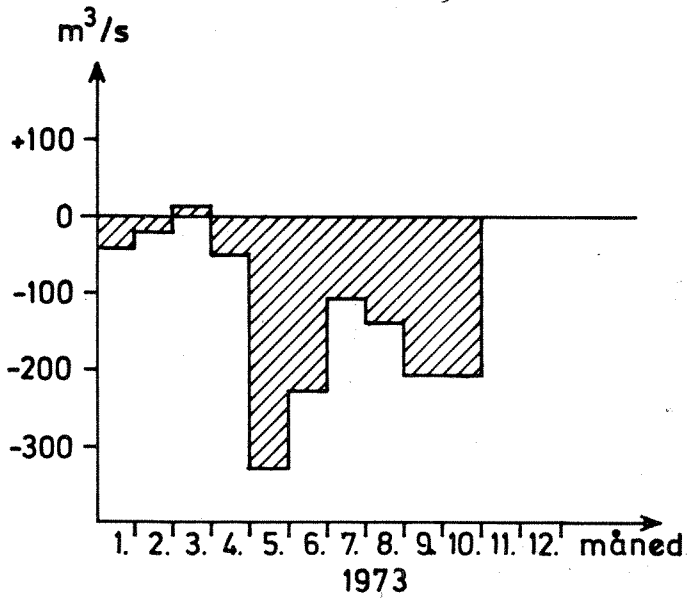


Fig. 44 a Vannføringen i Drammenselva 1973 som avvik fra middelverdi av perioden 1961 - 1970

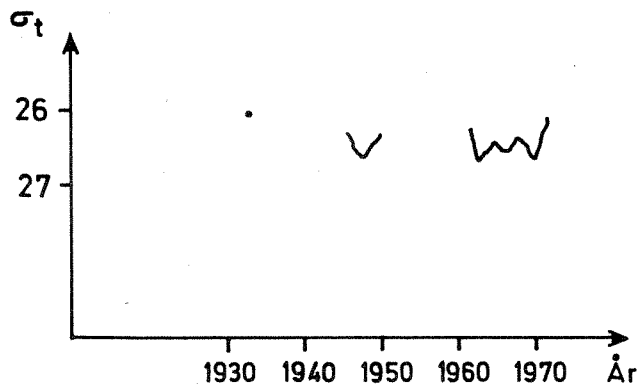


Fig. 44 b. Tettheten (σ_t) på 140 - 150 m i Bunnefjorden som middelverdi av observasjoner i juni - okt.

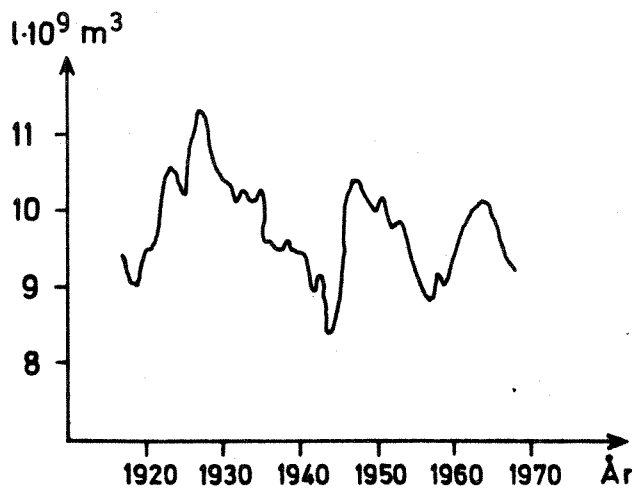
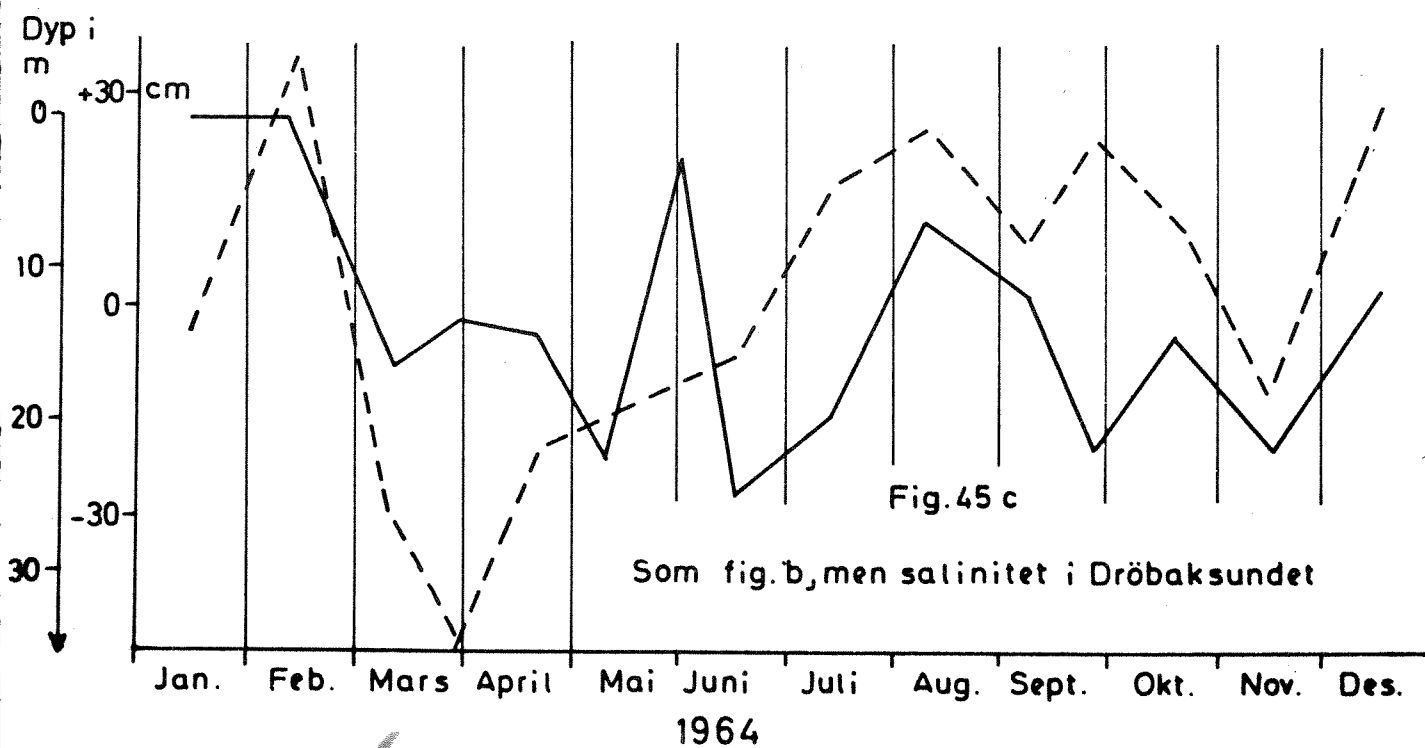
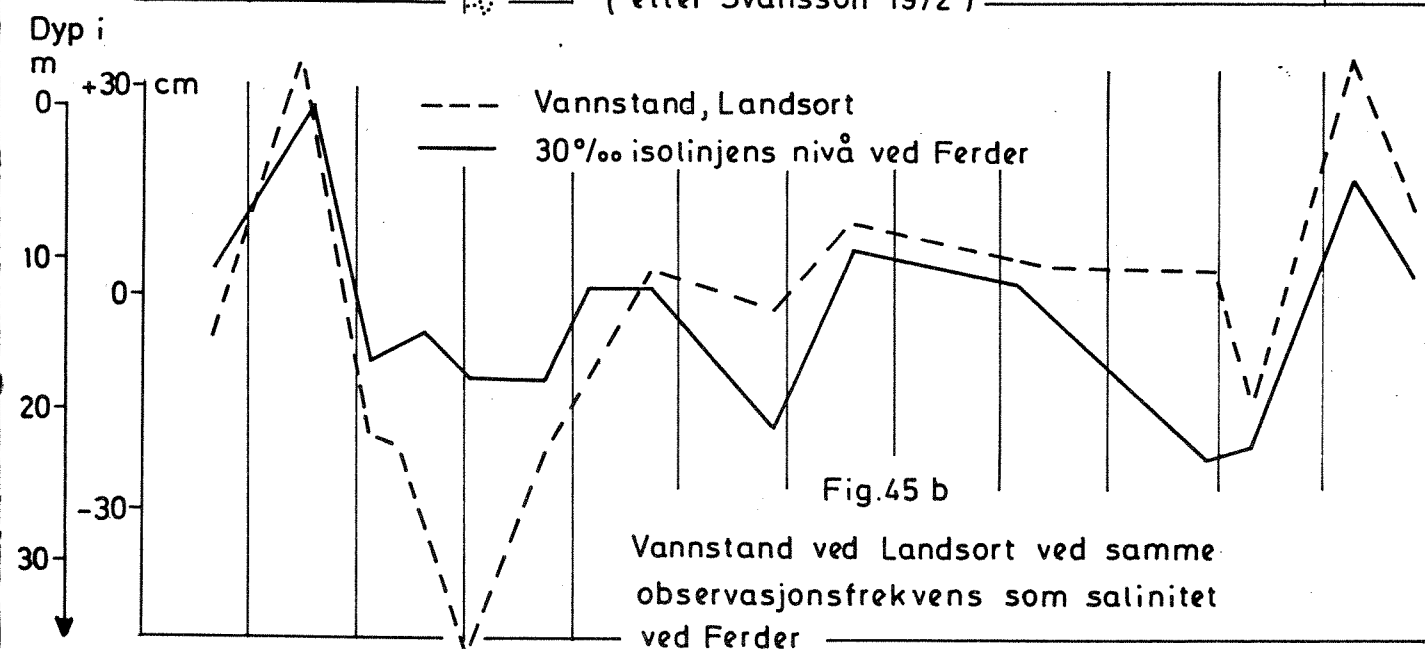
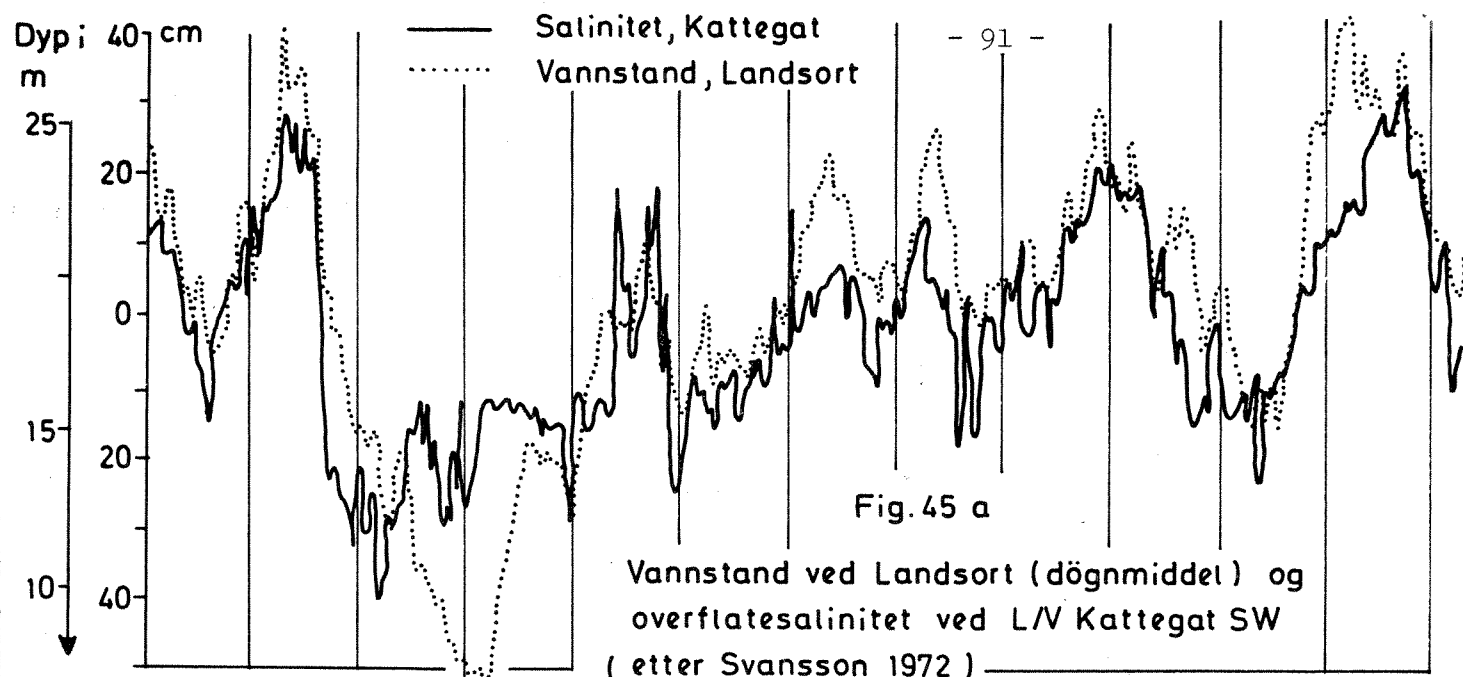
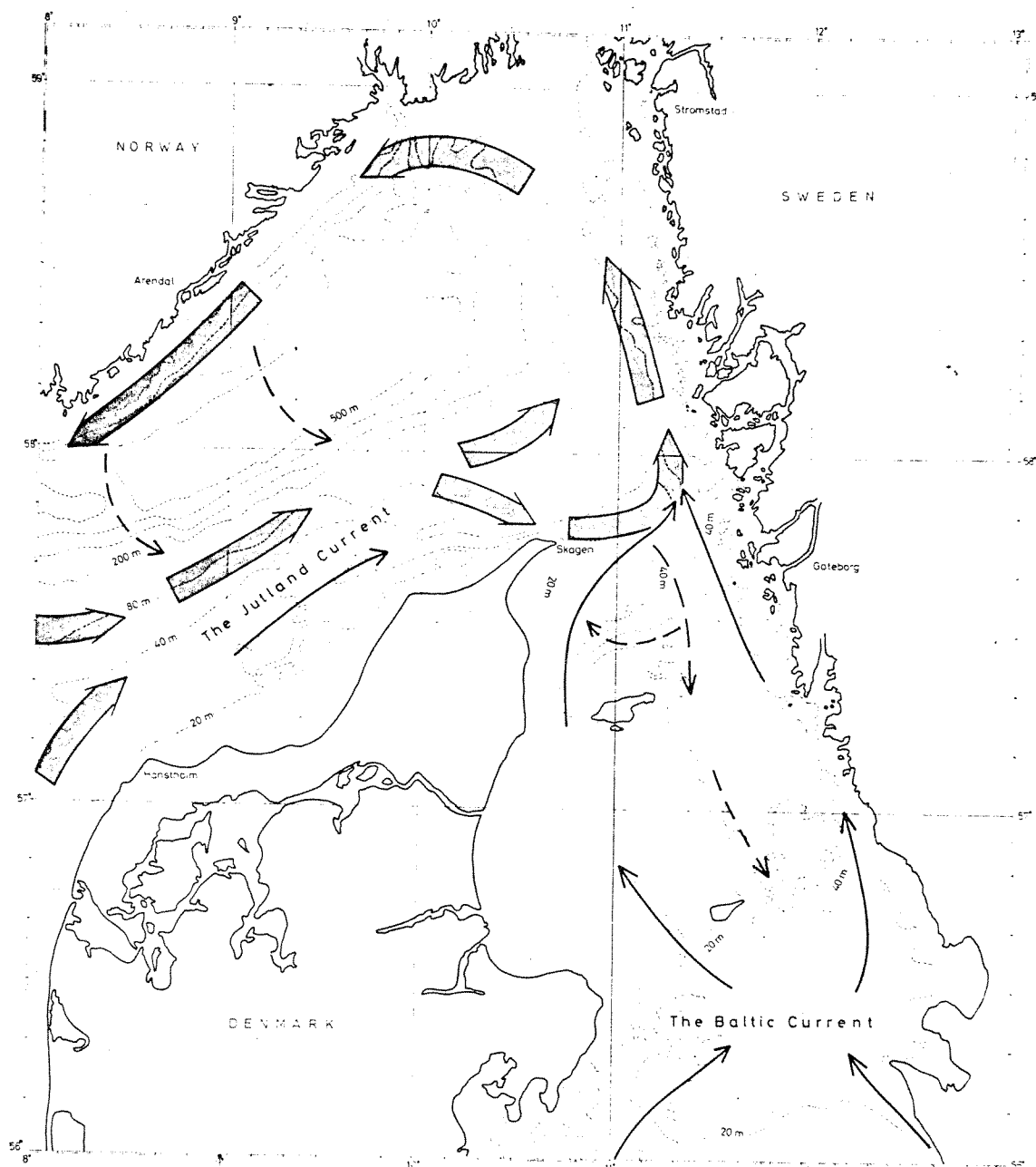


Fig. 44 c. Vannføring i Drammenselva (9 års glidende middel)





FIGUR 46 Et forenklet bilde av overflatestrømmene i Skagerrak & Kattegat (Etter Svansson 1972).

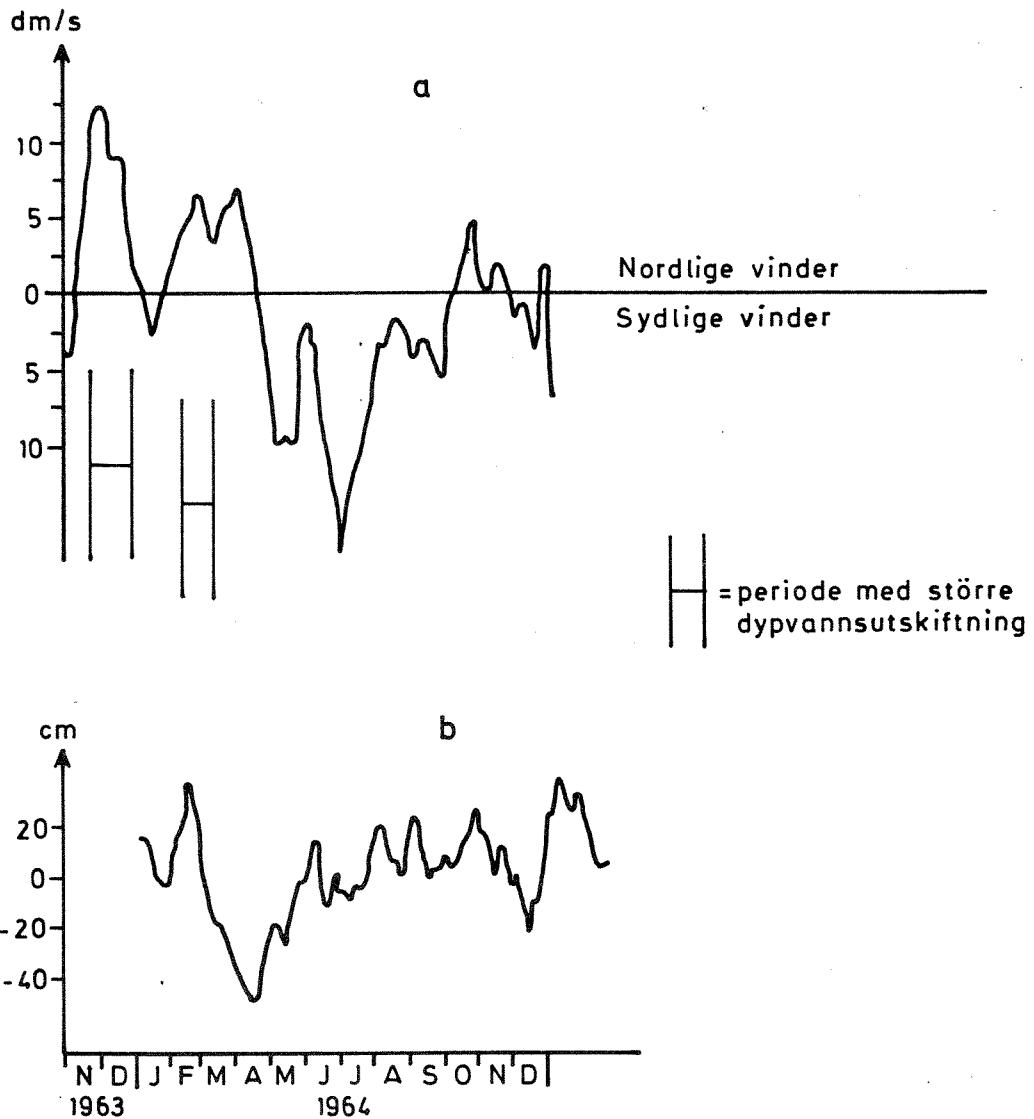
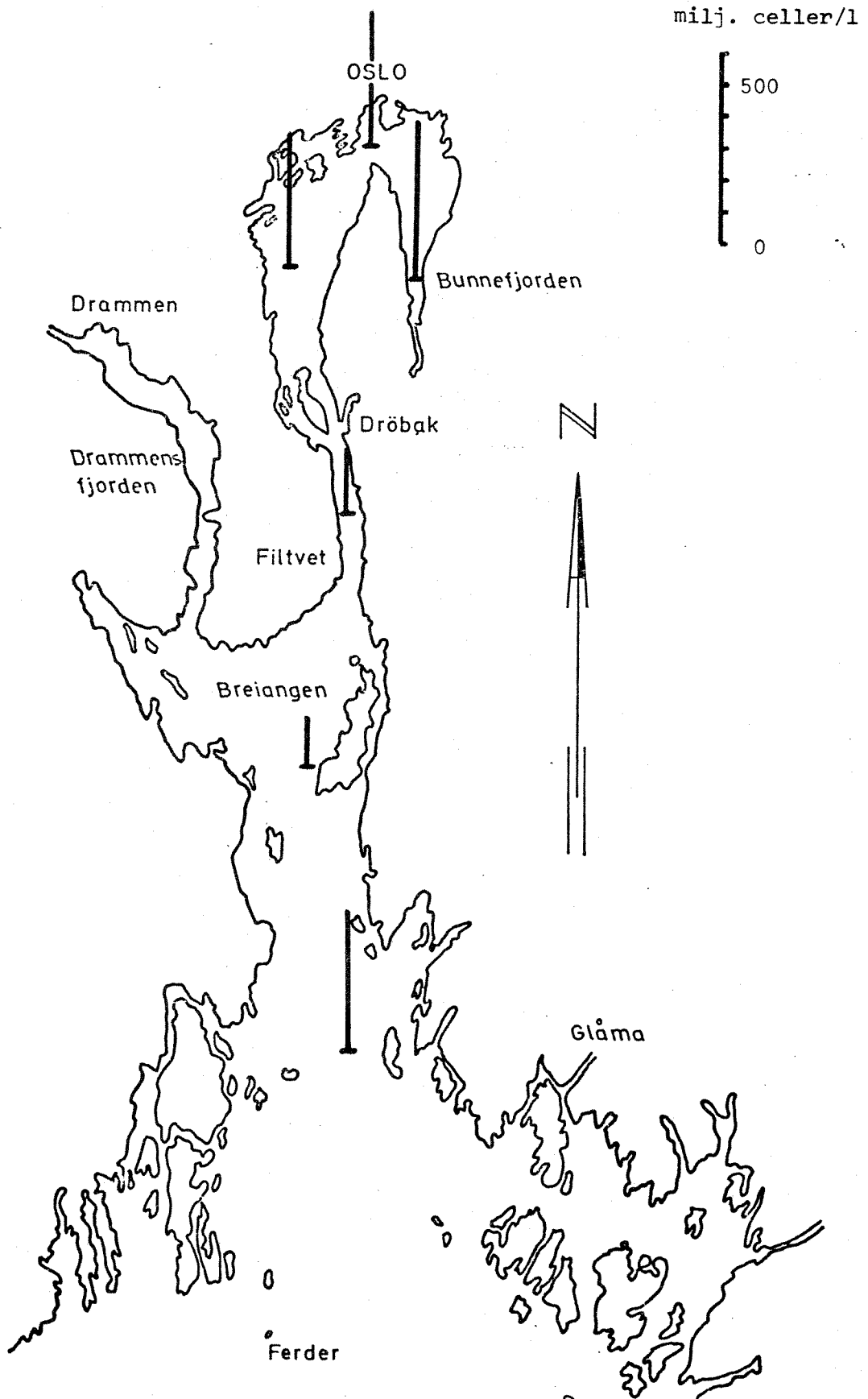


Fig.47 a) Fire ukers middelvindkomponent ved Fornebu beregnet ukentlig, samt større dypvannsutskiftingninger (etter Gade 1970)

b) Vannstandsvariasjoner ved Landsort i Östersjön (etter Svansson 1972)

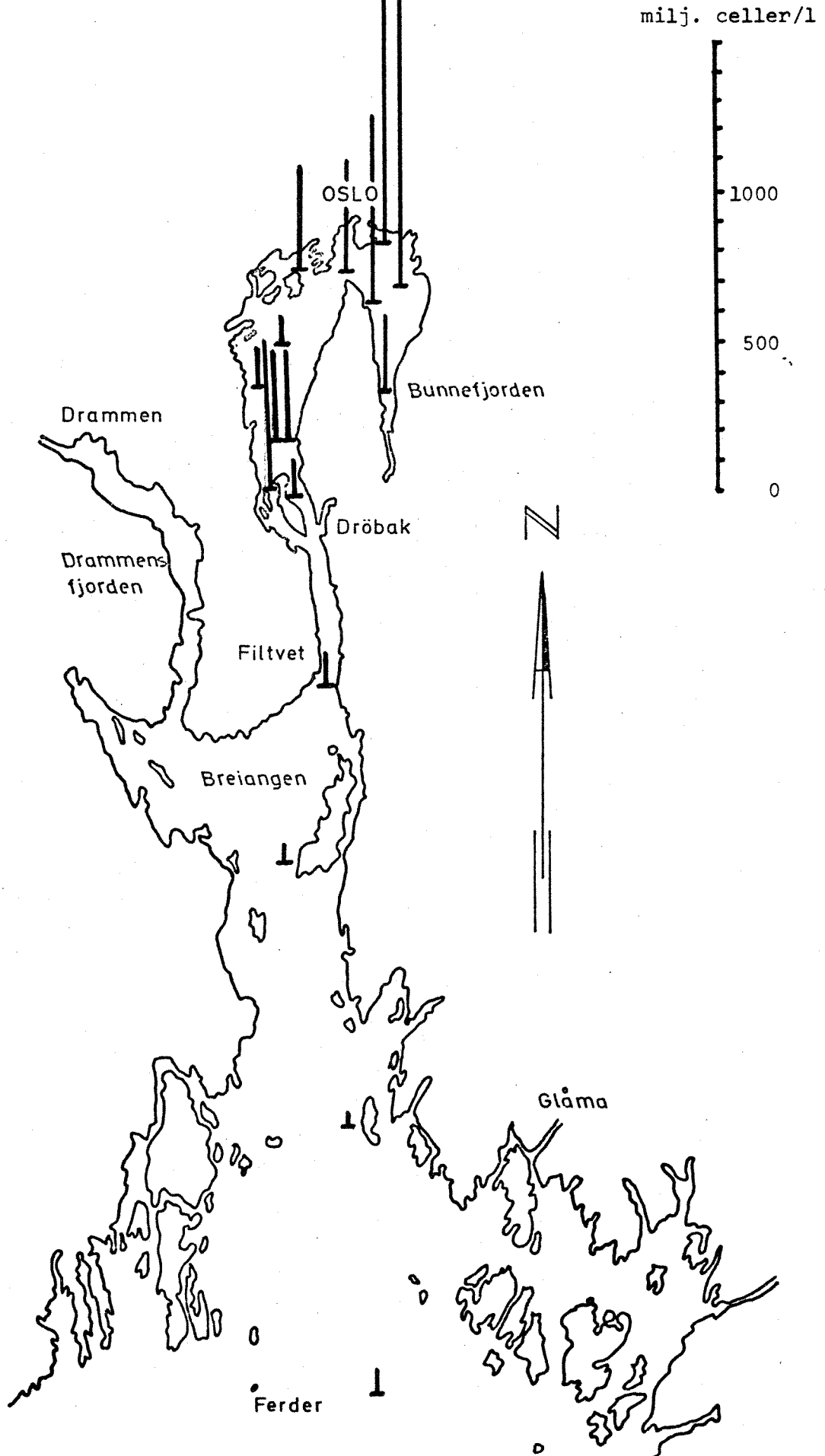
VEKSTPOTENSIAL I OVERFLATEVANNET

TOKT 1. JANUAR 1973



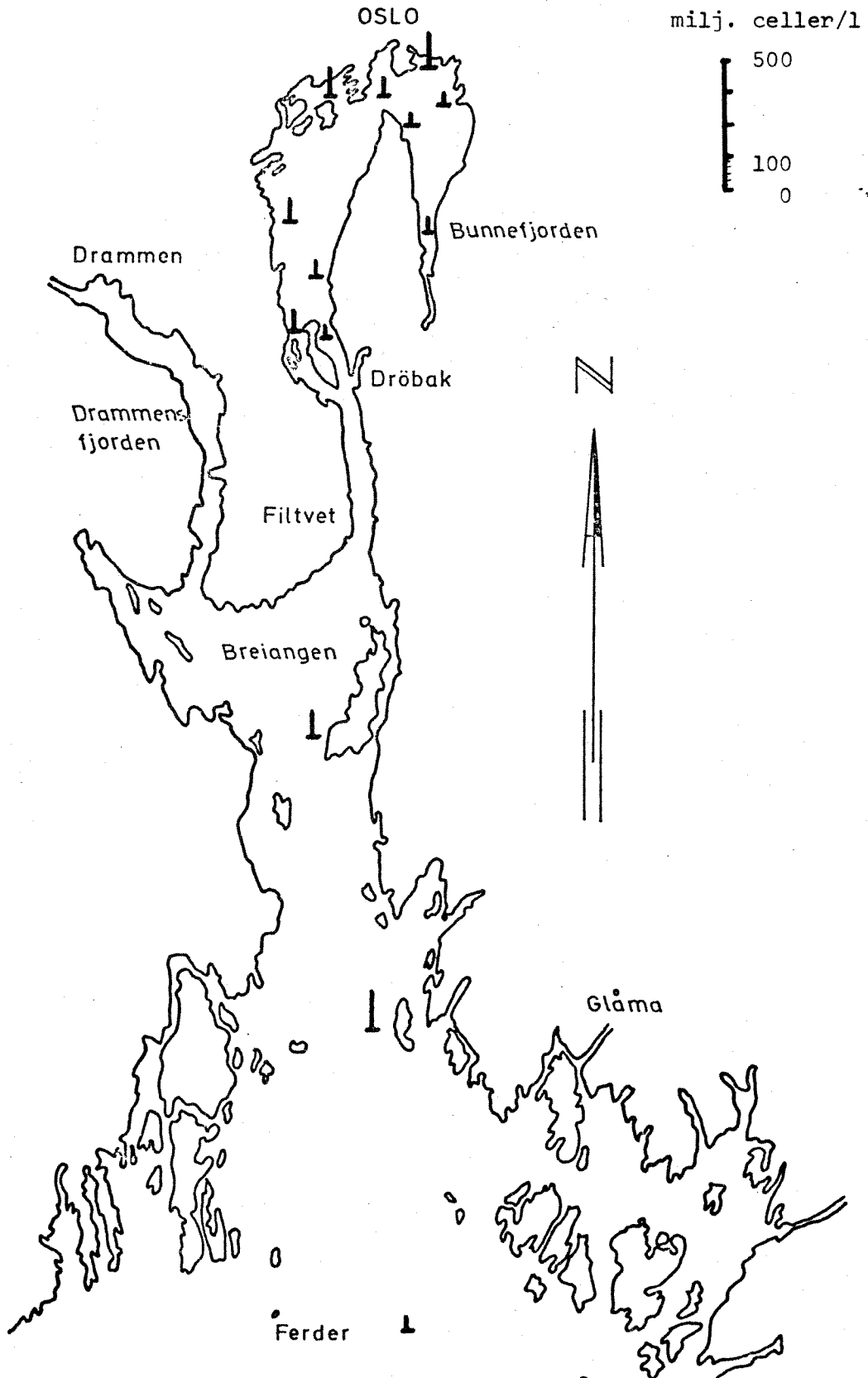
VEKSTPOTENSIAL I OVERFLATEVANNET

TOKT 2. MAI 1973



VEKSTPOTENSIAL I OVERFLATEVANNET

TOKT 3. JULI 1973



VEKSTPOTENSIAL I OVERFLATEVANNET

TOKT 4. OKTOBER 1973

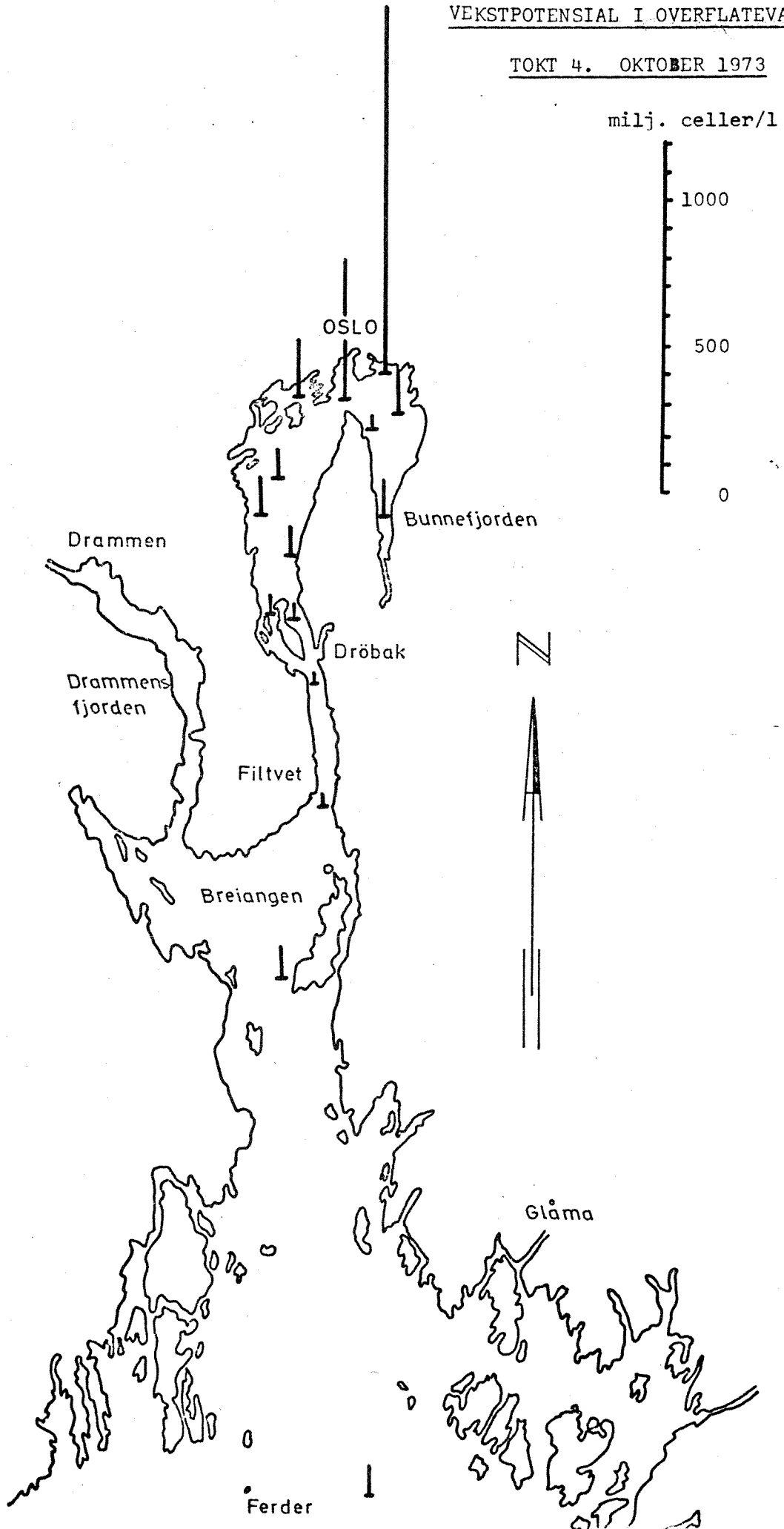


Fig.52 Middelværdier for vekstpotensial i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden

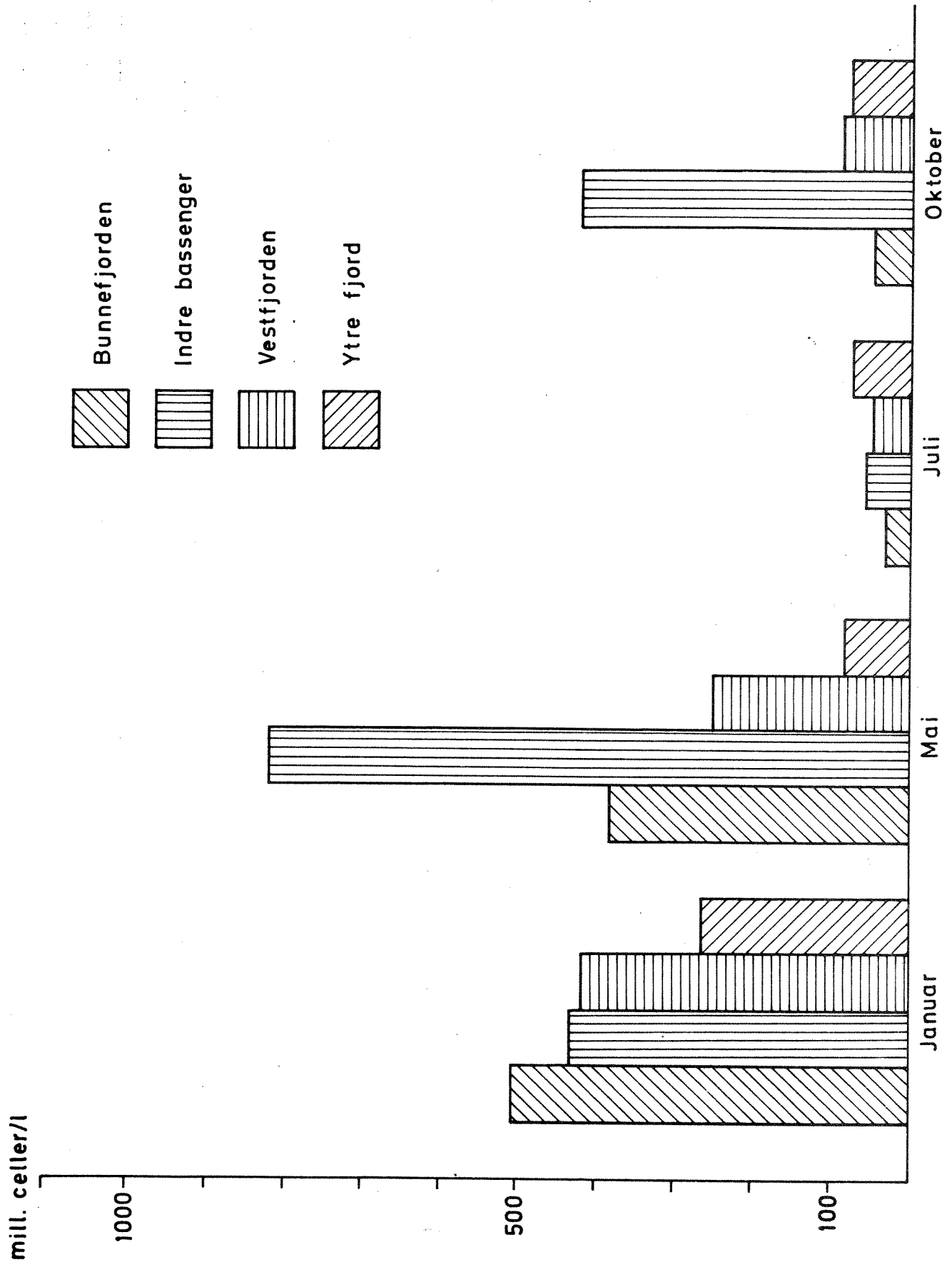


Fig.53 Middelverdier for vekstpotensial/fosfat i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden

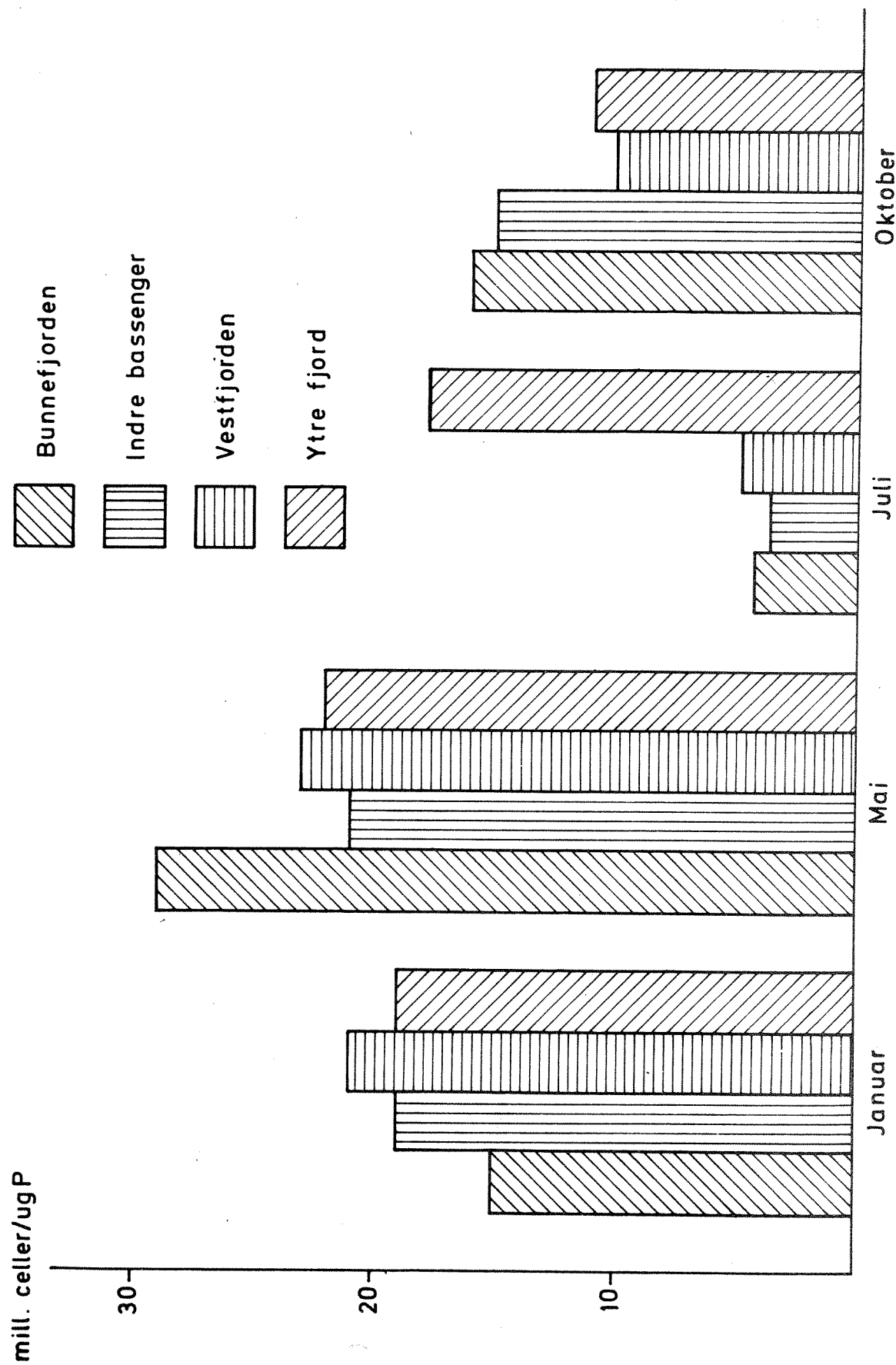


Fig.54 Middelverdier for klorofyll i overflatevann fra forskjellige deler av Oslofjorden

