

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-71160
Undernummer: (35)
Løpenummer: 1424
Begrenset distribusjon: Fri

Rapportens tittel: OVERVAKING AV FORURENSNINGSSITUASJONEN I INDRE OSLOFJORD 1981 (Overvåkningsrapport 46/82)	Dato: 13. 10. 1982
	Prosjektnummer: 0-71160
Forfatter(e): Torsten Källqvist Jan Magnusson Are Pedersen <i>Karl Tangen, Universitet i Oslo</i>	Faggruppe: Hydroøkologisk div.
	Geografisk område: Østlandet
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Fagrådet for kloakksamarbeid i Indre Oslofjord Statens forurensningstilsyn (delfinansiering)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

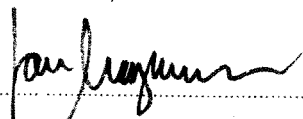
Ekstrakt:

Overvåkingsprogrammet for oppfølging av forurensningsutviklingen i Indre Oslofjord 1981 beskriver fjordens hydrografi (vannutskiftning, oksygenutvikling), algevekst i overflatelag og fastsittende alger. Vannutskiftningen hadde middels omfang, men uten å berøre Bunnefjordens dypvann vesentlig. Dypvannets oksygeninnhold har økt sett over de fire siste år, og den negative utviklingen synes å ha stoppet opp. Overflatevannkvaliteten var preget av høyere klorofyllinnhold sommeren 1981 sammenlignet med 1980, mens siktedypet var omtrent normalt. Det ble registrert store mengder potensielt giftige alger på sensommeren og høsten 81. Tilsetning av næringssaltene nitrogen og fosfor til overflatevann fra 7 stasjoner - i hovedsak sommerhalvåret - viste at i nær 90% av tilfellene (av totalt 94 prøver) var algevekstpotensialet bestemt av fosfor alene eller i kombinasjon med nitrogen (ca. 20%). Nedre voksegrense for fastsittende alger hadde økt siden 1974 på en stasjon i Vestfjorden.

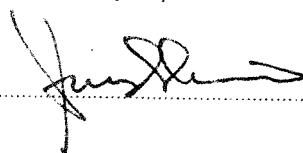
Statlig program
1. Overvåkningsrapport 46/82
2. Hydrografi
3. Marinbiologi
4. Oslofjord
Årsrapport 1981

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Hydrography
3. Marin Biology
4. Oslofjord

Prosjektleder:




Ass. Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0541-1



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-71160

Overvåking av forurensningssituasjonen

i

Indre Oslofjord 1981

Rapporten avsluttet 10.10.1982

Prosjektleder : J. Magnusson

Medarbeidere : T. Källqvist

A. Pedersen

K. Tangen, UiO

For administrasjonen

Lars N. Overrein

FORORD

På oppdrag av Fagrådet for kloakksamarbeide i Indre Oslofjord utfører Norsk institutt for vannforskning overvåkingsundersøkelser i Oslofjorden. Også Statens forurensningsningstilsyn bidrar økonomisk til undersøkelsen som et ledd i det statlige program for forurensningsovervåking. Overvåkingen ble startet i 1973 etter anmodning fra Oslofjordkontoret (kontor for interkommunalt kloakksamarbeid i Indre Oslofjord) likesom Fagrådet i dag, koordinerings- og samarbeidsorgan for kommunene omkring Indre Oslofjord. Fagrådet ble konstitutert etter nedleggelsen av Oslofjordkontoret i 1977, og en av oppgavene er å forestå undersøkelser og overvåking av fjorden. Den faglige styring av overvåkingsundersøkelsene er delegert til styringsgruppe (I) for overvåkingsundersøkelser i Indre Oslofjord, opprettet den 30.5.1978. Medlemmer i denne styringsgruppe er i dag:

Oslo vann- og kloakkvesen	P. Hallberg (formann)
Institutt for marinbiologi og limnologi	T. Andersen
Bærum vann- og kloakkvesen	H.K. Hoff
Vestfjordens Avløpselskap	P. Sagberg
Statens forurensningstilsyn	T. Johannessen

Fagrådet har også utnevnt en styringsgruppe (II) for å arbeide med kartlegging av tilførsler til Indre Oslofjord.

I 1980 startet Vestfjordens Avløpselskap en forundersøkelse til det planlagte utslippet fra Sentralrenseanlegg Vest. Arbeidet utføres i det vesentlige av Institutt for marinbiologi avd. marin zoologi ved Oslo Universitet, dessuten bl.a. med Kommuneveterinæren i Asker, Byveterinæren i Oslo og NIVA.

Resultater fra overvåkingsprogrammet blir rapportert for hvert år i årsrapport. Denne rapport er nummer åtte i dette prosjekt og omfatter året 1981.

Vi vil takke Oslo Universitet, Institutt for marinbiologi og limnologi for lån av forskningsfartøyet Apollo Øst, og spesielt skipper Einar Martinsen for god innsats.

Cand. real. Karl Tangen ved Institutt for marin biologi og limnologi avd. marin botanikk har stått for rapportering av kap. 3.2.2 giftige planteplankton. Cand. mag. Gunnar Eriksson ved avd. marin botanikk har bearbeidet planktonmaterialet og deltatt i feltarbeid. Cand. real. Sigrid Grimnes deltok i feltarbeid for undersøkelse av de fastsittende algers nedre grense. Følgende personer har deltatt i planlegging og gjennomføring av arbeidet.

Torsten Källqvist (overflatevannets kvalitet m.m)
Jan Magnusson (hydrografi, prosjektledelse)
Norman Green (feltarbeid og databearbeidelse)
Frank Kjellberg (feltarbeid, databearbeidelse)
Are Pedersen (fastsittende alger)
Einar I. Andersen (skipper på NIVA's forskningsfartøy
"H.H. Gran").

Oslo, 10. oktober 1982

Jan Magnusson

INNHOOLD

	Side:
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	11
2. INNLEDNING	16
3. GJENNOMFØRING OG RESULTATER	22
3.1 Hydrografi	22
3.1.1 Stasjoner, parametre og metoder	22
3.1.2 Generelle meteorologiske og hydrologiske forhold i 1981	22
3.1.3 Vannutskiftninger 1981	27
3.1.4 Oksygenforhold i 1981 sammenlignet med tidligere observasjoner	40
3.1.5 Hydrokjemiske observasjoner	48
3.1.6 Drøbaksundet - oksygenforhold	52
3.2 Overflatevannets kvalitet	52
3.2.1 Siktedyp, klorofyll og planteplankton	52
3.2.2 Giftige planktonalger	59
3.2.3 Næringssalter og vekstpotensial	61
3.2.4 Vertikalutbredelse av fastsittende alger.	67
REFERANSER	87

TABELLER

	Side:
Tabell 1. Tokter i Oslofjorden 1981.	23
Tabell 2. Beregnet dypvannsutskiftning 1973-81 samt prosentvis fornyelse av volumet under 20 meters dyp i Indre Oslofjord.	39
Tabell 3. Antall potensielle utskiftninger av overflatelaget (0-10 m) i Indre Oslofjord beregnet etter nordlige vinder i 1981.	39
Tabell 4. Potensiell vannutskiftning i overflatelaget (0-10 m) 1977-81.	40
Tabell 5. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i Drøbaksundet (KN1, Elle lykt) i august fra forskjellige perioder i tidsrommet 1945-81. (Data fra Dannevig 1945, Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA).	53
Tabell 6. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i Drøbaksundet (KN1, Elle lykt) i oktober fra forskjellige perioder i tidsrommet 1933-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA).	53
Tabell 7. Gjennomsnittsverdier for klorofyll og siktedyp fra 20. juni til 1. september 1981 sammenlignet med foregående år. Gjennomsnittene er beregnet ved å ta gjennomsnittet av to tokt etter hverandre og multiplisere med antall dager mellom toktene, legge sammen disse tallene og dividere med antall dager i perioden.	58
Tabell 8. Maksimumskonsentrasjoner av <u>Prorocentrum minimum</u> i overflatprøvene fra Indre Oslofjord 1981.	60
Tabell 9. Begrensende næringsstoff fra celleutbytte ved vekstpotensialmålinger med <u>Phaeodactylum tricornutum</u> i vannprøver fra Indre Oslofjord.	67

FIGURER

Side:

Fig. 1. Stasjonsnett 1981	17
Fig. 2. Fosfortilførsel til Indre Oslofjord 1920-1980 (Fra Bergstøl, Feldborg og Olsen, 1981)	19
Fig. 3. Solenergi, nedbør og temperatur (data fra Meteorologisk Institutt) samt vannføring i Drammenselva, Lysakerelva og Sandvikselva (Data fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen) i 1981	24
Fig. 4. Vindmengde i 1981 og perioden 1931-60. (Vindmengde = % observasjoner i hver sektor (30°) x vindens middelhastighet (m/s) = radien for hver sektor) (Data fra Meteorologisk institutt)	25
Fig 5. Vindens nord/sydkomponent (m^2/s^2) i 1981 samt middel- strømmens hovedretning på 18 meters dyp i Drøbakssundet	26
Fig. 6. Temperaturvariasjonen ($^{\circ}C$) i Vestfjorden (DK1) 1981	28
Fig. 7. Saltholdighetsvariasjonen ($^{\circ}/\infty$) Vestfjorden (DK1) 1981	28
Fig. 8. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) 1981	29
Fig. 9. Totalfosforvariasjonen (ug/l) i Vestfjorden (DK1) 1981	29
Fig. 10. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Lysakerfjorden (BN1) 1981	30
Fig. 11. Temperaturvariasjonen ($^{\circ}C$) i Bunnefjorden (EP1) 1981	31
Fig 12. Saltholdighetsvariasjonen ($^{\circ}C$) i Bunnefjorden (EP1) 1981	32
Fig 13. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) 1981	33
Fig. 14. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (KN1) 1981	34

Fig. 15.	Totalfosforvariasjonen (ug/l) i Drøbaksundet (KN1) 1981	35
Fig. 16.	Saltholdighetsvariasjonen (‰) i Bunnefjorden (EP1) og Vestfjorden (DK1) mai-september 1981	38
Fig. 17.	Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) for mai, august og oktober i Bunnefjorden 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80	42
Fig. 18.	Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) oktober måned 1933, 1936-39, 1945-67 og 1973-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske stasjon i Flødevigen og NIVA).	43
Fig. 19.	Oksygenkonsentrasjonen på 50, 75-80 og 120-125 meters dyp i oktober måned i Bunnefjorden (EP1) middelet over forskjellige tidsperioder. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA).	44
Fig. 20.	Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (DK1) i mai, august og oktober 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80.	45
Fig. 21.	Oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) i oktober måned 1933, 1936-39, 1945-51, 1953-67 og 1975-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA).	46
Fig. 22.	Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (DK1) i mai og oktober måned beregnet for 5 perioder i tidsrommet 1933-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA).	47
Fig. 23.	Totalfosforkonsentrasjonen (ug/l) i Vestfjorden (DK1) i mai, august og oktober 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80	49

- Fig. 24. Variasjonen av totalnitrogen, nitrat og og nitritt, totalfosfor, ortofosfat ($\mu\text{g/l}$) og forholdet totalnitrogen/totalfosfor (mol/mol), samt oksygeninnholdet (ml/l) i Vestfjorden (DK1) på 80 meters dyp 1973-81. 50
- Fig. 25. Ortofosfatvariasjonen ($\mu\text{g/l}$) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (Stasjon DK1 og FL1) i tidsrommet 1933-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Føyn 1962 og NIVA). 51
- Fig. 26. Klorofyll a og siktedyp på stasjon DK1 (Vestfjorden). Klorofylltoppen i oktober skyldes oppblomstring av dino-flagellaten *Gyrodinium aureolum*. 54
- Fig. 27. Klorofyll a og siktedyp på stasjon BN1 (Lysakerfjorden). Vannutskiftning i slutten av juni førte til forbigående stort siktedyp og lavt klorofyllinnhold. 54
- Fig. 28. Klorofyll a og siktedyp på stasjon AP2 (Havnebassenget). Klorofyllinnholdet var høyere enn normalt i sommerperioden. 55
- Fig. 29. Klorofyll a og siktedyp på stasjon EP1 (Bunnefjorden). Den ekstremt høye verdien i oktober skyldes oppblomstring av *Gyrodinium aureolum*. 55
- Fig. 30. Horisontalutbredelsen av klorofyll a i overflatevannet gjennom året i et lengdesnitt av fjorden fra Vestfjorden til Bunnefjorden. Klorofyllverdiene er som regel høyest i den nordligste delen av fjorden, men oppblomstringen av dinoflagellater i oktober hadde størst omfang i Vestfjorden og Bunnefjorden. 56
- Fig. 31. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon DK1. 62
- Fig. 32. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon BL4. 62

	Side:
Fig. 33. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon BN1.	63
Fig. 34. Total fosfor (P) og nitrogen (N) i Frognerkilen. Meget høyere verdier gjennom hele året tyder på sterk forurensningsbelastning.	63
Fig. 35. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon AP2.	64
Fig. 36. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon CQ1. Variasjonsmønsteret er likt for de begge parametrene.	64
Fig. 37. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon EP1. Konsentrasjonsmaksima i oktober sammenfaller med oppblomstringen av <i>Gyrodinium aureolum</i> .	65
Fig. 38. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon DK1. Etter våroppblomstringen er verdiene lave bortsett fra en episode i august som trolig skyldes innblanding av næringsrikt dypvann.	68
Fig. 39. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon BL4.	69
Fig. 40. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon BN1.	69
Fig. 41. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) i Frognerkilen. Verdiene er meget høye om høsten og vinteren, men det forholdsvis høye næringsinnholdet om sommeren viser at det er overskudd av næring til tross for en høy algebiomasse.	70
Fig. 42. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon AP2. Næringsinnholdet er meget høyt høst og vinter, men relativt lavt om sommeren.	71

Fig. 43.	Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon CQ1.	72
Fig. 44.	Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon EP1.	73
Fig. 45.	Algevekstpotensial som funksjon av fosfatkonsentrasjon for samtlige målinger i 1981. Den høye korrelasjonskoeffisienten ($r=0.947$) viser et sterkt samband mellom de to parametrene.	74
Fig. 46.	Stasjonskart for undersøkelse av nedre voksegrense for fastsittende alger på 7 stasjoner i Indre Oslofjord den 29-30.9.81.	75
Fig. 47.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Steilene.	80
Fig. 48.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Borøya.	81
Fig. 49.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Fornebu.	82
Fig. 50.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Ormøya.	83
Fig. 51.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Hovedøya.	84
Fig. 52.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Nakkholmen.	85
Fig. 53.	Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer. Svartskog.	86

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I overvåkingsprogrammet for indre Oslofjord er det i 1981 samlet inn hydrografiske data fra 8 stasjoner (fig. 1) på 4 tokt i februar, mai, august og oktober, samt ved kompletterende tokt til to av stasjonene (DK1, EP1) i januar, mars, april, juni, juli, september, november og desember. På hvert tokt ble siktedyp og vannets temperatur og saltholdighet observert samt vann analysert på total fosfor, ortofosfat og oksygen. På de fire hovedtoktene ble analyseprogrammet utvidet med total nitrogen, nitritt og nitrat samt ammonium (ufiltrerte prøver).

I perioden mai-september ble det innsamlet overflateprøver (0-2 m) omtrent hver uke fra 7 stasjoner for å bestemme vannets innhold av klorofyll a og planteplankton. På samtlige stasjoner ble også siktedypet observert. På et utvalg av stasjonene ble det gjort forsøk med vekstbegrensende plantenæringsstoff (vekstpotensialforsøk).

Den vertikale utbredelsen av fastsittende alger ble undersøkt på 7 stasjoner.

1. Dypvannsutskiftningen startet i desember 80 og fortsatte i ytterligere to perioder (mars og april/mai). Totalt ble ca. $3.200 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann utskiftet hvilket er omtrent "middels" sammenlignet med tidligere år. I Bunnefjorden berørte utskiftningen bare vannmasser på nivåer mindre enn 100 meters dyp og var der ikke særlig effektiv.
2. I mai og august var oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjordens dypvann lavere enn middel for perioden 1973-80, men i oktober omtrent som gjennomsnittet. I september ble det registrert hydrogensulfid på 150 meters dyp.
3. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann har vært bedre enn middelvei for perioden 1973-80 for mai, august og oktober måned, dvs. at dypvannet synes å ha vært mindre belastet med organisk stoff i 1981.

4. En sammenligning av de siste fire års oksygenobservasjoner i mai og oktober måned i Vestfjordens dypvann (75-80 meters dyp) med tidligere perioder tilbake til 1930-tallet viser at den negative utviklingen frem til midten av 70-tallet har stoppet opp. Denne endring sammenfaller med minkende forurensningstilførsler. Fortsatt er oksygennivået lavt sammenlignet med 1930-tallet, men nærmer seg allikevel de midlere konsentrasjonsnivåer for 1960-tallet. I Bunnefjorden er denne tendens ikke like klar, men mengden og frekvensen av hydrogenulfidholdig dypvann har avtatt.
5. Totalfosfor-konsentrasjonen i Vestfjordens dypvann 1981 var mindre enn middel for perioden 1973-80. Tendensen til avtakende fosforinnhold er imidlertid ikke like stor som i 1979-80. Nitrogenkonsentrasjonen (Tot-N) viser en svak økning i observasjonsperioden 1973-81, hvilket medfører at forholdet mellom total nitrogen og total fosfor nå ligger høyere enn 1973-75. Ortofosfatkonsentrasjonen ligger fortsatt betydelig over tidligere observasjoner fra 1960-tallet.
6. Oksygenobservasjoner fra Drøbaksundet viser en klar konsentrasjonsnedgang i løpet av 1970-tallet sammenlignet med tidligere data i tidsrommet 1945-65. Fortsatt er oksygenforholdene langt fra kritiske, men utviklingen bør følges opp.
7. Utviklingen av overflatevannets kvalitet, som fremgår av planteplankton og siktedypsobservasjoner, fulgte det normale mønstret med lite plankton og godt siktedyp i januar-februar. Våroppblomstringen startet i mars med Skeletonema costatum som viktigste art av de dominerende kiselalgene. Etter en periode med mindre alger i mai økte planktonmengden i begynnelsen av juni med betydelige innslag av dinoflagellater. En utskiftning av overflatevann i slutten av juni førte til mindre plankton og bedre sikt på alle stasjoner i indre fjord. I juli-september var forholdene som normalt om sommeren med stort antall av dinoflagellater.

Høsten 1981 ble preget av en kraftig oppblomstring av dinoflagellaten Gyrodinium aureolum som kulminerte i oktober. Algen ble tilført indre fjord fra Skagerrak, hvor oppblomstringen startet tidligere og dekket

et område langs svenskekysten, Ytre Oslofjord og den norske sørkyst. Etter denne oppblomstring ble forholdene normale igjen i desember.

8. Planktonbiomassen (klorofyll a) var generelt større sommeren 1981 enn i 1980. For havnebassenget og Vestfjorden var klorofyllkonsentrasjonen også høyere enn i 1978-80. Siktedypet var mer normalt, men allikevel bedre enn i 1980. Forskjellen mellom siktedyp i 1981 og 1980 kan forklares med at en oppblomstring av algen Emiliana Huxleyi slik som i 1980, gir spesielt lavt siktedyp.
9. Tilsetning av næringssaltene nitrogen og fosfor til filtrert vann fra 7 stasjoner i Indre Oslofjorden og vekstpotensialmålinger med Phaeodactylum tricornutum viste at av totalt 94 prøver var fosfor begrensende i ca. 70%, fosfor og nitrogen i ca. 20% og nitrogen i ca. 10% av prøvene. Tilfeller med nitrogenbegrensning ble registrert i januar og juni.

En sammenligning av vekstpotensialmålinger på overflatevann og ortofosfatkonsentrasjonen (lineær regressjon) viste at celleutbyttet økte med ca. 20×10^6 celler pr. liter vann for hvert ug fosfat. Korrelasjonskoeffisienten var 0,95. For summen av nitrogenforbindelsene nitrat og ammonium var korrelasjonskoeffisienten ca. 0,59.

10. Det ble observert flere arter av giftige dinoflagellater i indre Oslofjord i 1981. Gonyaulax excavata ble funnet i perioden april-mai og i august, men i små konsentrasjoner. Større konsentrasjoner av denne art gir paralytiske giftstoffer i matskjell. I 1981 hadde Prorocentrum minimum sin hittil største oppblomstring i Nord-Europeiske farvann, og de største konsentrasjoner ble observert i Oslofjorden (over 100 millioner celler pr. liter vann). Det er ikke vist at algen gir giftige matskjell i Oslofjorden, men den er blitt forbundet med matskjellforgiftning i andre land. Oppblomstringen hadde en varighet på ca. to måneder (slutten av juli til slutten av september).

Den store høstoppløst blomstringen av Gyrodinium aureolum i Skagerrak kom til indre Oslofjord med en forsinkelse på to-tre uker i forhold til kyst- og havområdene utenfor fjorden. Likesom fra den norske sørkysten ble det rapportert omfattende dødelighet i ytre fjord blant frittlevende fisk og av brisling som sto i steng, spesielt på vestsiden. Fra østsiden ble det registrert død torsk og ål innenfor Hvaler. I Indre Oslofjord ble det rapportert fiskedød fra vestsiden av Nesodlandet der det ble funnet død laks og torsk ved Vassholmen og Ildjernet.

Prorocentrum minimum, Gyrodinium aureolum og Gonyaulax excavata er nå mer eller mindre regulære komponenter i planteplanktonet i Oslofjorden. Det er ikke kjent hvilke forhold som har ført til denne situasjonen. Det er heller ikke kjent under hvilke miljøforhold algenes giftproduksjon utløses.

11. Den vertikale utbredelse av fastsittende alger er bl.a. avhengig av overflatevannets gjennomskinnelighet (lys til fotosyntese). Andre faktorer av betydning er bunnforhold og beiteeffekter.

I 1981 var nedre voksegrense ved Steilene i Vestfjorden på 11 meters dyp mot 6 meters dyp i 1974. På Hovedøya i havnebassenget var nedre voksegrense 1981 ca. 6 meters dyp mot 3-4 meters dyp på 1960-tallet. Imidlertid ble registreringene på 60-tallet gjort med skrape og dette gir ikke samme sikre bestemmelse av nedre grense for vekst som dykking. Økningen av nedre voksegrense ved Steilene fra 1974-81 er derimot observert med samme metode (dykking). Fordi også andre forhold enn lys spiller inn bør forholdet følges i flere år før det trekkes bestemte konklusjoner, men resultatet fra Steilene 1981 skulle kunne være et tegn på en forbedring av bl.a. sikten i overflatelaget.

12. Siden midten av 1970-tallet har observasjoner i indre Oslofjord generelt vist at vannkvaliteten ikke lengre blir dårligere; snarere er det tegn til en liten forbedring. Økt nedre grense for fastsittende alger ved Steilene kan muligens tyde på det samme. 1981 var imidlertid planktonbiomassen større enn i 1980. På tross av dette var siktedypet nærmest normalt sammenlignet med de tre foregående år, og den

tidlige dypvannsutskiftningen høsten 81 kan ha forhindret en større negativ effekt på fjordens oksygenforhold.

Det er betenkelig at giftige alger har forekommet hyppig i Indre Oslofjord i den senere tid. Hvis dette blir normalt for fjorden, må det betraktes som en negativ utvikling, på tross av at algenes oppblomstring har startet utenfor selve Oslofjorden.

2. INNLEDNING

Overvåkingsprogrammets oppgave er å følge den effekt som næringsalter og organisk stoff har på Indre Oslofjord. Med Indre Oslofjord menes Oslofjorden innenfor Drøbak, men overvåkingsprogrammet omfatter også Drøbaksundet nord for Filtvedt. (Figur 1).

Formålet med overvåkingen av Oslofjorden er i korthet å:

- følge utvikling og tilstand i fjorden over tid
- gi løpende informasjon om forurensningssituasjonen
- utvide kjennskap til prosesser i fjorden ved sammenligninger av observasjoner i nåtid og fortid
- vurdere effekten av rensetiltak og det eventuelle behovet for ytterligere reduksjon av tilførsler

Bruk av fjorden som resipient for kloakkvann har i lange tider vært i konflikt med andre bruksinteresser, spesielt rekreasjon og fiske. I senere tid har det også blitt aktuelt å bruke fjorden i samband med energiproduksjon (planer for kjernekraftverk, varmepumper m.m.), havnebygging, kommunikasjon og akvakultur. Den kommunale planleggingen for å forbedre fjordmiljøet er nesten helt basert på de tradisjonelle brukerinteressene - friluftsliv og fiske. Effekten av de planlagte og delvis iverksatte rensetiltakene risikerer iblant å svekkes når andre planer forandrer forutsetningene. Slike konflikter har vært vurdert i løpet av 1970-årene spesielt i samband med lokalisering av kjernekraftverk i Sør-Norge og utgraving av Drøbaksjeteen for sikrere fartøystrafikk gjennom Drøbaksundet.

Dessuten spiller fjorden en ikke uvesentlig rolle ut fra et naturhistorisk og forskningsmessig perspektiv. Generelle naturverninteresser er også av betydning.

Forurensningstilførsler.

Den helt dominerende forurensningstilførselen kommer fra kommunalt og industrielt avløpsvann, fremfor alt fra Oslo og Bærum kommuner. I Vestfjorden kommer dessuten en del industriutslipp som eksempelvis fra Slemmestad og

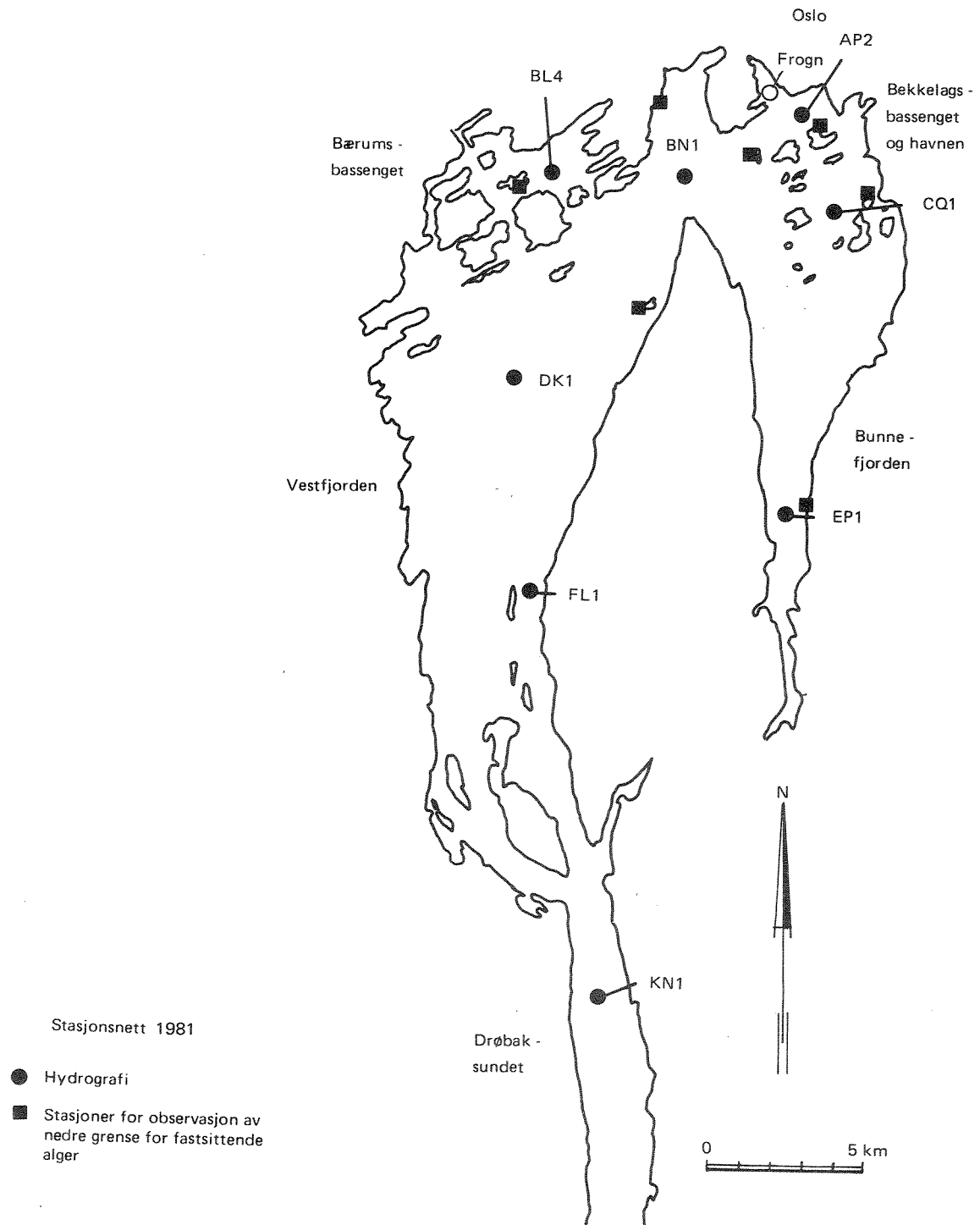


Fig. 1. Stasjonsnett 1981

Hurum (Dyno A/S). Siden begynnelsen av århundreskiftet har fjordens tilstand blitt forverret spesielt ved økt tilførsel av næringsalter og organisk stoff (eutrofieringseffekter), men det har også vært konstatert høye konsentrasjoner av visse miljøgifter i nærområdene til de store kloakkutslippene i bl.a. Oslo Havnebasseng.

Beregninger av tilførsler av organisk stoff og næringsalter til fjorden blir gjort i et eget prosjekt. Arbeidet styres - liksom overvåkingsprogrammet - av Fagrådet for kloakksamarbeid i Indre Oslofjord. I 1980 ble fjorden tilført ca. 480 tonn fosfor, 3.800 tonn nitrogen, og den hadde et kjemisk oksygenforbruk (KOF) på 42.000 tonn (NIVA 1981). En spesialstudie av fosfortilførslenes variasjon fra 1920-80 ble utført av en gruppe studenter ved Industriseminaret ved Oslo Universitet (P.O. Bergstøl, D. Feldborg og J.G. Olsen, utgitt som NIVA-rapport i 1981). Arbeidet består av teoretiske beregninger, men det ble ikke utført noen analyse av datamaterialets nøyaktighet. Allikevel er hovedtendensen i utviklingen trolig korrekt. Figur 2 viser at den største økningen har skjedd mellom 1950 og 1970. 1980 har fosfortilførselen blitt redusert (bygging av renseanlegg m.m.) og beregningene skiller seg med ca. 30 tonn i 1980 (510 tonn P) fra NIVA's egne beregninger (480 tonn P).

Mengden tungmetaller og andre miljøgifter som blir tilført fjorden er dessverre ikke kjent.

Effekter av forurensningstilførselen.

Overvåkingsprogrammet konsentrerer seg om eutrofieringseffektene i fjorden. Fjordens svar på den økte næringsalttilførselen har vært en økt produksjon av planteplankton. Gjennomsnittligheten i vannet minker (dårlig siktedyp) og den organiske belastningen på fjordens dypere vannmasser blir stor når dødt planteplankton synke ut av fotosyntesesonen. Planktonet blir nedbrutt under oksygenforbrukende prosesser og det livsviktige oksygenet i fjordens dypvann kan til tider bli så lavt at det får følger for livsprosessene til fjordens dyr. Til visse tider og steder blir alt oksygen brukt opp og det dannes hydrogensulfid (råttent vann) - en dødelig gift for nesten alt marint liv. I Bærums- og Bekkelagsbassenget dannes hydrogen- sulfid hvert år og noen år også i Bunnefjorden og Lysakerfjorden. I Vestfjorden blir det hver høst lavt oksygeninnhold, men foreløpig har det ikke blitt dannet hydrogensulfid med unntak fra sedimentet i enkelte dyphull. Helt avgjørende

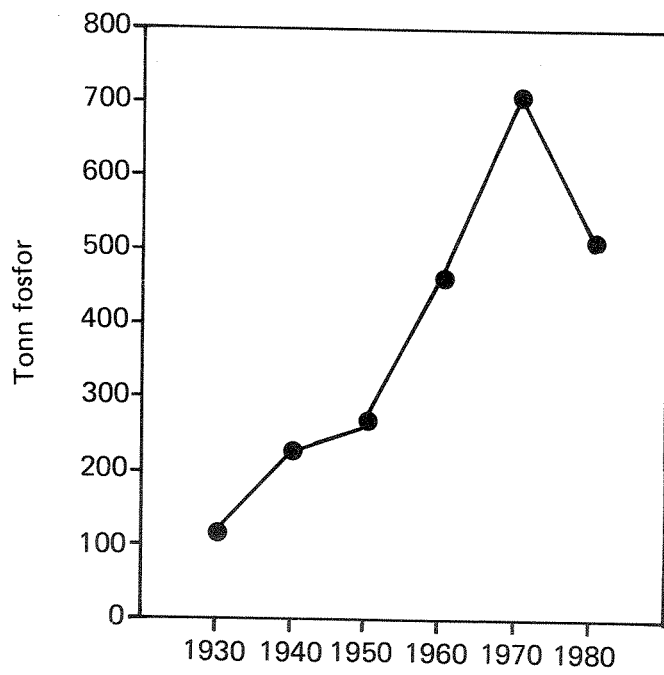


Fig. 2. Fosfortilførsel til Indre Oslofjord 1920-1980
(Fra Bergstøl, Feldborg og Olsen, 1981)

for oksygenforholdene er omfanget av årlige dypvannsutskiftninger som tilfører fjorden oksygenrikt vann fra ytre fjord. Utskiftningen er mest effektiv i Vestfjorden og dårligere i Lysakerfjorden og Bunnefjorden - den sistnevnte har en større utskiftning bare hvert tredje år. Planteplanktonet i overflatelaget produserer også oksygen, men tilførselen herfra til de dypere vannlag er begrenset som følge av at vannets stabilitet begrenser utskiftningen mellom overflatelag og mellomlag/dyplag.

Overgjødningen begunstiger arter som har evne til å dra nytte av det forandrede miljøet.

I overflatelaget langs strendene er det hurtigvoksende grønnalger som trives godt i næringsrikt vann og konkuransenforholdet mellom de fastsittende algene har blitt forandret (NIVA, 1976). Videre er det observert færre arter av zooplankton og store bunnområder uten liv (Beyer, 1967).

Utenfor Slemmestad har støvutslipp fra sementfabrikken gitt en forringelse av fjordbunnen, og det er blitt registrert nedsatt pH og høye nitrogenkonsentrasjoner i sjøvann utenfor utslippet til Dyno A/S i Hurum samtidig med lav diversitet og små populasjoner hos floraen.

Gjennomføring

I overvåkingsprogrammet har det innenfor den økonomiske ramme som er gitt vært umulig å følge alle effekter av fjordens økende eutrofiering. I stedet har noen av de enkleste og viktigste variable blitt valgt spesielt med hensyn til tidligere observasjoner. De lange observasjonsseriene av fjordens oksygenforhold er fulgt opp slik som de noe kortere seriene av næringsalter. I 1981 ble det utført 12 hydrografiske tokter i fjorden for oppfølging av vannutskiftning, oksygenforhold og fosforinnhold. På fire av toktene ble det også analysert på nitrogenforbindelser. I tidsrommet juni til september ble det tatt ukentlige prøver av overflatevann til analyse av planteplanktonets biomasse (klorofyll a), næringsalter og vekstforsøk samt til bestemmelser av dominerende planktonarter. I tillegg ble siktedyp målt. Studiet av den horisontale utbredelsen av fem fastsittende alger ble ikke foretatt i 1981. I stedet ble nedre voksegrense for fastsittende alger undersøkt på sju stasjoner i indre fjord. Miljøgiftsstudier av fisk og alger var også planlagt i 1981, men ble utsatt til 1982 som følge av

samkjøring med forundersøkelsen til Sentralrenseanlegg Vest. Da fisket kunne starte medførte den kraftige kuldeperioden i desember -81 så lave temperaturer i vannmassen i de indre fjordområdene at fisken unnvek disse områder. En skrubbeflyndre ble fanget inn.

Øvrige aktiviteter

I 1980 ble det i tillegg til overvåkingsprogrammet startet opp et spesialprosjekt for å studere effekten av det nye utslippet fra Sentralrenseanlegg Vest i utslippets nærsone. Prosjektet ledes av Vestfjordens Avløpsseksjon og utføres av Institutt for marinbiologi og limnologi, avdelingene for marin zoologi og marin kjemi ved Universitetet i Oslo, Veterinærhøgskolen, Veterinærinstituttet, kommuneveterinæren i Asker og NIVA.

Ved Universitetet i Oslo foregår disiplinbasert forskning i Oslofjorden, dels i form av hovedfagsoppgaver, dels som forskningsprosjekter også under andre finansieringskilder enn Universitetets egne. Til de seinere prosjekter hører Forskningsprogram om havforurensninger (FOH) som finansierer prosjekter i fjorden. Eksempelvis blir hardbunnsfaunaen på Drøbaksterskelen studert ved stereofotografering (H. Christie, Institutt for marin biologi og limnologi avdeling marin zoologi, Universitetet i Oslo), og planktonalgenes opptak av nitrogen-forbindelser blir undersøkt i Vestfjorden (Prof. E. Paasche, Institutt for marinbiologi og limnologi avd. marin botanikk, Universitetet i Oslo).

3. GJENNOMFØRING OG RESULTATER

3.1 Hydrografi

3.1.1 Stasjoner, parametere og metoder i 1981

I 1981 ble vannprøver innsamlet ved 12 tokter fra to stasjoner (EP1, DK1). på dypene 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 og 150 meter samt blandprøver fra 0-2 meters dyp. Samtidig ble det innsamlet prøver fra 0-2 meters dyp fra ytterligere 5 stasjoner (AP2, BL4, BN1, CQ1, FROGN) (fig 1). På 4 tokter (februar, mai, august og oktober) ble det utført full hydrografi på 8 stasjoner (AP2, BL4, BN1, CQ1, DK1, EP1, F11, KN1).

Tabell 1 viser toktfrekvensen i fjorden 1981. På samtlige tokter ble det observert siktedyp, temperatur og saltholdighet. På månedstoktene ble det dessuten analysert på vannets oksygen- og fosforinnhold, og på de 4 hovedtoktene ble også nitrogenforbindelser analysert på 2 stasjoner (EP1, DK1). De kjemiske analysene er utført på ufiltrert vann. Analysemetoder er gjengitt i datarapport.

De hydrografiske data vil bli presentert i egen datarapport.

Fra 21.10.80 til 17.12.80 og fra 17.2.81 til 27.5.81 var en strømmåler utplassert på 18 meters dyp på Drøbacterskelen. Foruten strømmens styrke og retning ble også saltholdighet og temperatur registrert.

3.1.2 Generelle meteorologiske og hydrologiske forhold i 1981

Figur 3 viser endel klimadata fra 1981.

Temperatur og innstrålet solenergi var noe lavere enn normalt sommerstid. Dessuten var temperaturen i desember 1981 meget lav. Nedbøren var omtrent normal i 1981 utenom april og august da den var mindre enn normal.

Vindforholdene (fig. 4) i 1981 avvek fra normalåret med mer nordavind i mai, juni og desember samt noe mer sydlige vinder i juli. Fig. 5 viser vindens nord-syd-komponent ved Blindern med spesielt kraftige nordlige vinder i april/mai, juni og desember.

Tabell 1. TOKTER I OSLOFJORDEN 1981

Dato	Overflateobservasjoner (0-2 m)	Hydrografi	Dato	Overflateobservasjoner (0-2 m)	Hydrografi
20.1	AP2, BN1, CQ1 FROGN	DK1, EP1	1.09	AP2, BL4, BN1, CQ1, DK1, EP1, FROGN	DK1, EP1
17-18.2	- " -	AP2, BN1, CQ1 DK1, EP1, FL1 KN1	13-14.10	- " -	AP2, BL4, BN1 CQ1, DK1, EP1 FL1, KN1
10.3	AP2, BN1, CQ1, CP3, DK1	CP3, DK1	9.11	- " -	DK1, EP1
22.4	AP2, BL4, BN1, CQ1, FROGN	DK1, EP1	22.12	- " -	- " -
26- 27.5	- " -	AP2, BL4, BN1 CQ1, DK1, EP1 FL1, KN1			
2.6	AP2, BL4, BN1 CQ1, DK1, EP1 FROGN				
10.6	- " -				
16.6	- " -	DK1, EP1			
25.6	- " -				
30.6	- " -				
7.7	- " -				
14.7	- " -	DK1, EP1			
21.7	- " -				
30.7	- " -				
4.8	- " -				
11.8	- " -				
20- 21.8	- " -	AP2, BL4, BN1 CQ1, DK1, EP1 FL1, KN1			

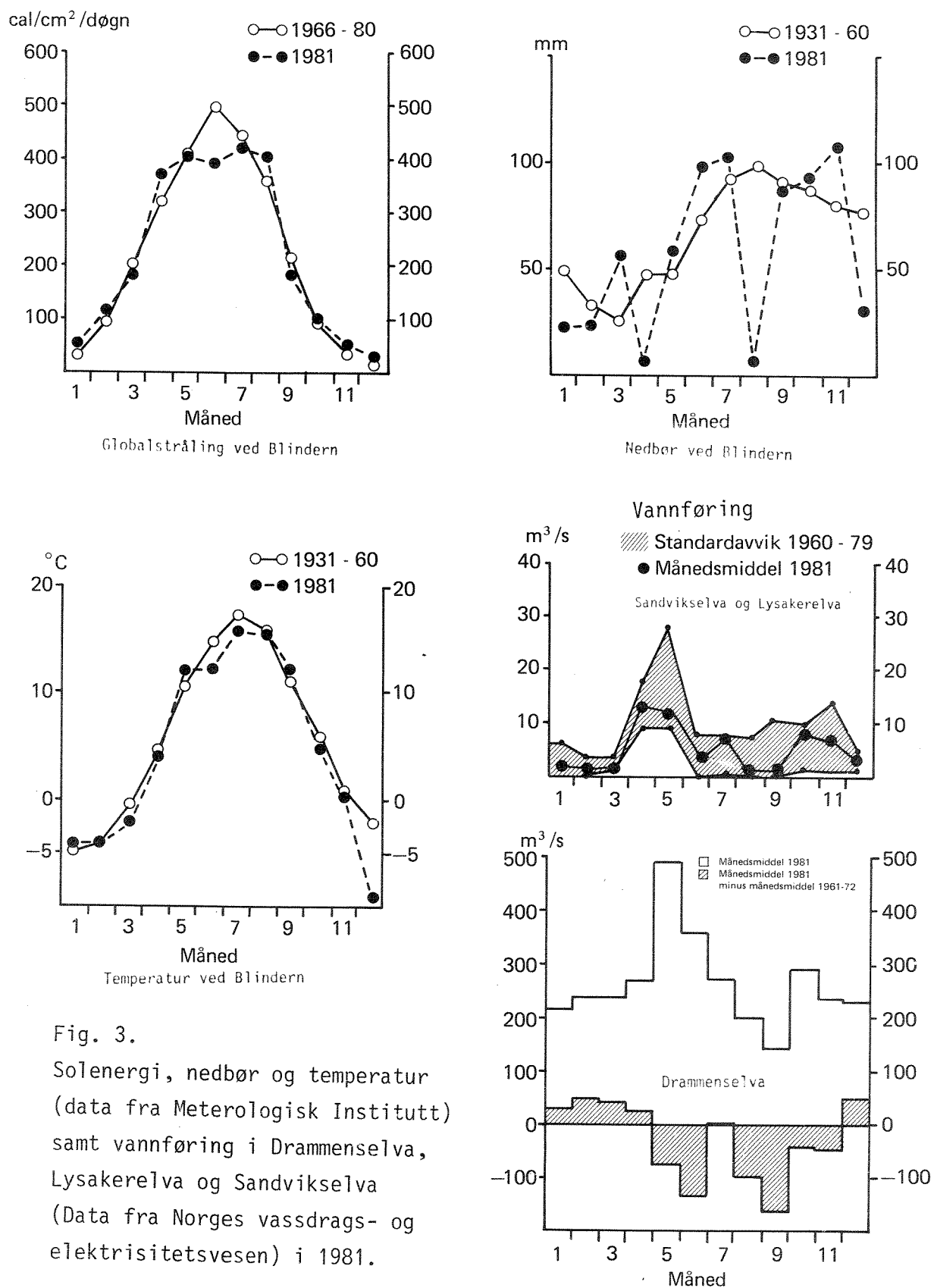


Fig. 3.
Solenergi, nedbør og temperatur
(data fra Meteorologisk Institutt)
samt vannføring i Drammenselva,
Lysakerelva og Sandvikselva
(Data fra Norges vassdrags- og
elektrisitetvesen) i 1981.

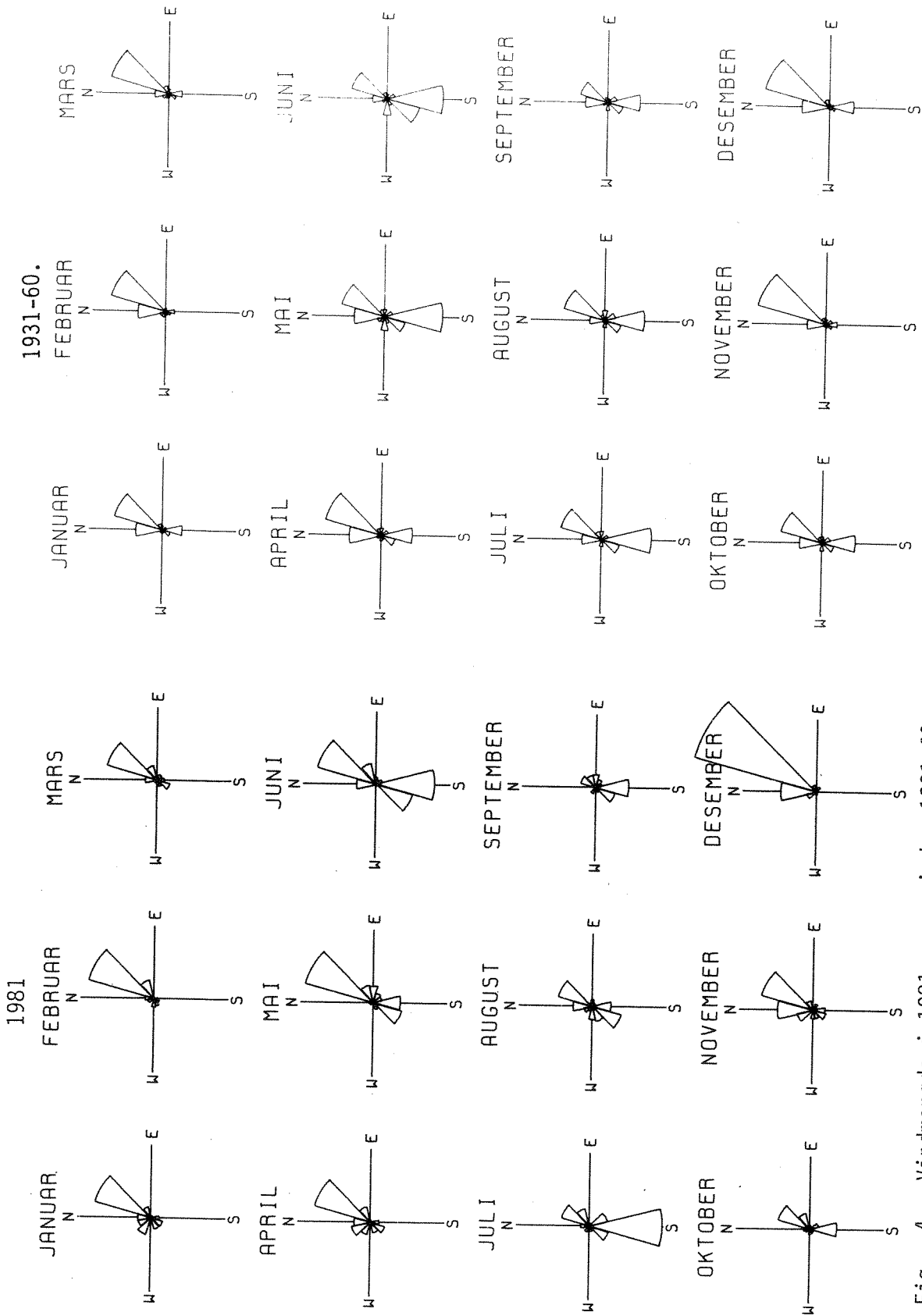


Fig. 4. Vindmengde i 1981 og perioden 1931-60.

(Vindmengde = % observasjoner i hver sektor (30°) x
vindens middelhastighet (m/s) = radien for hver sektor) (Data fra Meteorologisk institutt)

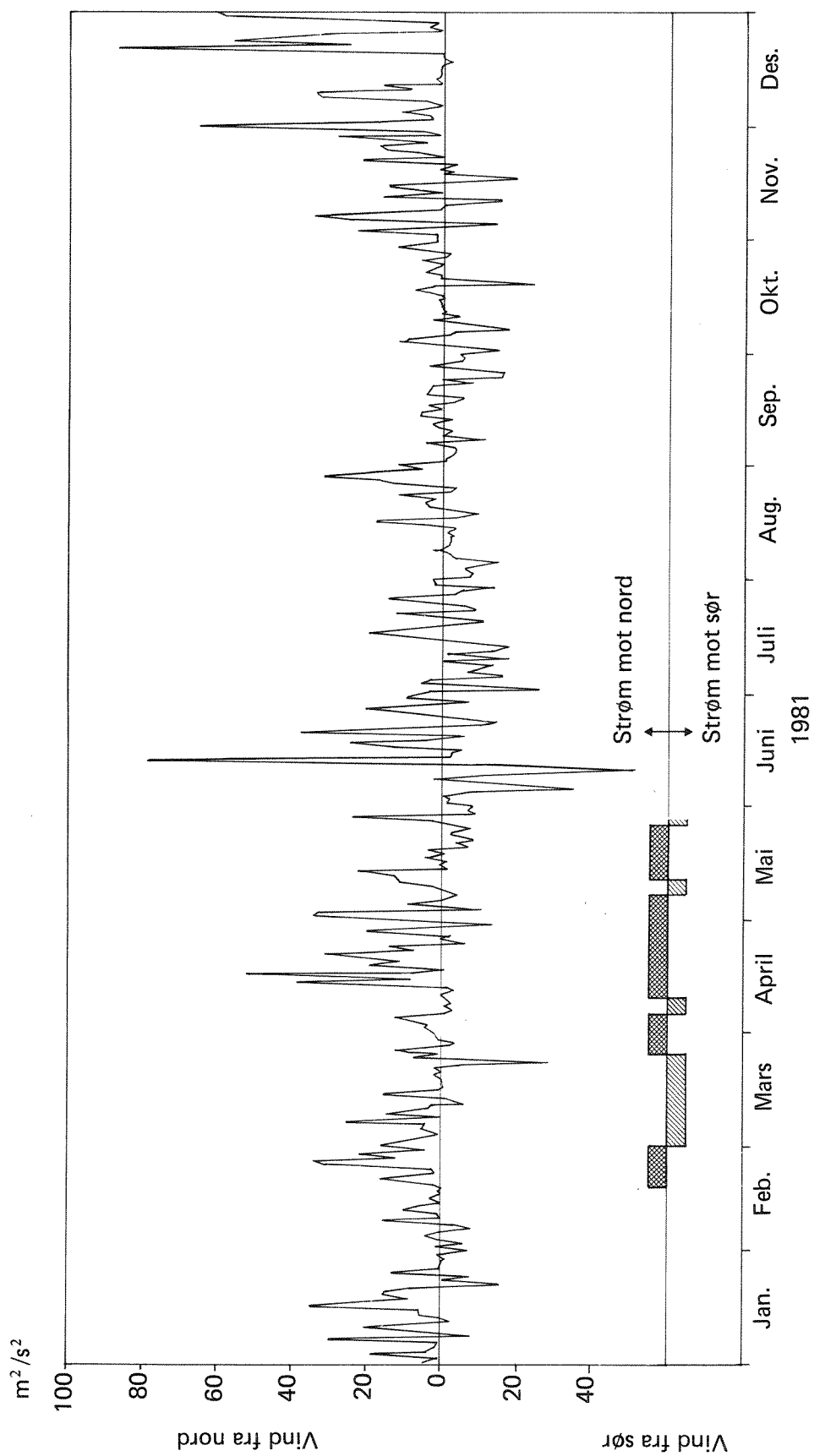


Fig 5. Vindens nord/sydkomponent (m^2/s^2) i 1981 samt middelstrømmens hovedretning på 18 meters dyp i Drøbakssundet

3.1.3 Vannutskiftninger 1981

Den hydrografiske utviklingen i 1981 fremgår av figurene 6-15 som viser variasjonen av vannets temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold og fosforinnhold.

Dypvannfornyelser

Avgjørende for oksygeninnholdet i Indre Oslofjords dypvann er dels den organiske belastningen på fjordens dypvann som følge av synkende dødt plankton og direkte tilførsler av organisk stoff fra land (kloakkvann) samt mengden tilført oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord.

Tilstrømming av vann fra Ytre Oslofjord og Skagerrak til nivåer under terskeldyp (20 m) i Indre Oslofjord er betinget av at det innstrømmende vannet har større egenvekt enn dypvannet i fjorden. Dette er mest vanlig vinterstid da ferskvannstilførselen til ytre fjord og Skagerrak er liten. Videre begunstiger de meteorologiske forhold på denne årstid situasjoner som tvinger dypere og tyngre vann i Skagerrak opp og inn mot Oslofjorden. Det innstrømmende vannet har høyt oksygeninnhold (ca. 80 prosent metningsgrad) og lavt fosforinnhold (ca. 30 µg/l). På figurene kan således vannutskiftningen avleses som en økning i oksygenkonsentrasjonen, og en minking i fosforkonsentrasjonen. Det innstrømmende vannet vil bli blandet med det gamle dypvannet, hvilket medfører at den endelige oksygenkonsentrasjonen blir lavere og fosforkonsentrasjonen høyere enn i det innstrømmende vannet. Ved store utskiftninger nærmer de endelige konsentrasjoner i fjordens dypvann seg nivåene av disse variable i det innstrømmende vannet.

Figurene til 6-8 viser at vi har hatt 3 perioder med dypvannsutskiftning i Indre Oslofjord. Allerede i desember 1980 økte oksygeninnholdet i Vestfjordens dypvann fra under 1 ml/l (november 1980) til over 2 ml/l i hele vannmassen under 50 meters dyp. Neste store utskiftning ble registrert i mars 1981, og den siste episoden var avsluttet i mai. Utskiftningene påvirket også Lysakerfjorden og Bunnefjorden, men ikke i samme grad. I Bunnefjorden var dypvannsfornyelsen beskjedent. Her påvirket innstrømmingen vannmassene ned til 100 meters dyp, men effekten var liten (liten oksygenøkning). I mars ble utskiftningen registrert som en liten økning av oksygeninnholdet omkring 50 meters dyp, og i mai var økningen større og påvirket vannmassene mellom 40 til 60 meters dyp.

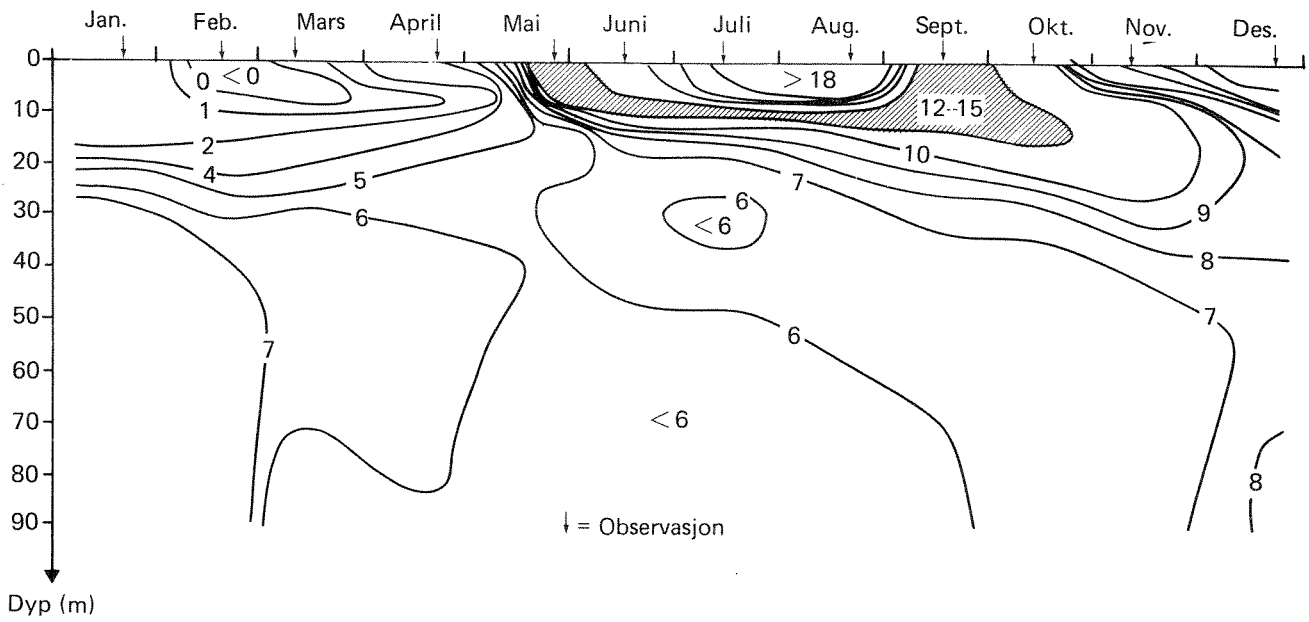


Fig. 6. Temperaturvariasjonen ($^{\circ}\text{C}$) i Vestfjorden (DK1) 1981

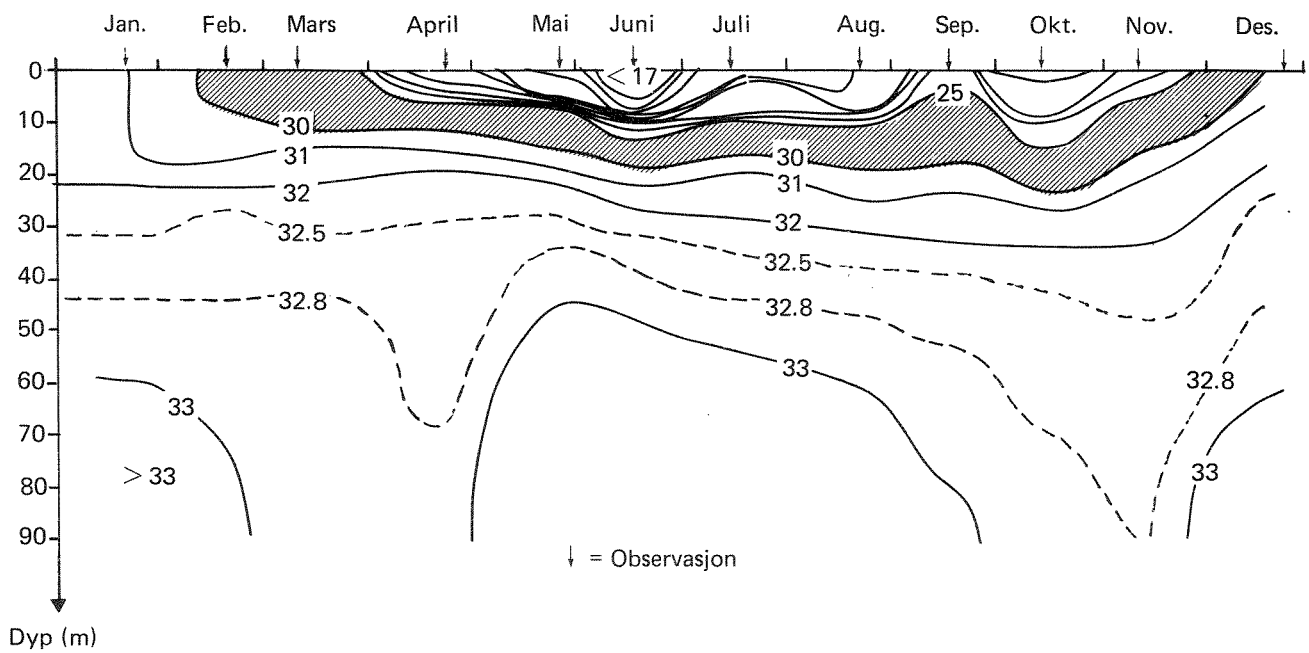


Fig. 7. Saltholdighetsvariasjonen ($^{\circ}/\text{oo}$) Vestfjorden (DK1) 1981

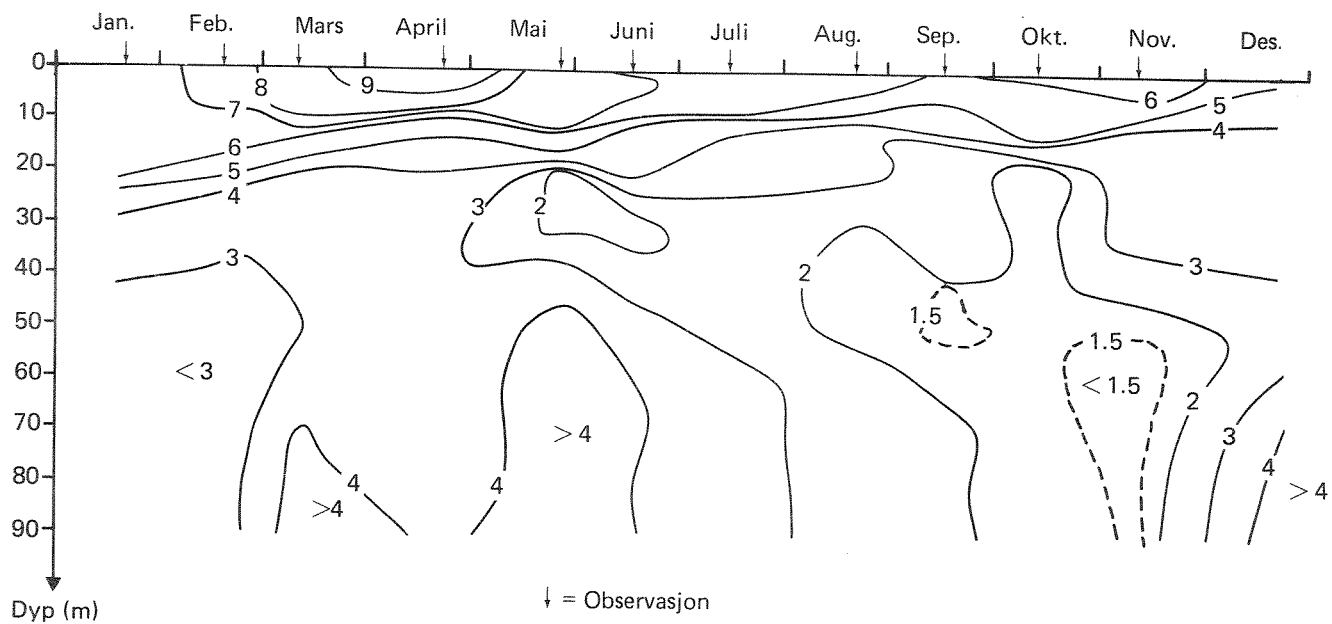


Fig. 8. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) 1981

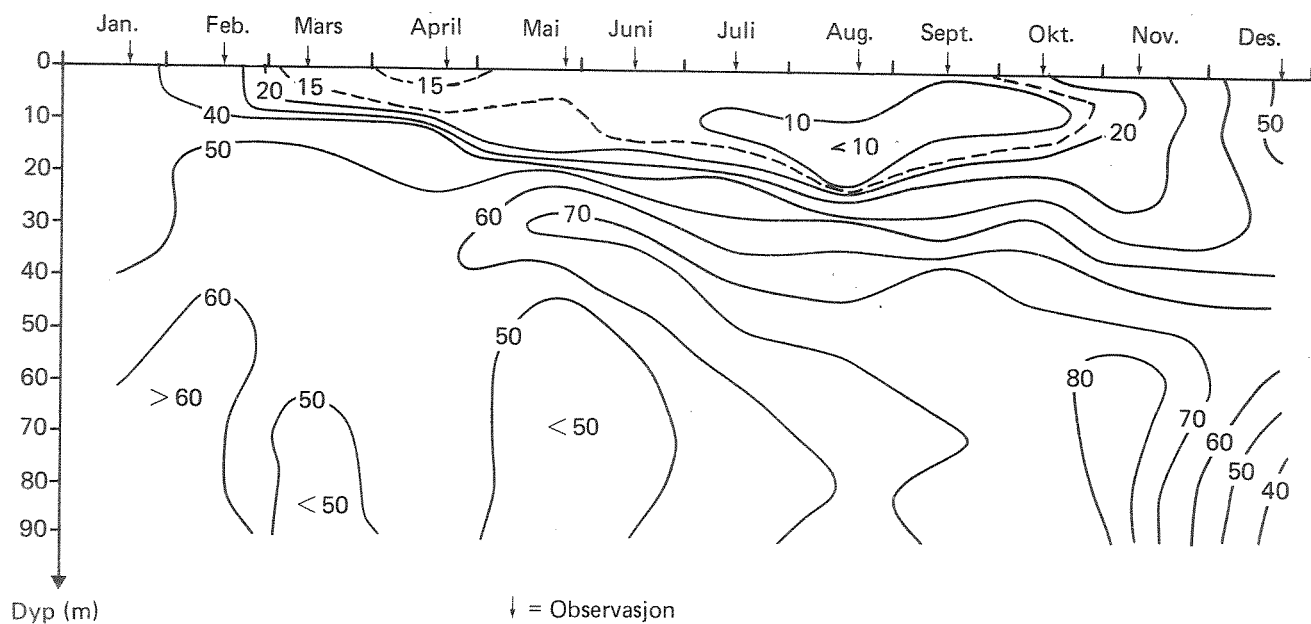


Fig. 9. Totalfosforvariasjonen ($\mu\text{g/l}$) i Vestfjorden (DK1) 1981

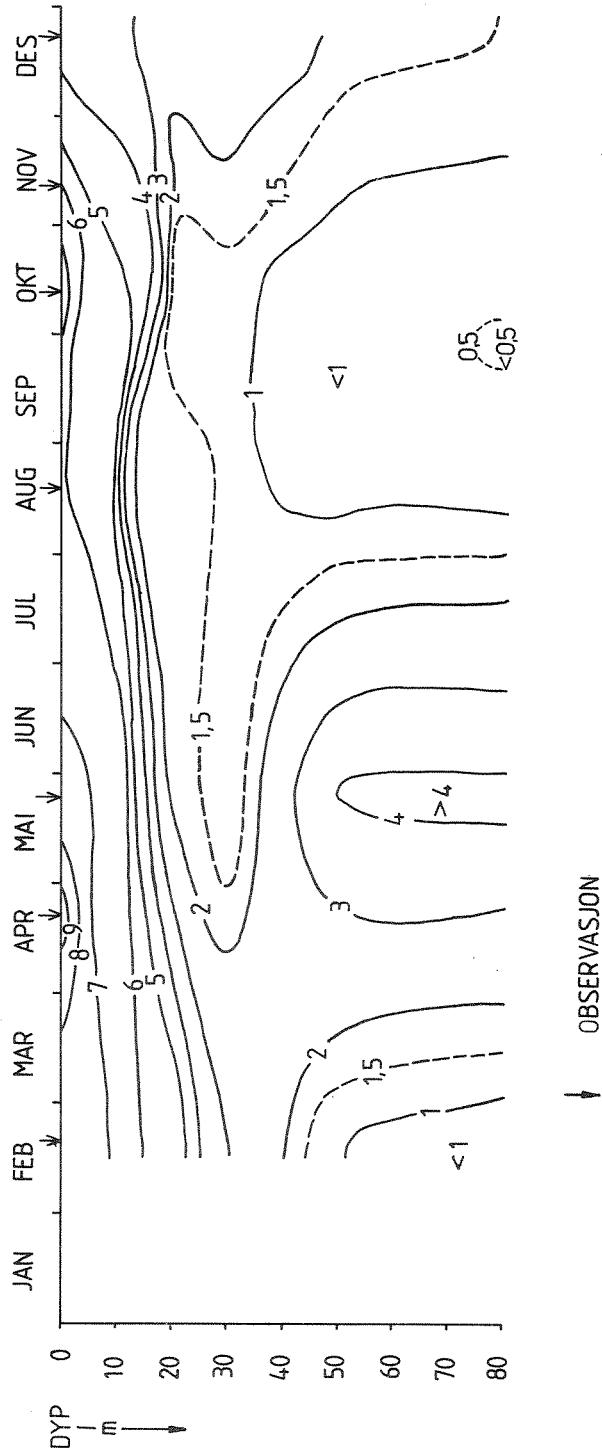


Fig. 10. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Lysakerfjorden (BN1) 1981

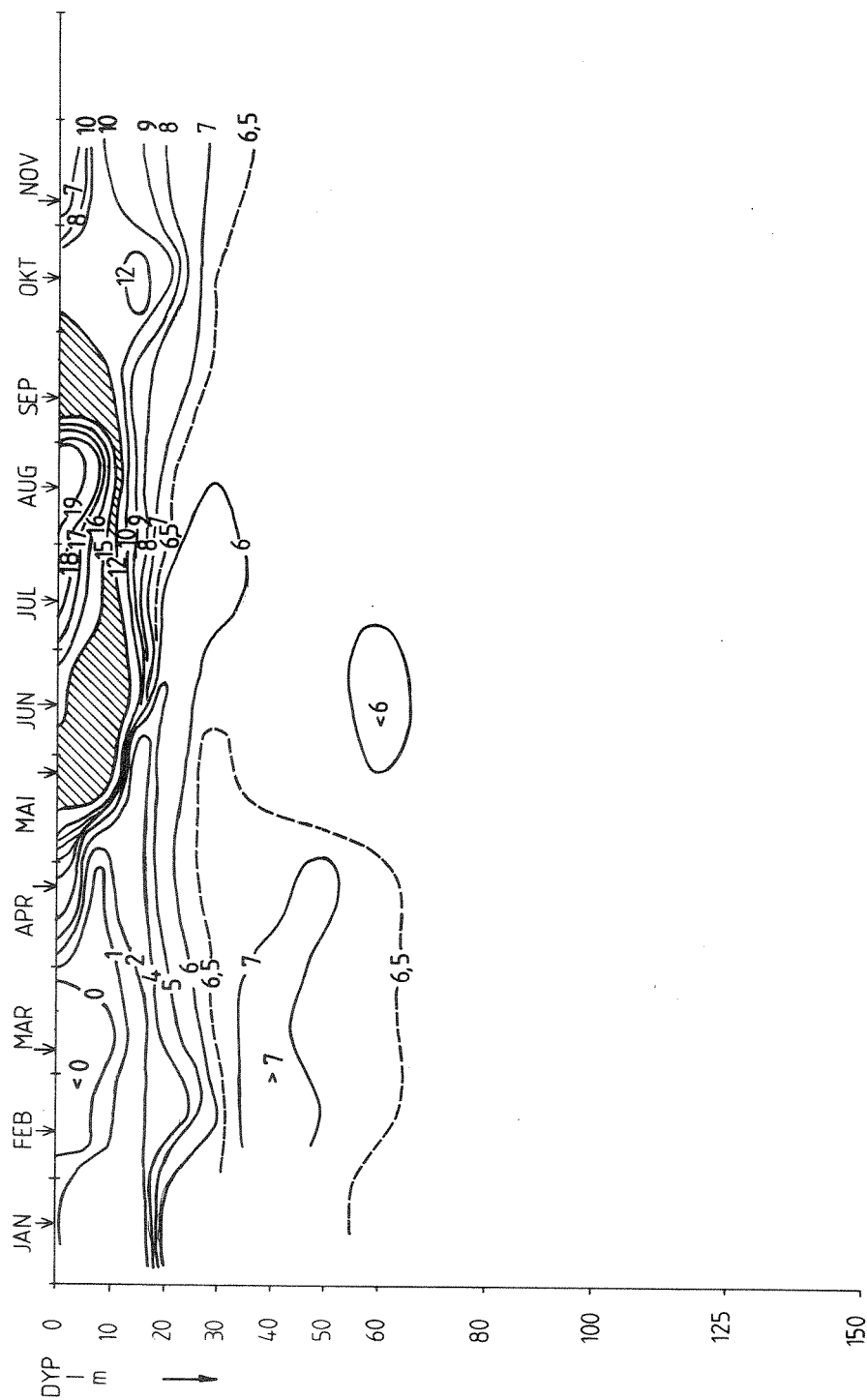


Fig. 11. Temperaturvariasjonen ($^{\circ}\text{C}$) i Bunnefjorden (EPI) 1981

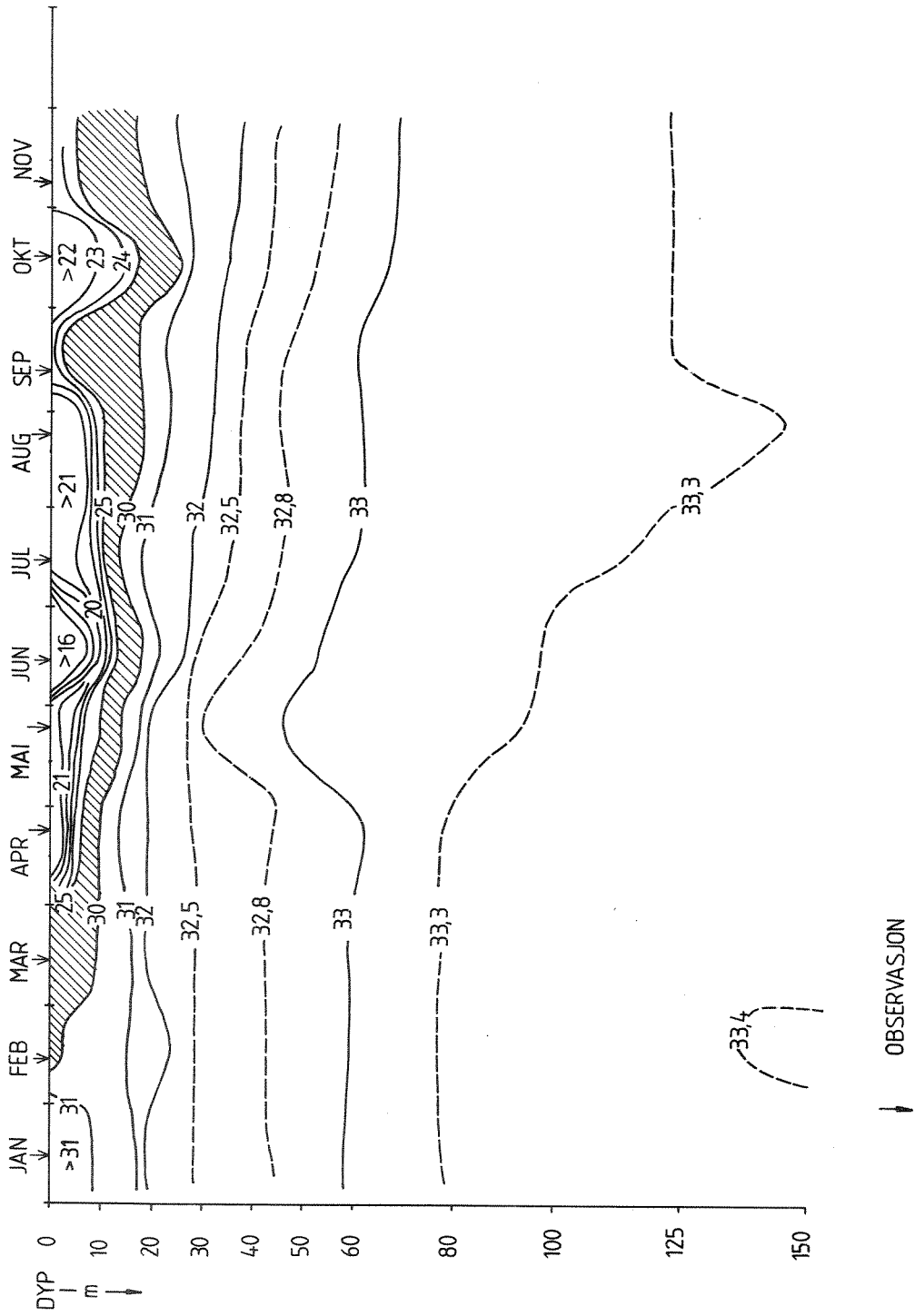


Fig 12. Saltholdighetsvariasjonen ($^{\circ}\text{C}$) i Bunnefjorden (EP1) 1981

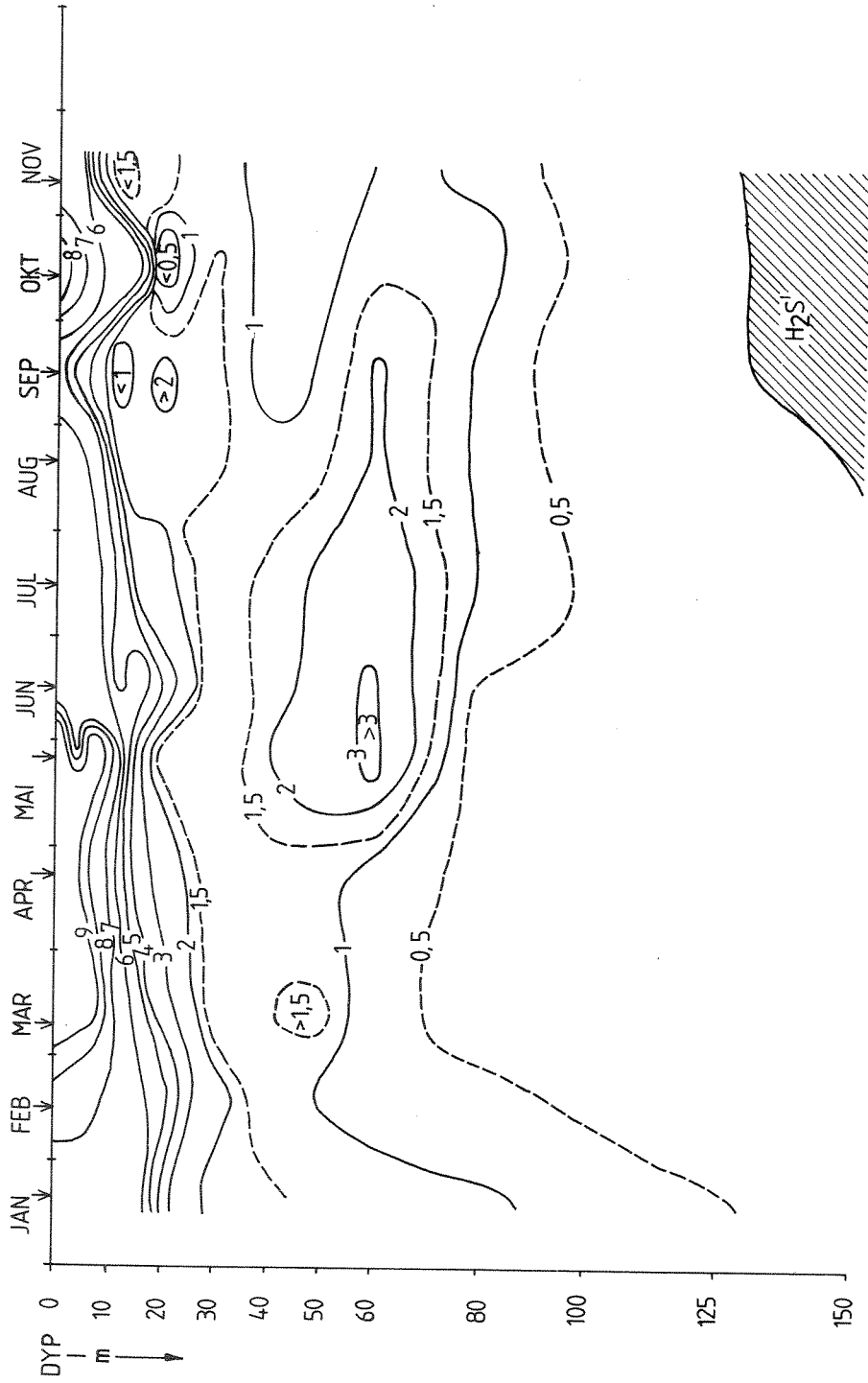


Fig 13. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (EPI) 1981

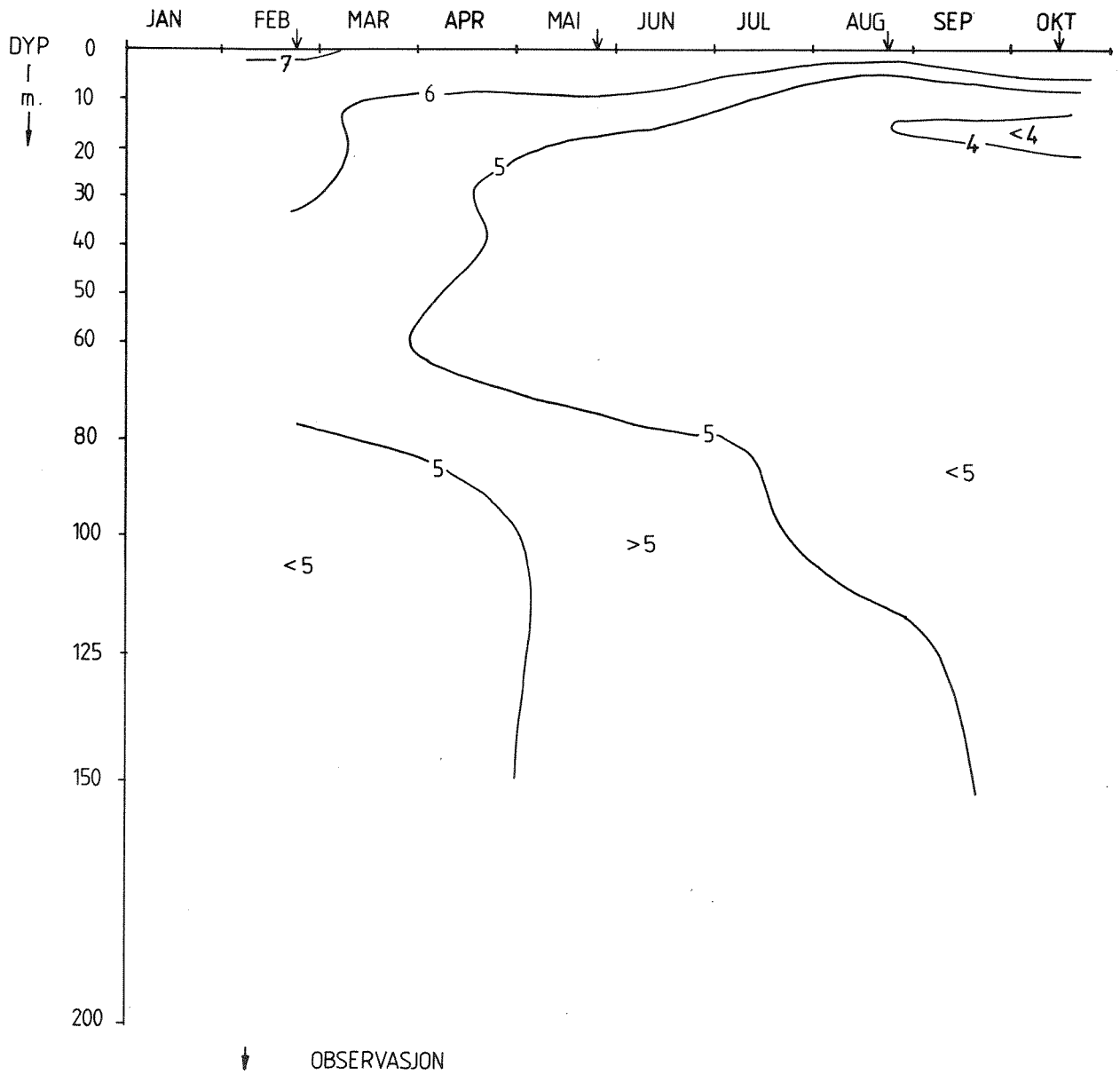


Fig. 14. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (KN1) 1981

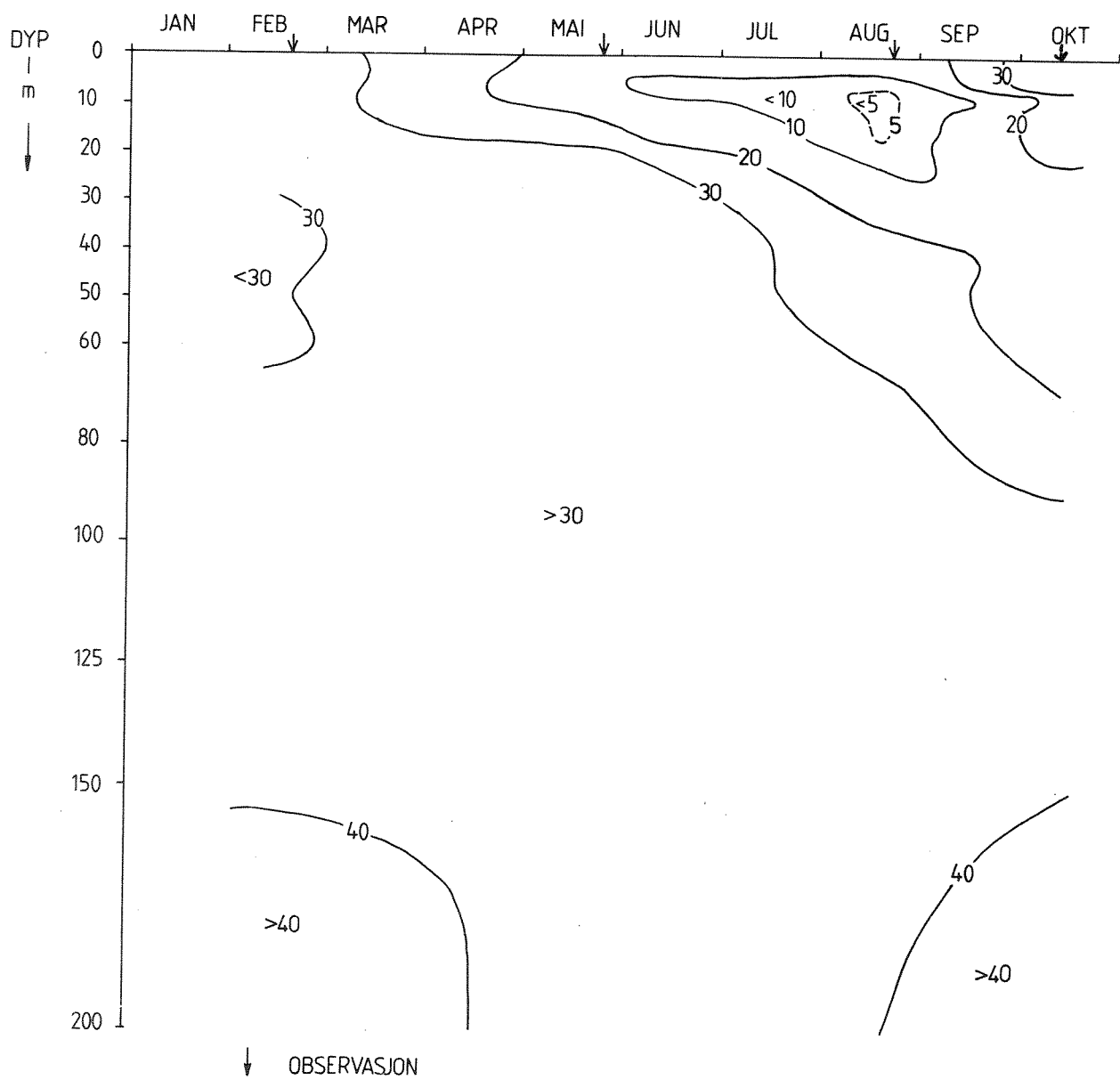


Fig. 15. Totalfosforvariasjonen ($\mu\text{g/l}$) i Drøbaksundet (KN1) 1981

Strømmåleren på Drøbacterskelen (18 meter dyp) registrerte den første innstrømmingen fra den 3.-13.12.80 av vann med saltholdighet 34-34.2 promille og temperaturer fra ca. 9.4-8.6 °C. I tidsrommet 29.12.80 til 17.2.81 var måleren ute av funksjon, men fra 17.2 til 1.3 viste den innstrømmende vann med saltholdighet fra 32.5 promille og temperatur litt over 5 °C. Dette medførte at det nye dypvannet i mars i Vestfjorden (DK1) hadde lavere saltholdighet enn i februar.

Den siste utskiftningen startet omkring den 13.4. og nådde full styrke den 15.-16.4 hvor vann med saltholdighet over 34 promille og ca. 6 °C strømmet inn over terskelen. Med tiden økte saltholdigheten på det innstrømmende vannet til 34.5-34.6 promille og temperaturen sank under 6 °C frem til utskiftningen stoppet den 7.5.81.

Som vanlig skjer vannfornyelser i mellomnivåer også sommer- og høsttid. I Vestfjorden økte oksygeninnholdet i juli på omkring 30 meters dyp. En mindre vannutskiftning på dette nivå ble også registrert i september. Deretter startet dypvannsfornyelsen igjen på 20-30 meters dyp i november, og i desember var den nådd helt til bunnen. Denne siste vannutskiftning vil bli behandlet som en del av dypvannsfornyelsen i 1982.

Beregningen av dypvannsfornyelsens størrelse er begrenset til de tre større utskiftningene i desember/januar, mars og mai. Liksom tidligere år baserer beregningene seg på enkle antagelser om blandingsprosessene som kan avleses i temperatur-saltholdighetsdiagram, og ved bruk av totalfosfor og oksygen som delvis konservative stoffer på linje med saltholdighet. Det bør påpekes at blandingsprosessene er mer komplisert enn de antagelser som beregningene i denne rapporten bygger på. Imidlertid vil en reell beregning kreve nøyere studier av vannutskiftningsprosessen. I dette prosjektet er samme enkle metoder brukt for hele observasjonsserien og er derfor sammenlignbare.

En nærmere forklaring og sammenligning av beregningsmetodene er gitt i tidligere rapporter (NIVA 1977)

For 1981 har det vært dårlig med observasjoner i Drøbakssundet under utskiftningsperiodene, hvilket har gjort at karakteristiske data på oksygen og fosfor for visse deler av de tre utskiftningene ikke har vært klart defi-

nerte. Imidlertid er variasjonen i disse variabler i Drøbakssundet mindre enn for temperatur og saltholdighet og feilberegninger tilsvarende mindre.

Den beregnede dypvannsutskiftningen i søndre og midtre Vestfjorden i 1981 var ca. $2.500 \times 10^6 \text{ m}^3$, $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ i Nordre Vestfjorden og vel $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ i Bunnefjorden, dvs. totalt ca. $3.200 \times 10^6 \text{ m}^3$. (Vel 50% av vannvolumet under terskelnivå.)

Dypvannsutskiftningen i perioden 22.4-26.5 kan sammenlignes med data fra strømmåleren på 18 meters dyp på Drøbakterskelen. Innstrømningsarealet over Drøbakterskelen er valgt etter beliggenheten av et strømskille mellom inngående og utgående strøm observert på tokt under andre utskiftningsperioder. Dette strømskille har ligget på omkring 4 meters dyp, men det er innlysende at strømmen målt på 18 meters dyp ikke er representativ for hele arealet, hvilket skulle innebære at beregnet innstrømning ut fra strømmålerdata vil ligge over de hydrografiske vannutskiftningsberegninger.

Hvis vi forutsetter at innstrømmende vann over 33 ‰ kan danne dypvann i indre fjord, vil ca. $1.400 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann ha blitt tilført fjorden innenfor Drøbak i perioden 22.4-26.5. De hydrografiske observasjonene gir et vannvolum på ca. $1.200 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Dypvannsutskiftningen 1981 har vært normal sammenlignet med tidligere år i løpet av 70-tallet (Tabell 2).

Overflatelaget

Figur 16 viser saltholdighetsvariasjonen i overflatelaget mai-september i Vestfjorden (DK1) og Bunnefjorden (EP1). Utviklingen er parallell i de to deler av fjorden i vannmassene over 20 meters dyp. I begynnelsen av juni presser sydlige vinder inn vann med lav saltholdighet i hele fjorden. Nordlige vinder fra midten av juni fjerner dette overflatelag som erstattes med saltare vann. I juli blir denne prosess stanset av sydlige vinder og først i slutten av august gir en ny periode av nordlige vinder høyere saltholdighet i fjordens overflatelag. Totalt er overflatelaget (0-10 m) blitt skiftet ut nesten 4 ganger i perioden 1.6-1.9.81, dvs. ca. $7.200 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann eller en transport på ca. $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

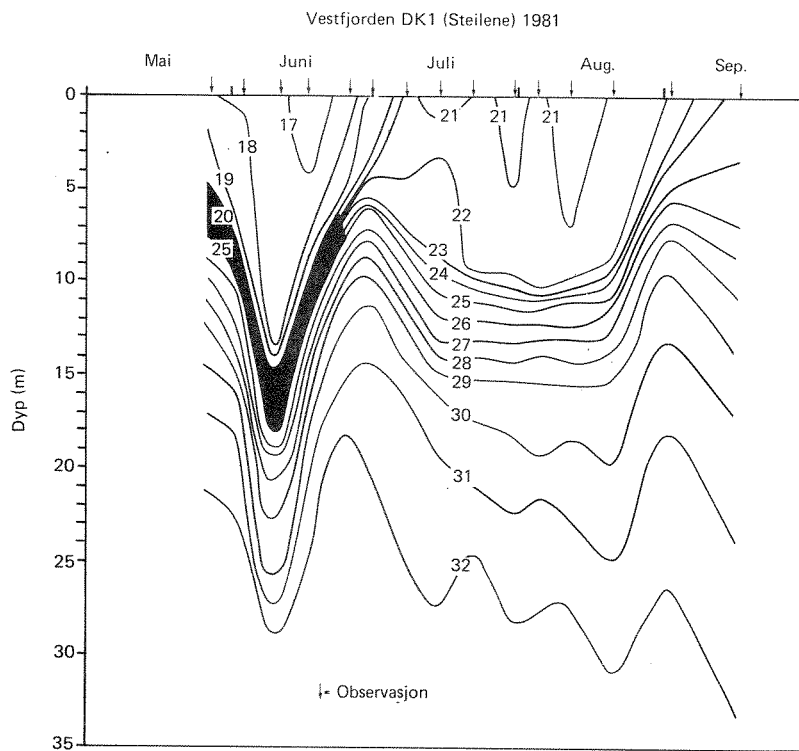
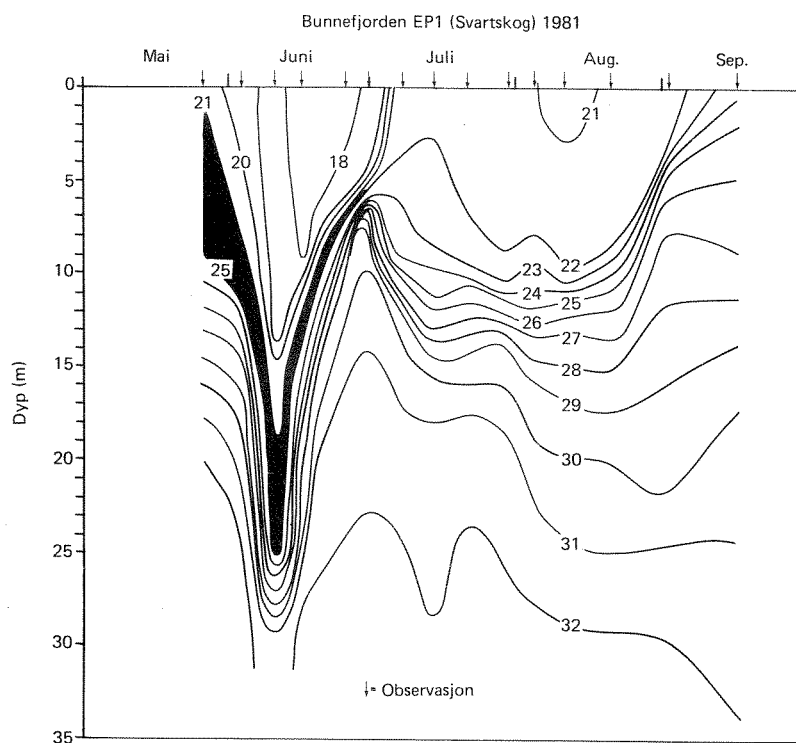


Fig. 16. Saltholdighetsvariasjonen (‰) i Bunnefjorden (EP1) og Vestfjorden (DK1) mai-september 1981

Tabell 2. Beregnet dypvannsutskiftning 1973-81 samt prosentvis fornyelse av volumet under 20 meters dyp i Indre Oslofjord.

År	Utskiftet vannvolum (10^6 m^3)	% av fjordens volum under 20 meters dyp
1973	1.200	20
1974 [*])	8.300	140
1975	1.200	20
1976	3.300	55
1977	5.900	100
1978	2.800	45
1979	3.700	60
1980	3.200	54
1981	3.200	54

I tidligere rapporter er utskiftninger av overflatelaget blitt indirekte beregnet ved å anta at en utskiftning krever en nordlig vindstyrke på 3-4 m/s i ca. 1 uke. Antakelsen baserte seg på hyppige feltobservasjoner fra sommeren 1977. For 1981 er antallet potensielle utskiftninger estimert etter denne metode (Tabell 3).

Tabell 3. Antall potensielle utskiftninger av overflatelaget (0-10 m) i indre Oslofjord beregnet etter nordlige vinder i 1981.

Måned	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum
Antall utskiftninger	3	1	1	3	1	1	0	1	0	0	3	4	18

I 1981 var det totalt 18 tilfeller med utskiftningsmuligheter, hvorav 2 sommerstid (juni-august). Dette tilsvarer et transportvolum på $32.400 \times 10^6 \text{ m}^3$ dvs. en middeltransport på ca. $1030 \text{ m}^3/\text{s}$. I perioden juni-august var det 2 utskiftningstilfeller dvs en transport på ca. $453 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er

omtrent halvparten av den reelle vannutskiftningen etter observasjoner i 1981, hvilket stemmer bra med den definisjon vi har gitt begrepet potensielle utskiftninger.

Sammenlignet med tidligere år (tabell 4) var vannutskiftningen i overflatelaget middels, men lav i sommerperioden.

Tabell 4. Potensiell vannutskiftning av overflatelaget (0-10m) 1977-81.

År	Hele året	Juni-august
	m ³ /s	m ³ /s
1977	1.200	700
1978	1.100	900
1979	790	450
1980	970	460
1981	1030	450

Bemerkes bør at beregningen kun kan sammenlignes relativt og at de reelle utskiftninger er større (omtrent det dobbelte).

3.1.4 Oksygenforholdene 1981 sammenlignet med tidligere observasjoner.

Formålet med observasjonene er å følge med i effekten av den organiske belastningen på fjorden. Tilførsel av organisk stoff til fjordens dypvann skjer dels direkte fra kloakkutslipp, men også indirekte ved at nærings-saltene i kloakkvannet gir en høy produksjon av plantep plankton, som seinere dør og synker ned i dypvannet hvor det blir nedbrutt under oksygenforbrukende prosesser. Den samlede effekten av organisk stoff fra kloakkvann og plankton fører til lave oksygenkonsentrasjoner i hele fjordens dypvann i løpet av sensommer og høst. Til tider og visse steder i fjorden (Bærumsbassenget, Bekkelagsbassenget, Lysakerfjorden og Bunnefjorden) blir alt oksygen oppbrukt og det dannes hydrogensulfid - en dødlig gift for nesten alt marint liv. Oksygenverdier under 2 ml/l kan også ha negative effekter på fjordens dyreliv (cf. Kirkerud 1977) og dette er ofte observerte verdier i hele fjordens dypvann. Normalt konsentrasjonsnivå i havvann er mellom 5-6 ml/l.

Tilførsel av oksygenrikt vann skjer i hovedsak vinterstid ved at vann fra ytre Oslofjord og Skagerrak strømmer inn over Drøbakterskelen og ned i dypet i indre fjord. Hvis vannutskiftningen og oksygeninnholdet i innstrømmende vann var konstant, skulle oksygeninnholdet være direkte avhengig av belastningen av organisk stoff dvs. tilførsel av avløpsvann til fjorden og algebiomasse.

Som tidligere nevnt (kap. 3.1.3) var dypvannsutskiftningen middels for perioden 73-80.

Figur 17 viser oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden 1981. I Bunnefjorden var oksygenkonsentrasjonen i de øvre vannlag (ned til 70 meters dyp) innenfor det som må bli betraktet som normalt for perioden 1973-80. I de dypere lag (80 meter til bunn) gir den dårlige vannutskiftningen i denne fjorddelen lavere oksygenkonsentrasjoner i mai og august, men i oktober ligger verdiene nær det normale. Dette betyr at den organiske belastningen på dypvannet fra mai til oktober har vært mindre enn tidligere i løpet av 1970-tallet.

Siste lengre periode med hydrogensulfid i Bunnefjorden ble registrert i 1976. Foruten en kort periode omkring årsskiftet 78-79 har det vært oksygen i hele vannmassen. Dette er en forbedring sammenlignet med perioden 73-76. Imidlertid ble hydrogensulfid registrert i september-desember 1981.

Figur 18 og 19 viser oksygenutviklingen i Bunnefjorden fra 1933-81. Utviklingen er klart negativ med stadig dårligere forhold i fjorden. Fortsatt er forholdene i fjorden kritiske, og den svake tendens til forbedring som muligens kan ligge bak de siste års observasjoner, ligger klart innenfor grensen av den naturlige variasjonen.

I Vestfjorden var oksygenforholdene i 50-90 meters dyp i 1981 bedre enn i perioden 1973-80, spesielt gjelder dette oktober måned (fig. 20). Dette indikerer som for Bunnefjorden en mindre organisk belastning på dypvannet i 1981. Sammenlignet med eldre observasjoner (fig. 21 og 22) synes den negative utviklingen frem til midten av 1970-tallet å ha stoppet opp og en svak bedring kan avleses. Et oksygenminimum på 20-30 meters dyp i oktober 81 kan

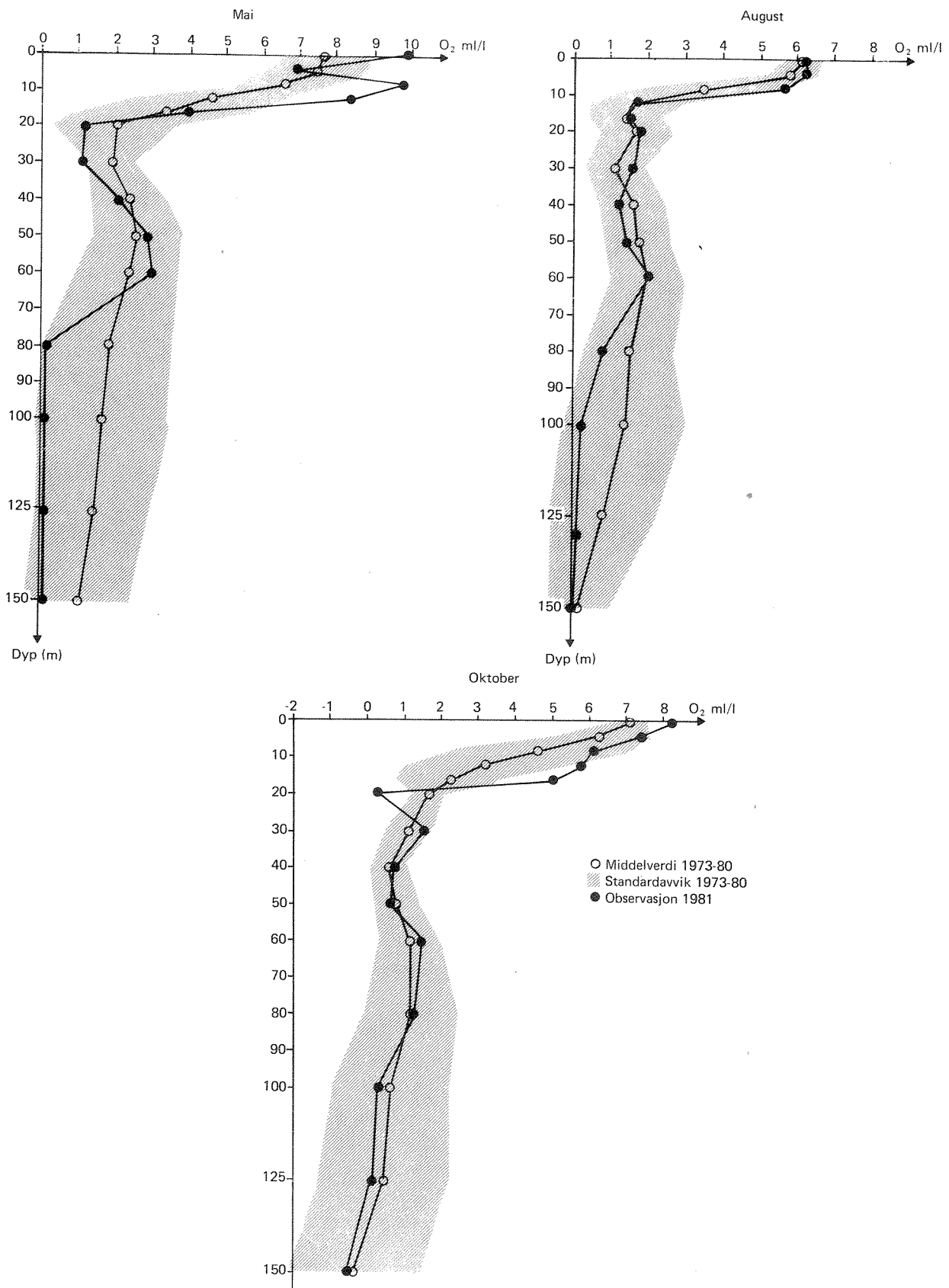


Fig. 17. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) for mai, august og oktober i Bunnefjorden 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80

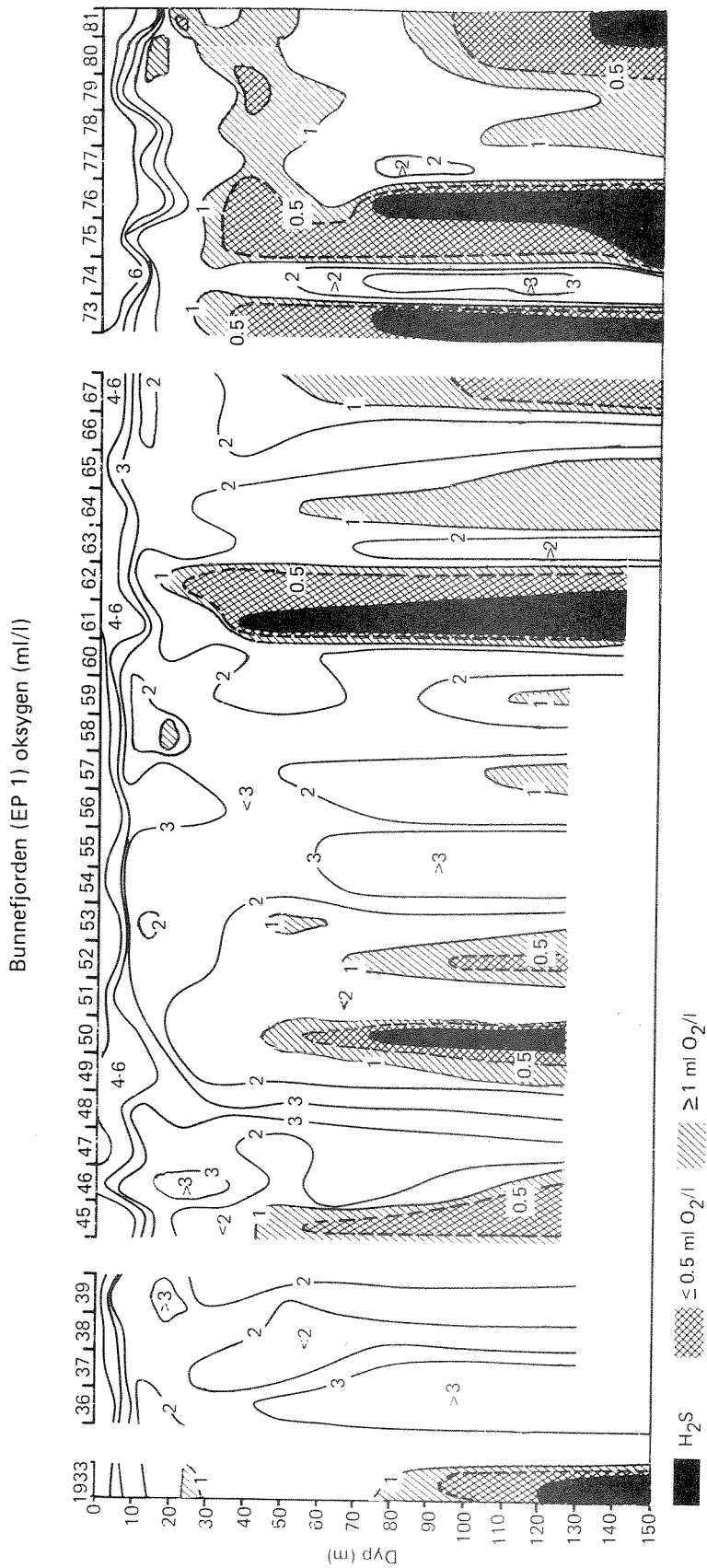


Fig. 18. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) oktober måned 1933, 1936-39, 1945-67 og 1973-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske stasjon i Flødevigen og NIVA).

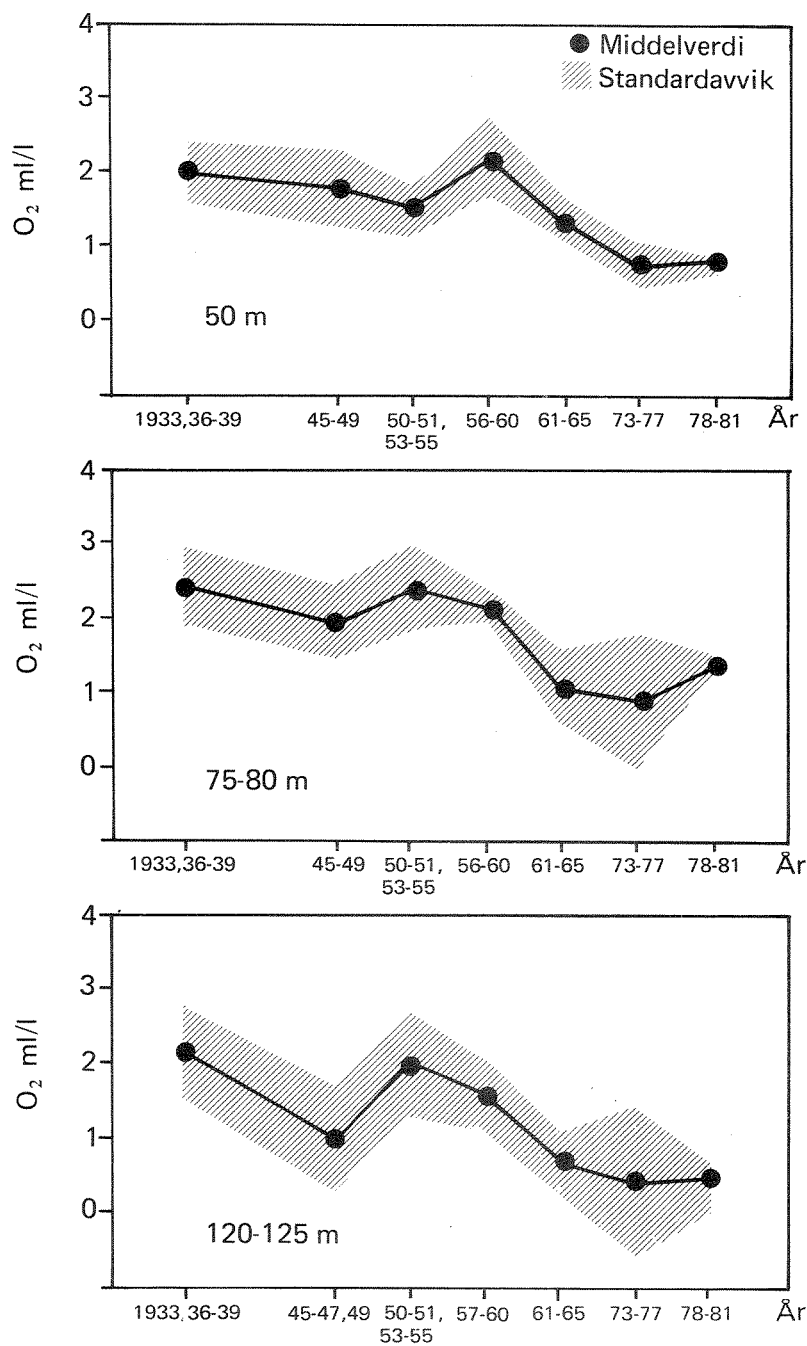


Fig. 19. Oksygenkonsentrasjonen på 50, 75-80 og 120-125 meters dyp i oktober måned i Bunnefjorden (EP1) middelet over forskjellige tidsperioder. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon i Flødeviegn og NIVA).

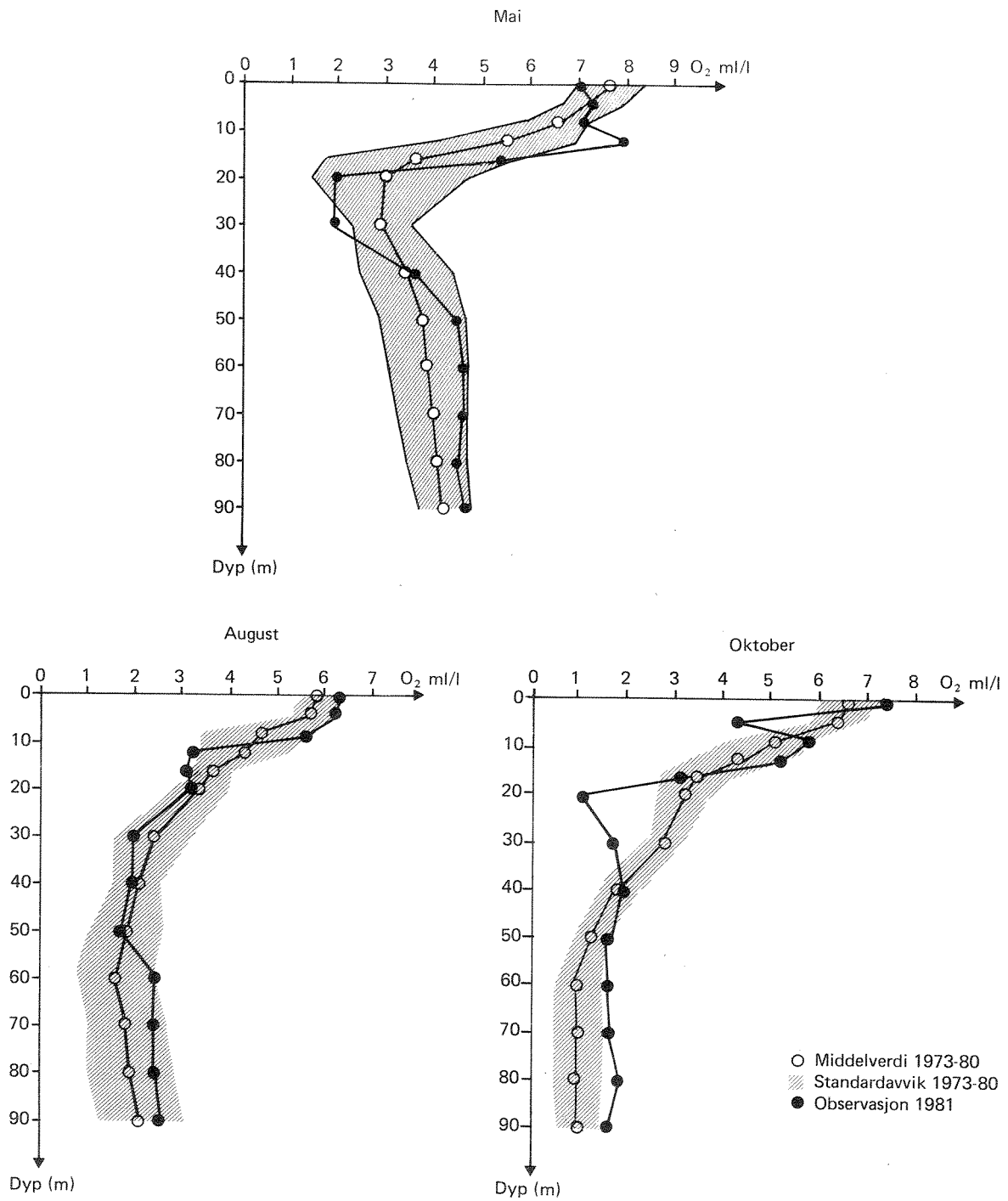


Fig. 20. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (DK1) i mai, august og oktober 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80.

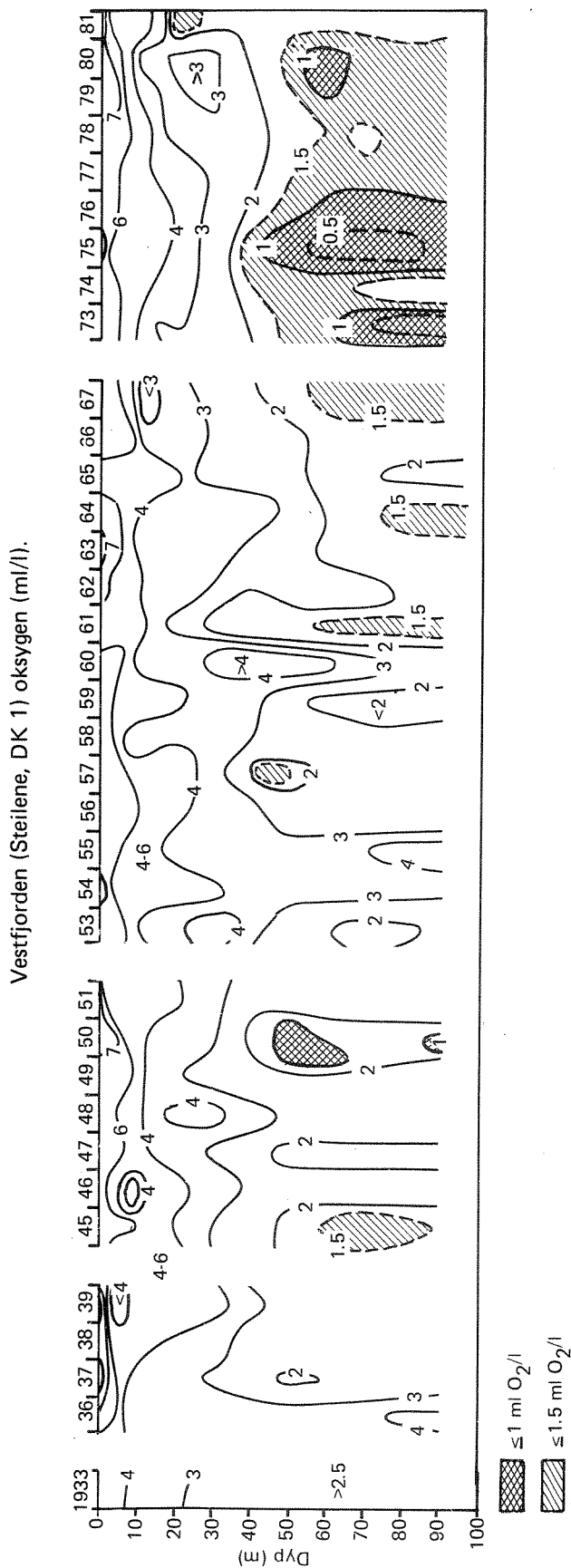


Fig. 21. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) i oktober måned 1933, 1936-39, 1945-51, 1953-67 og 1975-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA).

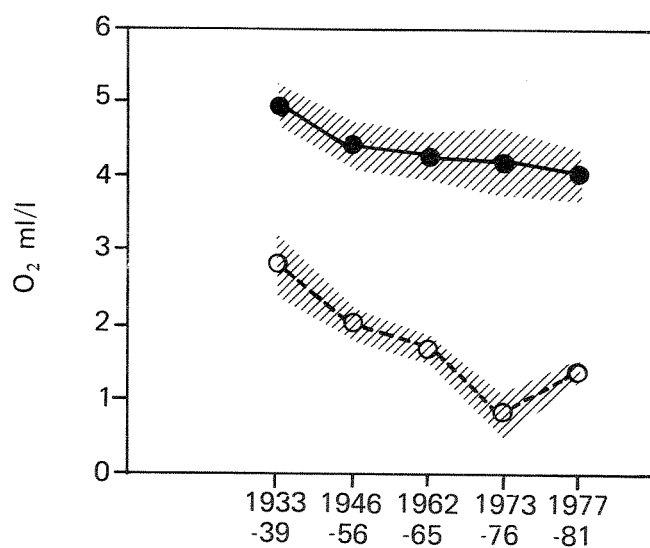


Fig. 22. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (DK1) i mai og oktober måned beregnet for 5 perioder i tidsrommet 1933-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Beyer og Føyn 1951, Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA).

muligens forklares av oppblomstringen av planktonalgen Gyrodinium aureolum som ble registrert i oktober (kap. 3.2). Effekten var imidlertid kortvarig da en ny dypvannsutskiftning startet opp i slutten av november.

Sett i et lengre tidsperspektiv er oksygenforholdene i Vestfjorden likevel langt fra tilfredsstillende. De årlige vannutskiftninger i perioden 76-81 har vært så store at risikoen for en ytterligere forverring av forholdene har vært liten, sett også ut fra at tilførslene fra land avtok i samme perioden. Fortsatt foreligger det en stor risiko for hydrogensulfiddannelse også i Vestfjorden hvis vannutskiftningen blir like dårlig som 1973 eller 1975 eller dårligere. En slik episode vil ha meget store negative konsekvenser for fjordens økosystem.

3.1.5 Hydrokjemiske observasjoner.

Figur 23 viser totalfosforkonsentrasjoner i Vestfjorden (DK1) i middel i perioden 1973-80 og data for 1981 (mai, august og oktober). For de tre månedene viser observasjonene i dypvannet stort sett samme trekk med lavere konsentrasjoner i 1981 enn for perioden 1973-80. I overflaten mai 81 var også fosforkonsentrasjonen lavere enn tidligere likesom for dypene mellom 12 og 20 meter i august og oktober. På 30 meters nivå var konsentrasjonen i 81 over middelvei av 1973-80.

Figur 24 viser konsentrasjonen av forskjellige variable på 80 meters dyp i Vestfjorden. Fosforkonsentrasjonen er fortsatt på et lavt nivå sammenlignet med 1973 og 75, men ligger som i 1980 noe høyere enn i 1978-79. Ved Søndre Langåra (FL1) var konsentrasjonen på 75-80 meters dyp omtrent den samme som i 1980. Det er her fortsatt noe avtakende fosforinnhold i dypvannet siden 1973 (fig. 25). Oksygeninnholdet viser fortsatt en positiv utvikling (fig. 24), mens nitrogenkonsentrasjonene ligger omtrent som i 1980. N/P-forholdet (mol/mol) ligger stadig over eller omkring 10:1.

I løpet av 1970-tallet har således fosforkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann avtatt, nitrogen- og oksygenkonsentrasjonen økt noe.

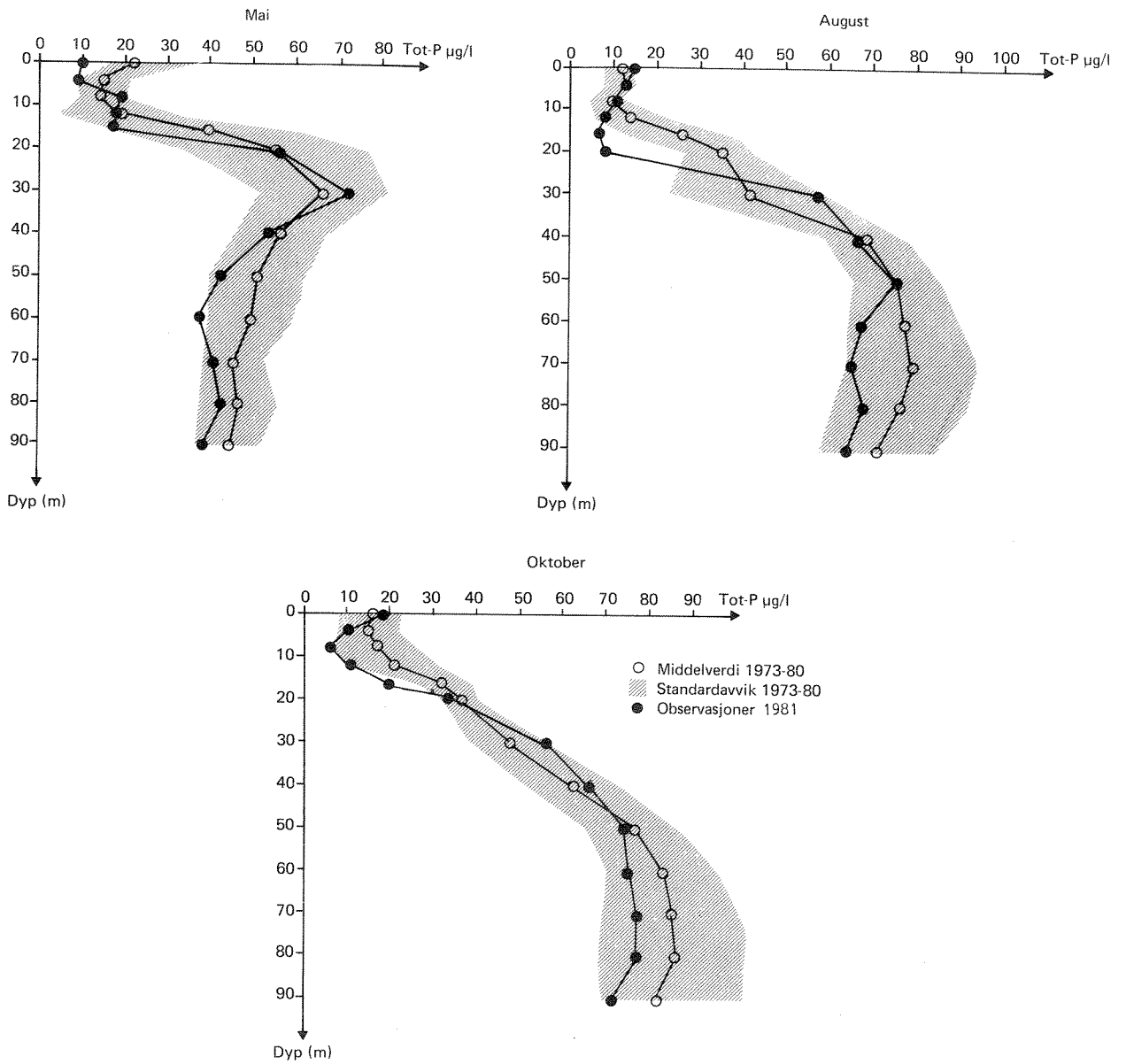


Fig. 23. Totalfosforkonsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$) i Vestfjorden (DK1) i mai, august og oktober 1981 sammenlignet med observasjoner fra 1973-80

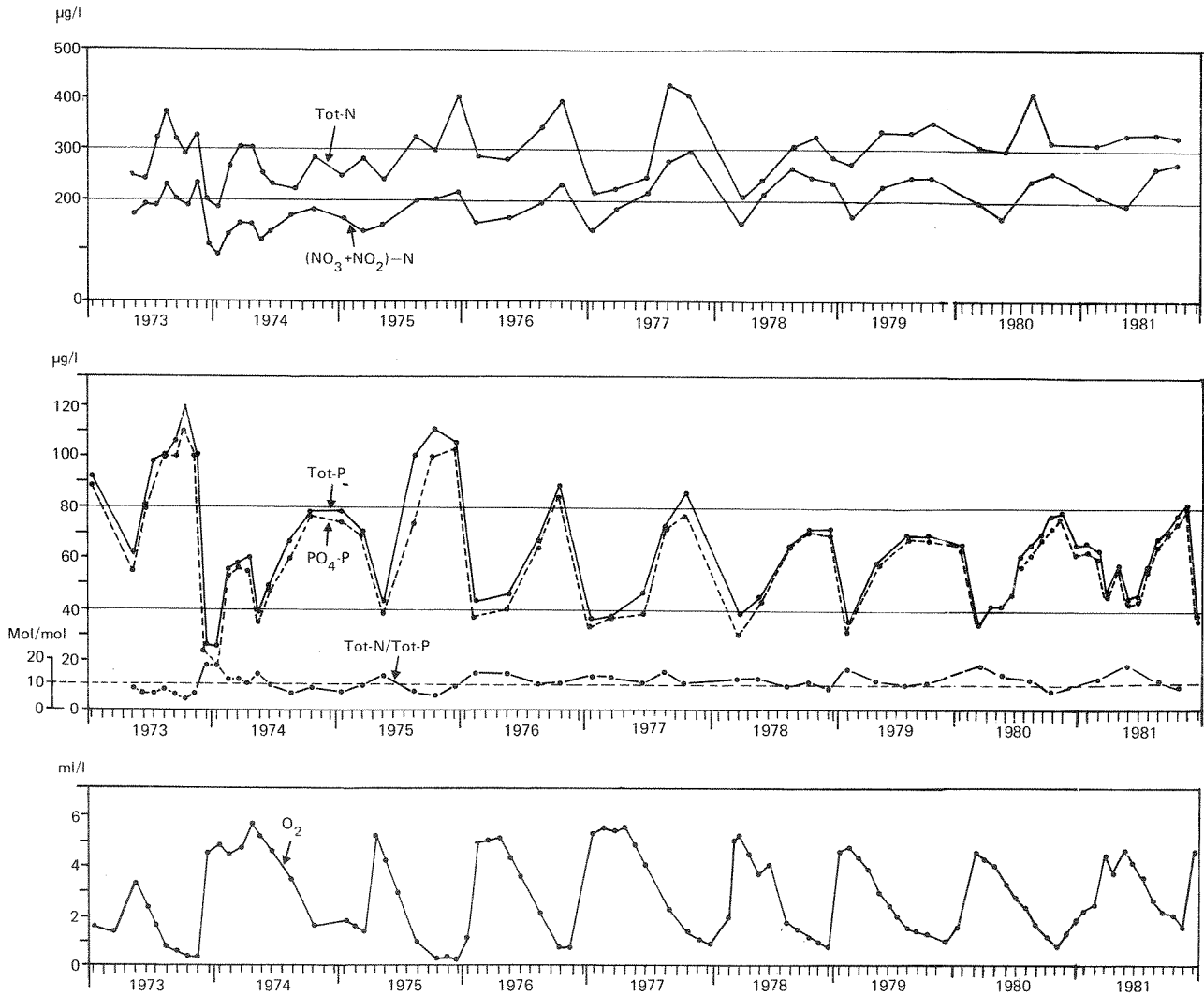


Fig. 24. Variasjonen av totalnitrogen, nitrat og og nitritt, totalfosfor, ortofosfat ($\mu\text{g/l}$) og forholdet totalnitrogen/totalfosfor (mol/mol), samt oksygeninnholdet (ml/l) i Vestfjorden (DK1) på 80 meters dyp 1973-81.

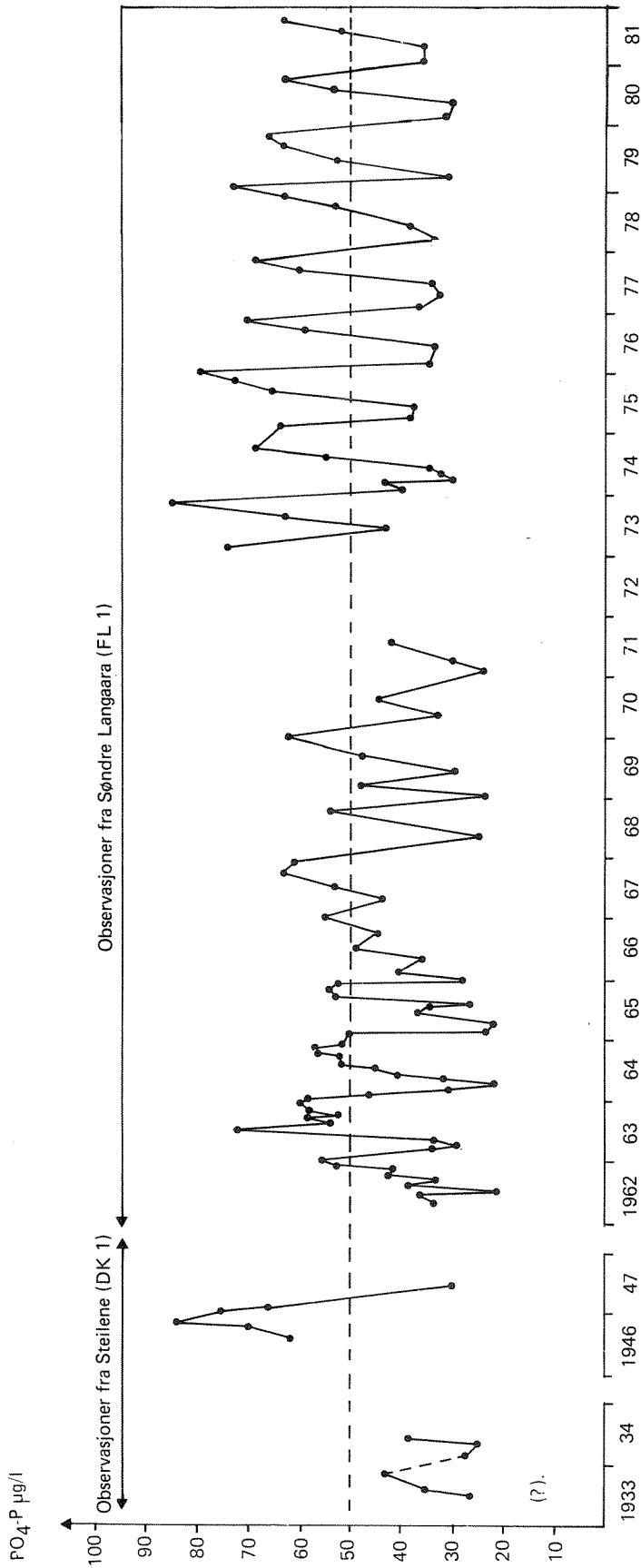


Fig. 25. Ortofosfatvariasjonen ($\mu\text{g/l}$) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (Stasjon DK1 og FL1) i tidsrommet 1933-81. (Data fra Braarud og Ruud 1937, Føyn 1962 og NIVA).

3.1.6 Drøbaksundet - oksygenforhold.

Oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet i perioder fra tidsrommet 1945-81 er presentert i tabell 5 og 6. Sammenligningen mellom de ulike perioder begrenses til dyp over 30 meter hvor temperatur og saltholdighetsvariasjonene er små (For en sammenligning i de øvre vannlag må oksygenmetning beregnes).

Oksygenforholdene i Drøbaksundet er gode, men i august og oktober måned 1973-81 er den midlere konsentrasjonen klart lavere på dypene 50-80 meter i perioden 1977-81 sammenlignet med tidligere observasjoner. Konsentrasjonsnedgangen begynner i 1961-65.

Det er ikke mulig å skille mellom de tre faktorer som kan ha forårsaket denne utvikling, nemlig dårligere vannutskiftning, dårligere oksygenforhold i hele ytre Oslofjord eller økt lokal belastning (forurensning). Konsentrasjonsnivået ligger klart over kritiske nivåer, men utviklingen bør overvåkes også i fortsetningen.

3.2 Overflatevannets kvalitet

3.2.1 Siktedyp, klorofyll og planteplankton

Siktedyp og klorofyll på stasjonene DK1 (Vestfjorden), BN1 (Lysakerfjorden), AP2 (Havnebassenget) og EP1 (Bunnefjorden) er vist i figur 26-29. Variasjonene i klorofyllinnhold gjennom året i et snitt fra Vestfjorden til Bunnefjorden er også fremstilt i figur 30.

Ved toktet i januar var overflatevannet klart med siktedyp over 10 meter unntatt i den aller nordligste delen av fjorden. Klorofyllverdiene var lave, som normalt på denne tiden av året ($<1 \mu\text{g}$ klorofyll \underline{a} /l). Klorofyllnivåene økte noe samtidig som siktedypet minket i februar, men ved toktet 17.2 var våroppblomstringen enda ikke kommet i gang. I mars og april ble det målt 5-20 μg klorofyll \underline{a} /l med de høyeste verdiene i den indre delen av fjorden. Siktedypet fortsatte å synke i denne perioden til

Tabell 5. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i Drøbaksundet (KN1, Elle lykt) i august fra forskjellige perioder i tidsrommet 1945 - 1981. (Data fra Dannevig (1945), Statens biologiske Stasjon, Flødevigen og NIVA).

Dyp	1945-1947			1949-1960			1962-1965			1973-1981		
	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n
0	5.61	0.54	3	6.36	0.19	11	5.90	0.15	4	6.33	0.20	9
4							5.36	0.18	4	6.08	0.28	9
5	5.37	0.47	3	5.84	0.25	11						
8	5.13	0.53	3	5.23	0.14	10	5.25	0.16	4	5.43	0.17	9
10	5.27	0.43	3	5.47	0.14	11						
12							4.90	0.19	4	5.20	0.25	9
15	4.77	0.26	3	5.52	0.16	10						
16	4.60	0.20	3	5.40	0.15	10				4.93	0.22	9
20	4.77	0.12	3	5.32	0.18	10	4.63	0.08	4	4.71	0.16	8
30	4.63	0.09	3	5.18	0.09	11				4.52	0.08	9
40	4.63	0.13	3	5.55	0.16	10	4.74	0.12	4	4.45	0.12	9
50	5.03	0.26	3	5.44	0.17	10				4.52	0.10	9
60	5.23	0.11	3	5.55	0.07	11	4.85	0.19	3	4.38	0.26	9
80	5.17	0.18	3	5.58	0.11	11	4.92	0.07	4	4.60	0.09	8

Tabell 6. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i Drøbaksundet, (KN1, Elle lykt) i oktober fra forskjellige perioder i tidsrommet 1933-1981. (Data fra Braarud og Ruud (1937), Dannevig (1945), Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA).

Dyp	1933,-36,-39 -45,-47			1949-1960			1961-1965			1973-1981		
	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n
0	6.66	0.34	8	6.36	0.19	11	6.08	0.24	5	6.33	0.20	9
4							5.36	0.18	4	6.08	0.23	9
5	5.78	0.32	7	5.84	0.25	11						
8	5.50	0.31	7	5.47	0.22	10	5.25	0.16	4	5.43	0.17	9
10	5.35	0.20	8	5.47	0.14	11						
12							5.08	0.23	5	5.20	0.25	9
15	5.10	0.22	7	5.52	0.16	10						
16	5.01	0.21	7	5.40	0.15	10				4.93	0.22	9
20	5.16	0.24	7	5.32	0.18	10	4.90	0.20	5	4.71	0.16	8
30	5.04	0.21	7	5.18	0.09	11				4.52	0.08	9
40	4.94	0.18	8	5.45	0.13	10	4.66	0.12	5	4.45	0.12	9
50	5.09	0.13	7	5.44	0.17	10				4.52	0.11	9
60	5.26	0.06	7	5.44	0.17	10	4.86	0.13	4	4.38	0.26	9
80	5.14	0.09	8	5.55	0.07	11	5.06	0.09	5	4.60	0.08	8

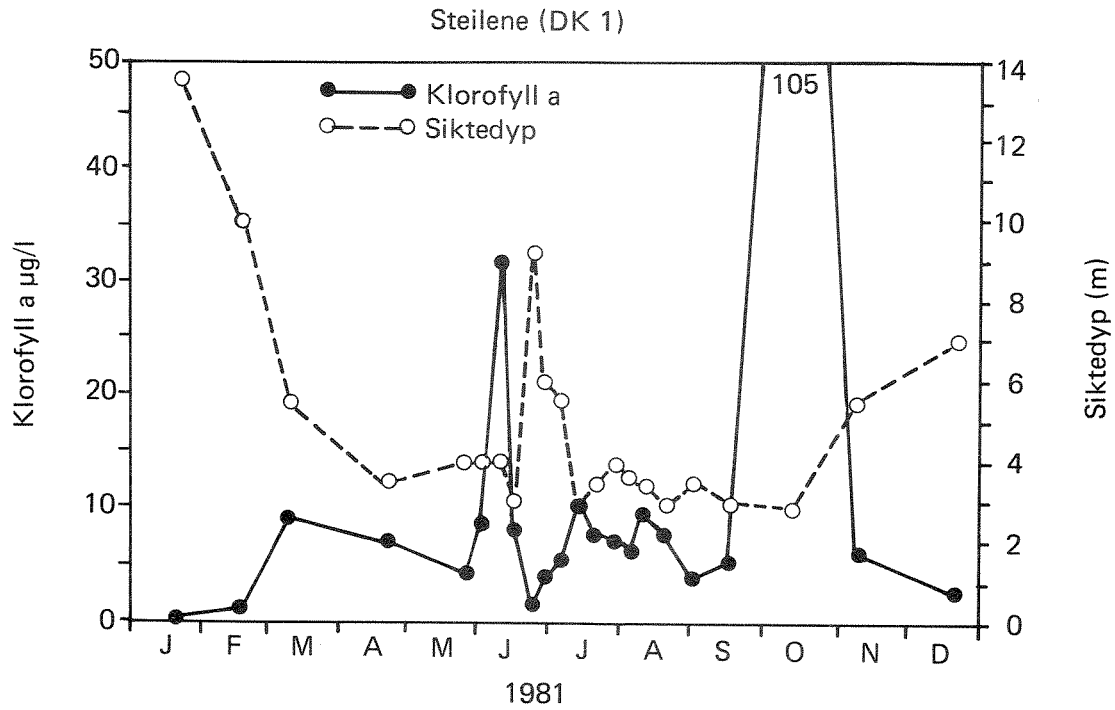


Fig. 26. Klorofyll a (0-2m) og siktedyp på stasjon DK1 (Vestfjorden). Klorofylltoppen i oktober skyldes oppblomstring av dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum*.

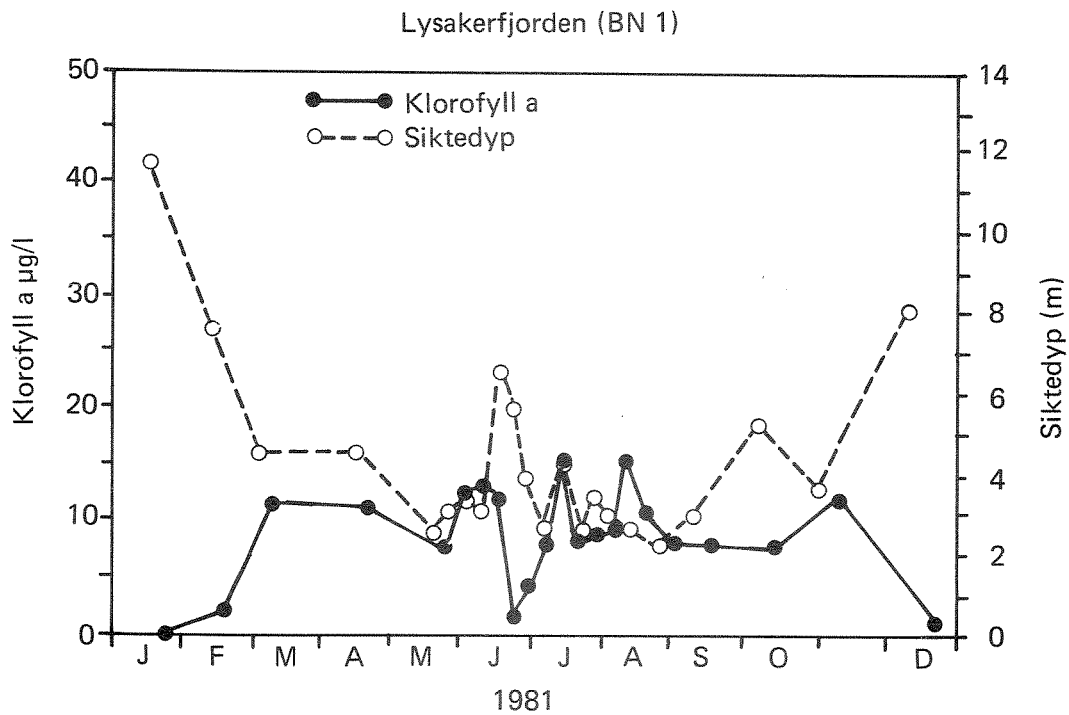


Fig. 27. Klorofyll a (0-2m) og siktedyp på stasjon BN1 (Lysakerfjorden). Vannutskiftning i slutten av juni førte til forbigående stort siktedyp og lavt klorofyllinnhold.

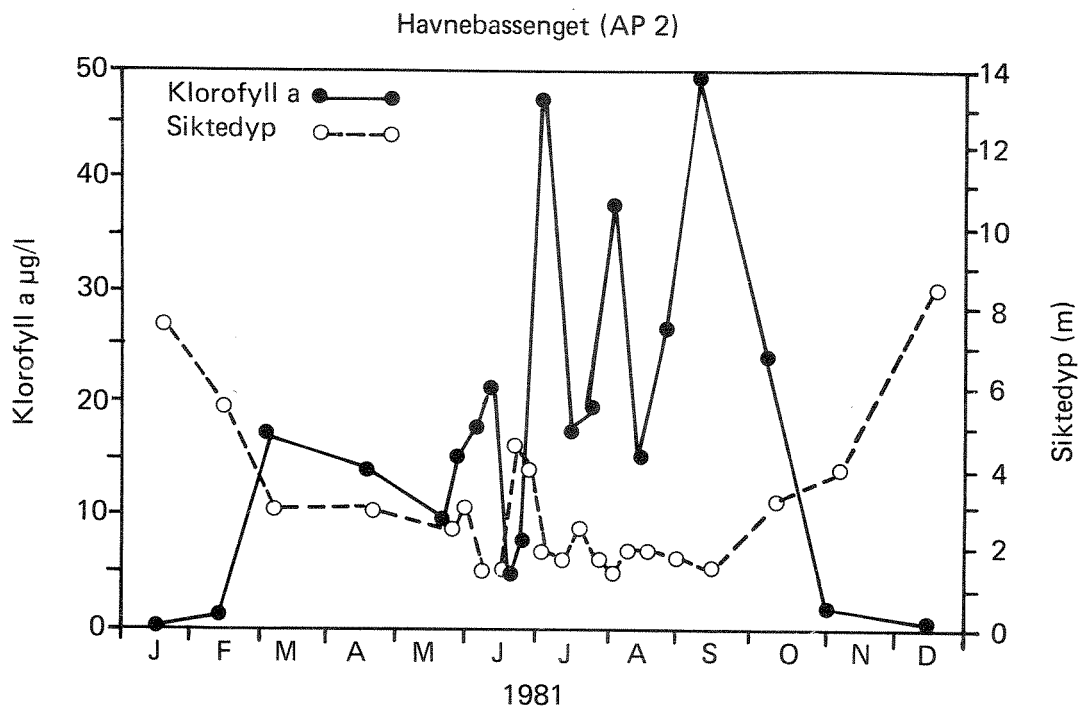


Fig. 28. Klorofyll a og siktedyb på stasjon AP2 (Havnebassenget) (0-2m). Klorofyllinnholdet var høyere enn normalt i sommerperioden.

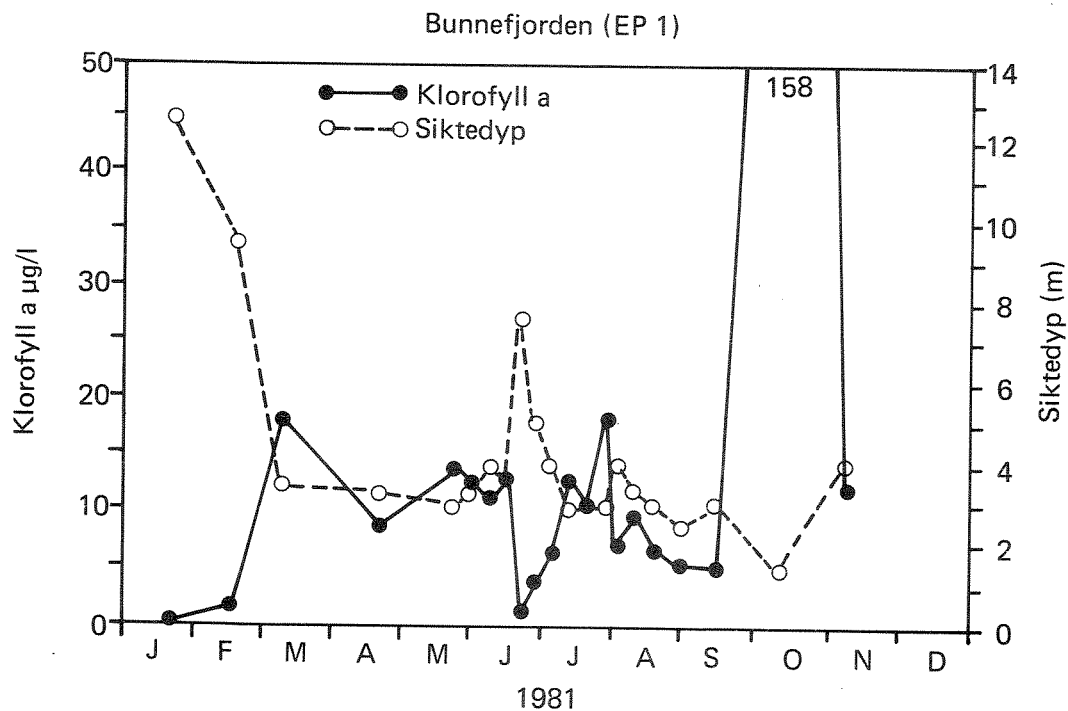


Fig. 29. Klorofyll a og siktedyb på stasjon EP1 (Bunnefjorden) (0-2m). Den ekstremt høye verdien i oktober skyldes oppblomstring av *Gyrodinium aureolum*.

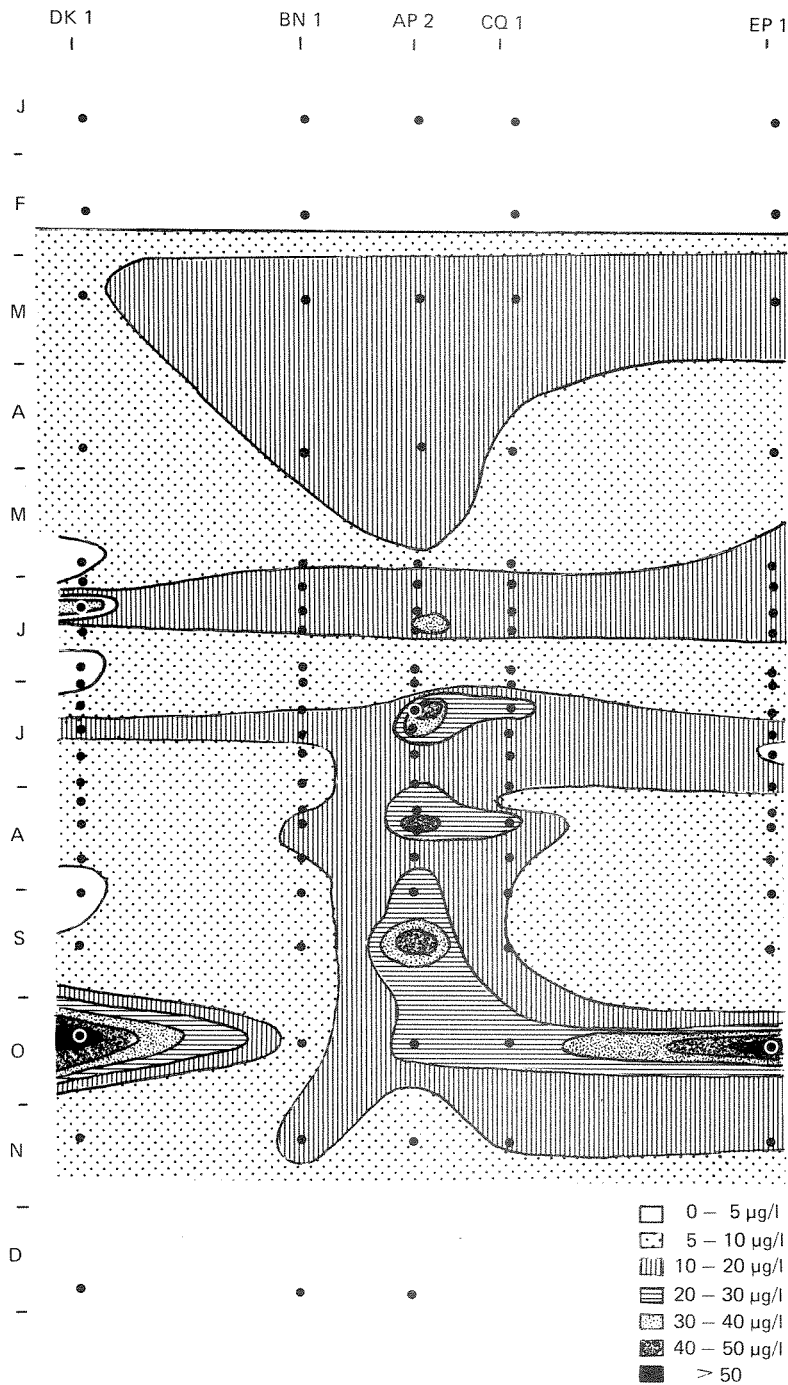


Fig. 30. Horisontalutbredelsen av klorofyll a i overflatevannet (0-2m) gjennom året i et lengdesnitt av fjorden fra Vestfjorden til Bunnefjorden. Klorofyllverdiene er som regel høyest i den nordligste delen av fjorden, men oppblomstringen av dinoflagellater i oktober hadde størst omfang i Vestfjorden og Bunnefjorden.

ca. 3.5 meter (Bunnefjorden og Vestfjorden). Fytoplanktonet i mars var dominert av kiselalger med Skeletonema costatum som den viktigste arten. (2.3×10^6 celler/l på stasjon DK1).

Etter en nedgang i mai økte klorofyllnivåene igjen i begynnelsen av juni. 10.6 var det over 30 $\mu\text{g/l}$ på stasjon DK1 i Vestfjorden, men siktedypet var allikevel 4 meter. Planteplanktonet var variert med et betydelig innslag av dinoflagellater. Det største bidraget til det høye klorofyllinnholdet kom sannsynligvis fra Gyrodinium galatheanum som ble funnet i et antall av 8.5×10^5 celler/l.

I slutten av juni førte en utskiftning av overflatevannet (fig. 16) midlertidig til lavere klorofyllnivåer og bedre sikt på alle stasjoner. I perioden juli-september var klorofyll-verdiene, som vanlig om sommeren, høyest i den nordligste delen av fjorden. I havnebassenget ble det i denne perioden målt mellom 15 og 50 μg klorofyll a/l med maksima 7.-14. juli, 4.-11. august og 16. september. I Vestfjorden (DK1) varierte klorofyllverdiene i juli-september fra 4-11 $\mu\text{g/l}$ og siktedypet var 3-5.5 meter. Lignende verdier ble målt i Bunnefjorden (EP1) bortsett fra i slutten av juli da klorofyllinnholdet var 18 $\mu\text{g/l}$.

De viktigste planteplanktonartene i juli-september var dinoflagellatene Prorocentrum micans og P.minimum, men flere andre dinoflagellater ble også funnet i forholdsvis stort antall (se også avsnitt om giftige planktonalger).

Misfarging av vannet som følge av oppblomstring av kalkflagellaten Emiliana huxleyi ble ikke observert i 1981, men det ble funnet et maksimum i forekomsten av denne algen i begynnelsen av september.

Høsten ble preget av en meget kraftig oppblomstring av dinoflagellaten Gyrodinium aureolum som kulminerte i oktober. Ved toktet 13.10 ble det målt helt opp til 150 μg klorofyll a/l på stasjon EP1 i Bunnefjorden og 105 $\mu\text{g/l}$ på DK1 i Vestfjorden. Årets laveste siktedyp på disse stasjonene ble målt samtidig (1.4 resp. 2.9 meter). I planktonprøvene ble det allikevel bare funnet 1.4×10^6 celler/l av Gyrodinium aureolum (13.10.).

Etter Gyrodinium-oppblomstringen gikk klorofyllnivåene ned, men også ved toktet i november var klorofyllkonsentrasjonene høyere enn normalt på flere

av stasjonene. I Vestfjorden var det 6.1 µg/l og i Bunnefjorden 11.8 µg/l 9.11. En prøve fra stasjon DK1 inneholdt 4.9×10^6 celler/l av kiselalgen Skeletonema costatum.

I desember var forholdene mere normale for årstiden med lave klorofyllverdier og forholdsvis bra siktedyp.

Veiede middelverdier for klorofyll a og siktedyp i perioden 20.6.-1.9.1981 er vist i tabell 7, sammen med verdier fra tilsvarende periode tidligere år. Sammenlignet med 1980 var klorofyll-verdiene for de fire stasjonene høyere i 1981. At siktedypet allikevel er bedre i 1981 skyldes at det i 1980 var spesielt lavt på grunn av en Emiliana-oppblomstring. Middelverdier for klorofyll på stasjon DK1 og AP2 var høyere i 1981 enn i 1978-80 mens siktedypene var mere normale.

Det mest påfallende trekk ved planktonutviklingen i 1981 var oppblomstringen av Gyrodinium aureolum i oktober. De klorofyll-verdier som ble registrert i sammenheng med denne masseforekomst er de høyeste som er målt på de regulære prøvetakingsstasjonene i Indre Oslofjord siden overvåkingsprogrammet startet i 1973. Det synes imidlertid som om denne arten har et meget høyt klorofyllinnhold og at biomassen derfor ikke var så stor som klorofyllnivåene tyder på.

Tabell 7. Gjennomsnittsverdier for klorofyll og siktedyp fra 20. juni til 1. september 1981 sammenlignet med foregående år. Gjennomsnittene er beregnet ved å ta gjennomsnittet av to tokt etter hverandre og multiplisere med antall dager mellom toktene, legge sammen disse tallene og dividere med antall dager i perioden.

STASJONER	Klorofyll a				Siktedyp (m)			
	1978	1979	1980	1981	1978	1979	1980	1981
Vestfjorden (DK1)	5.7	6.4	4.5	6.98	4.6	4.0	2.9	4.1
Bunnefjorden (EP1)	7.9	8.8	9.3	8.56	4.1	3.0	1.8	3.3
Lysakerfjorden (BN1)	10.9	12.1	8.5	9.88	3.5	3.0	2.1	3.5
Havnebassenget (AP2)	15.8	16.6	13.1	24.7	2.8	2.2	1.6	2.2

3.2.2 Giftige planktonalger

Forekomsten av giftige planktonalger i Oslofjorden vakte atskillig offentlig oppmerksomhet i 1981. Dette gjaldt både arter som tidligere har forårsaket blåskjellforgiftninger, og potensielt giftige arter som først i de senere år har blitt registrert i norske farvann. Alle de aktuelle artene i 1981 var dinoflagellater, en algegruppe som i de siste 5-10 år har hatt store oppblomstringer i Oslofjorden om sommeren og høsten. To av artene, Gonyaulax excavata og Prorocentrum minimum, ble spesielt omtalt i årsrapporten for 1979 (NIVA 1981).

I 1981 ble Gonyaulax excavata funnet i håvtrekkmateriale og vannprøver i april - mai og i august, men i små konsentrasjoner. Såvidt vi vet ble det ikke påvist PSP (paralyserende muslinggift) i matskjell fra Oslofjorden dette året. Ytterligere en art som står nær de PSP-produserende Gonyaulax-arter ble påvist i sporkonsentrasjoner i indre fjord gjennom det meste av sommerperioden. Dette var Gonyaulax dimorpha som tidligere er kjent fra to lokaliteter på norskekysten, Trondheimsfjorden (Dale 1977) og Oslofjorden (upubl. obs.). Det er foreløpig uvisst om også denne arten produserer PSP.

Prorocentrum minimum hadde i 1981 sin hittil største oppblomstring i Nord-Europeiske farvann. Det ble observert store mengder i hele Kattegat, inkludert den svenske vestkysten, i Skagerrak og langs norskekysten. De største konsentrasjonene under denne oppblomstringen ble registrert i Indre Oslofjord. En del observasjoner herfra er gjengitt i Tabell 8. Konsentrasjoner på over 100 millioner celler pr. liter ble registrert i en periode på over en måned, og oppblomstringen hadde en varighet på ca. to måneder i indre fjord, fra slutten av juli til slutten av september. Bestanden var til enhver tid ujevnt fordelt. Dette fremgår svært tydelig av resultatene fra 23/8 da overflatevannet på Bygdøysiden av Frognerkilen var sterkt misfarget av store bestander av Prorocentrum minimum, mens det på bysiden (Vippetangen) bare var et beskjedent innslag av denne arten. Også en del andre tilfeller av ujevn horisontalfordeling innenfor avgrensede lokaliteter fremgår av Tabell 8.

Tabell 8. Maksimumskonsentrasjoner av Prorocentrum minimum i overflateprøvene fra Indre Oslofjord 1981.

30/7	Bårumbassenget BL-4	0,70	mill. c/l
	Bekkelagsbassenget CQ-1	0,65	"
	Lysakerfjorden BN-1	0,40	"
11/8	Havnøbassenget AP-2	1,9	"
13/8	Sjursøya	141	"
23/8	Sjøfartsmuscet	186	"
	Dronningen	18	"
	Vippetangen	0,70	"
10/9	Honnørbygga I	371	"
	" II	296	"
	" III	64	"
	" IV	381	"
23/9	Langvikbukta I	90	"
	" II	73	"
	" III	12	"
13/10	Steilene DK-1	0,04	"

Gyrodinium aureolum hadde i 1981 en vidt utbredt oppblomstring som også berørte Oslofjorden. Oppblomstringsområdet omfattet Kattegat og Skagerrak med tilgrensende kystområder og kysten av Vestlandet opp til Bergen. Arten begynte å gjøre seg gjeldende i Oslofjorden i begynnelsen av oktober mens oppblomstringen på samme tid kulminerte i områdene utenfor, og de største bestandene i indre fjord ble registrert i slutten av oktober. Dette er en forsinkelse på to-tre uker i forhold til kyst- og havområdene utenfor fjorden, og det kan være grunn til å oppfatte forekomstene i Oslofjorden som en utløper av den egentlige oppblomstringen, med et næringsgrunnlag fra lokale tilførsler til overflatelagene i indre fjord.

Den store offentlige interessen for denne oppblomstringen skyldtes først og fremst at den var ledsaget av omfattende dødelighet hos fisk og en rekke dyrearter i fjæresonen og på grunt vann. I Oslofjorden ble det rapportert fiskedød fra vestsiden av Nesoddlandet, der det ble funnet død laks og torsk ved Vassholmen og Ildjernet. I ytre fjord var det omfattende dødelighet blant frittlevende torsk og av brisling som stod i steng, spesielt på vestsiden av fjorden. Fra østsiden av fjorden ble det registrert død torsk og ål innenfor Hvaler.

Ved Avdeling for Marin Botanikk ved Universitetet i Oslo er det under utarbeidelse spesialrapporter om denne oppblomstringen.

Både Prorocentrum minimum og Gyrodinium aureolum er potensielt giftige arter. Omfattende epidemier ved konsum av matskjell i andre land er satt i direkte forbindelse med forekomsten av Prorocentrum minimum, og giftstoffene er isolert og delvis oppklart kjemisk (Okaichi & Imatomi, 1979). Giftstoffer er også isolert fra Gyrodinium aureolum, og det er antatt at dette er stoffer som har forårsaket dødeligheten hos fisk og andre dyr. Hos begge arter synes det som om giftproduksjonen utløses under bestemte miljøforhold, men det er foreløpig ikke kjent hvilke forhold som er avgjørende.

Når observasjonene fra Oslofjorden sees i sammenheng med planktonobservasjoner fra andre deler av norskekysten, er det åpenbart at forekomsten av giftige dinoflagellater har økt i de senere år.

Prorocentrum minimum, Gyrodinium aureolum og Gonyaulax excavata er nå regulære komponenter i planteplanktonet i Oslofjorden, og det må forventes at det også senere kan opptre i ugunstig store konsentrasjoner.

3.2.3 Næringsalter og vekstpotensial

Analyseprogrammet for plantenæringsstoffer i overflateprøver (0-2 meter) i 1981 omfattet total nitrogen (N), total fosfor (P), fosfat, nitrat og ammonium. I tillegg ble det gjort vekstpotensialmålinger og tilsetningsforsøk for identifisering av vekstbegrensende næringsstoff. Som testealge ble Phaeodactylum tricornutum brukt.

I figurene 31-37 er variasjonene i total P og total N gjennom året på seks stasjoner i Indre Oslofjord fremstilt. På alle stasjoner minker total P fra januar til mars. I sommerhalvåret er det til dels store svingninger med et mønster som er forskjellig for de ulike stasjonene. Det viser at det er store variasjoner i konsentrasjoner av total P både i tid og rom. På de fleste stasjonene øker konsentrasjonen av total P utover høsten.

Variasjonsmønsteret for total N er ofte i samsvar med total P, men noen ganger avviker de to parameterene. Forholdet N/P var lavest i januar,

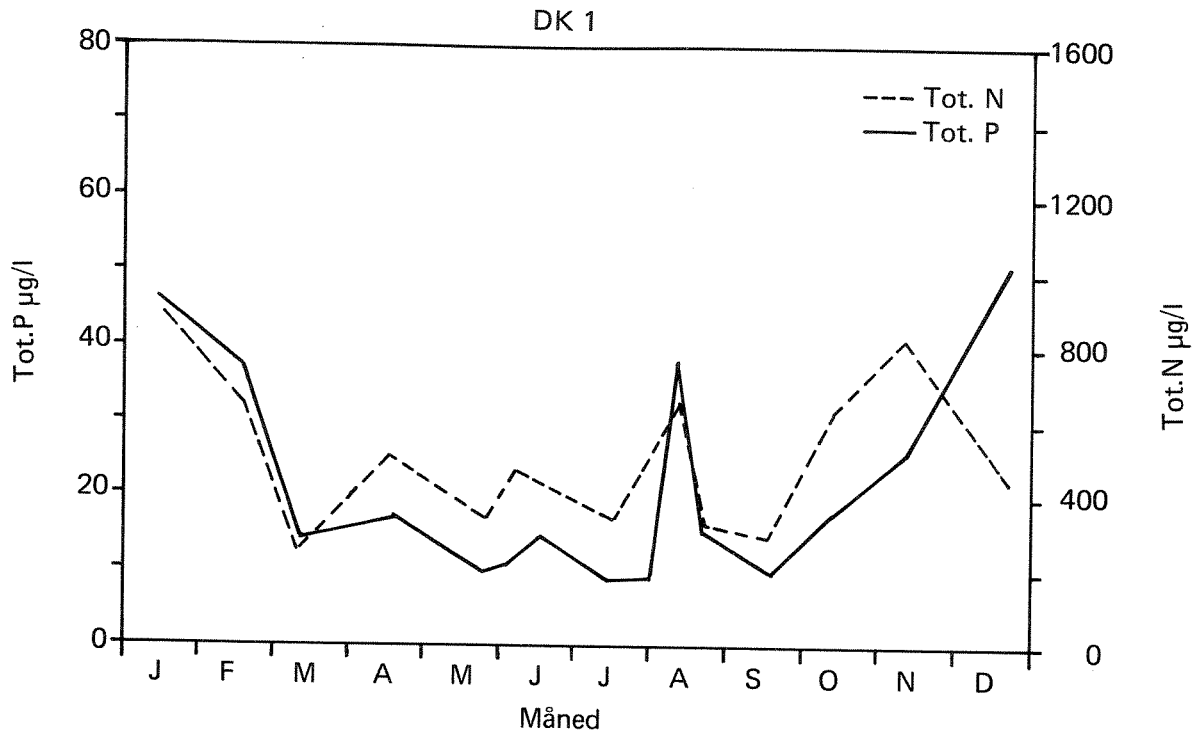


Fig. 31. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon DK1 (0-2m).

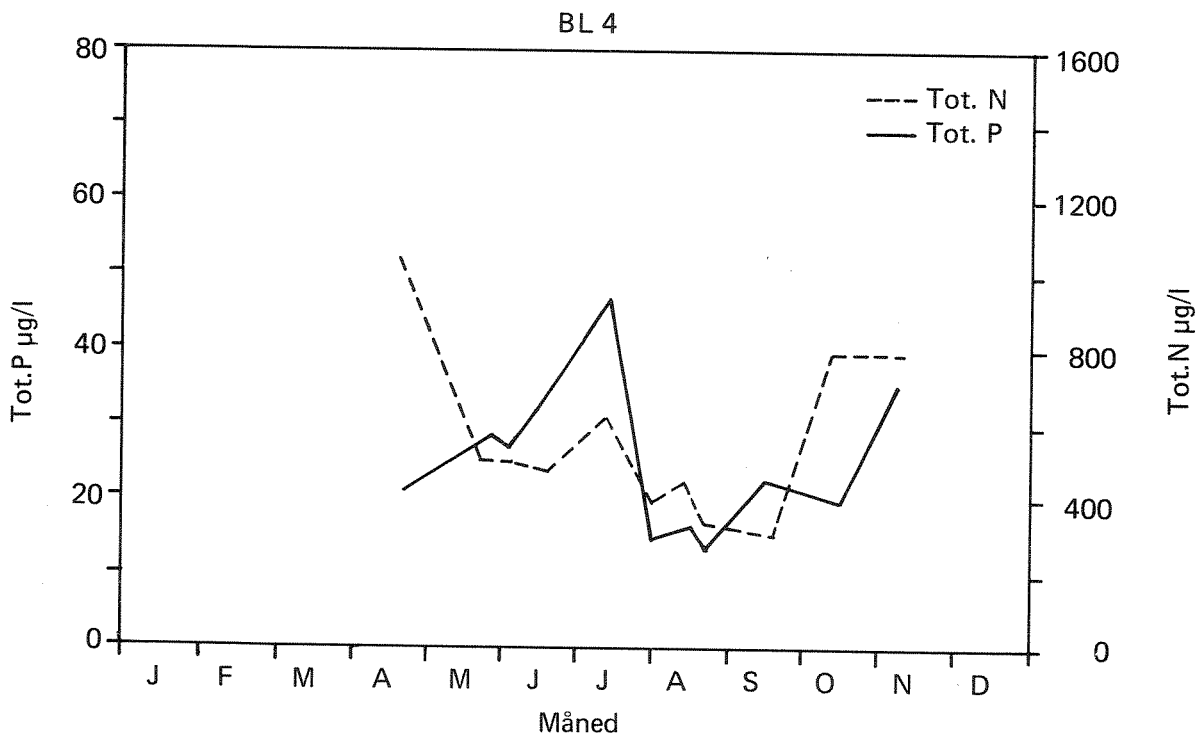


Fig. 32. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon BL4 (0-2m).

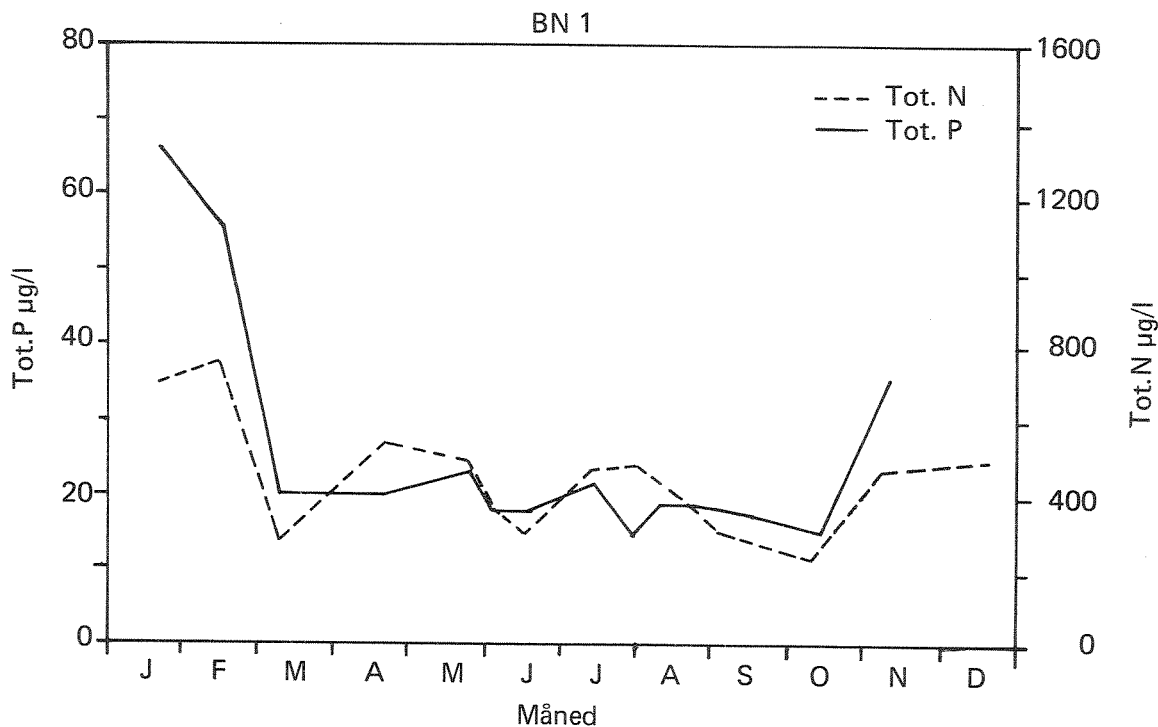


Fig. 33. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon BN1 (0-2m).

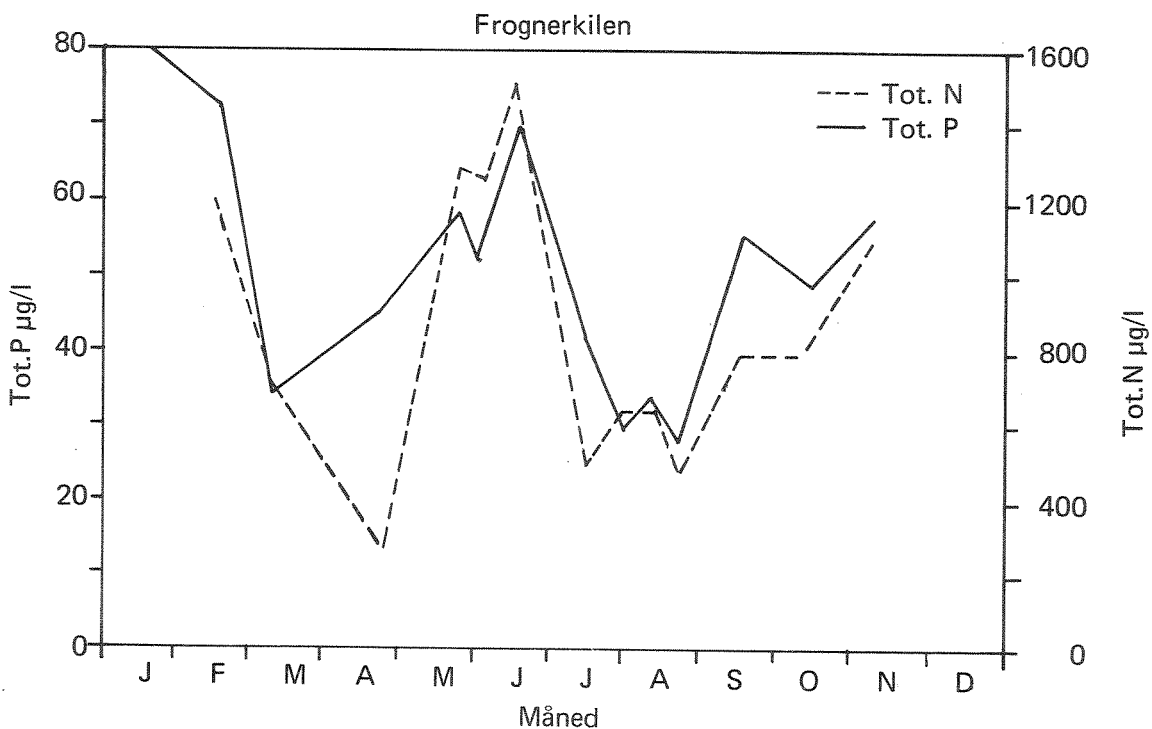


Fig. 34. Total fosfor (P) og nitrogen (N) i Frognerkilen (0-2m). Meget høyere verdier gjennom hele året tyder på sterk forurensningsbelastning.

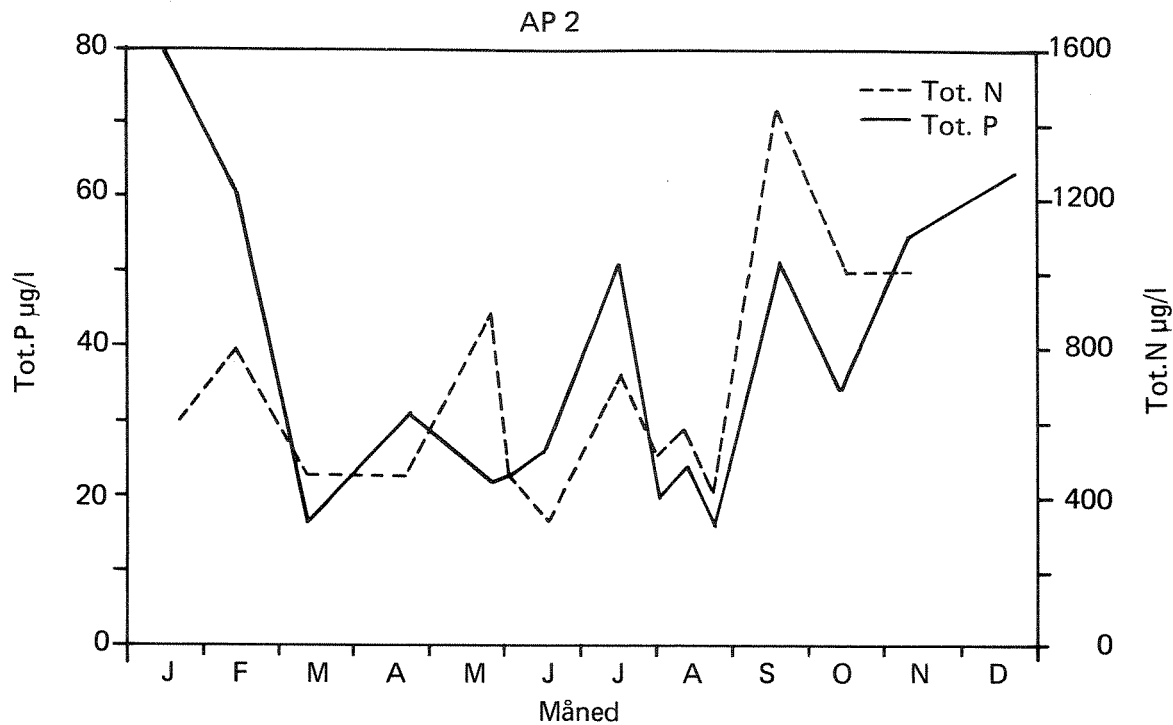


Fig. 35. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon AP2 (0-2m).

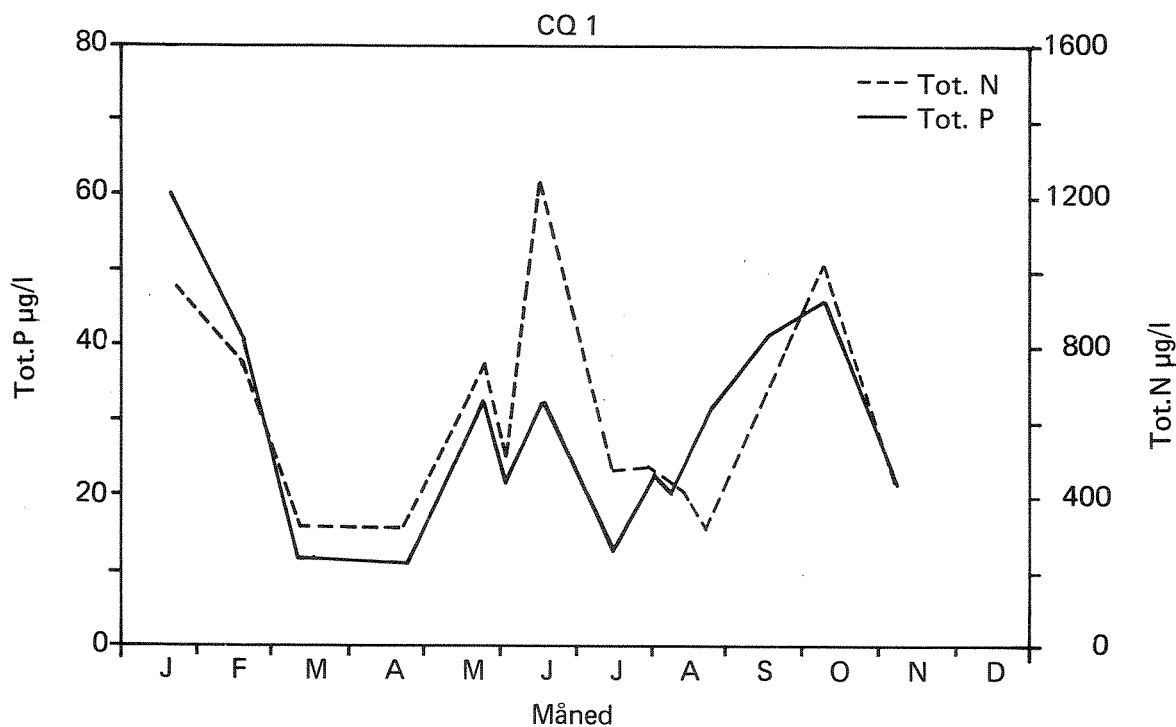


Fig. 36. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon CQ1 (0-2m). Variasjonsmønsteret er likt for de begge parametrene.

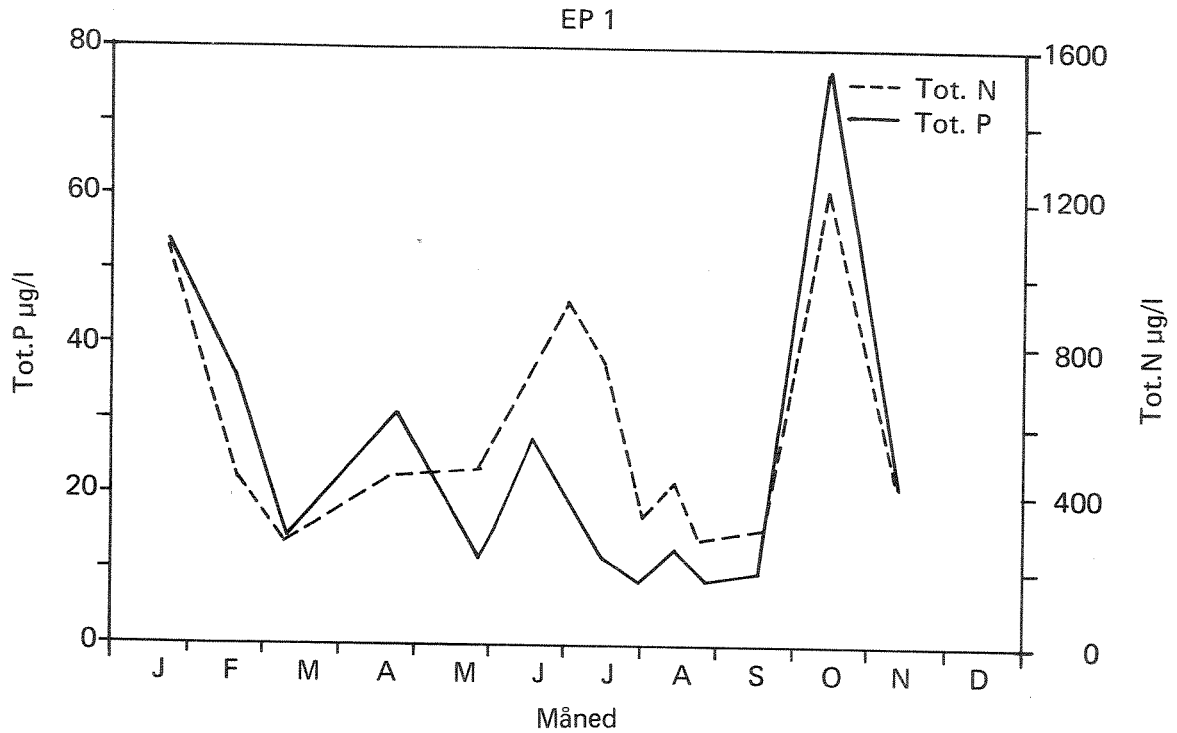


Fig. 37. Total fosfor (P) og nitrogen (N) på stasjon EP1 (0-2m). Konsentrasjonsmaksima i oktober sammenfaller med oppblomstringen av *Gyrodinium aureolum*.

februar og desember. For disse månedene var middelverdien for N/P (vekt-basis) for alle observasjonene 13.3 med standardavvik 4.3. For resten av året var middelverdien 24.7 og standardavviket 9.8.

Konsentrasjonene av uorganiske oppløste fraksjoner av P og N varierte mere enn totalinnholdet på grunn av den biologiske omsetningen av plantenæringsstoffer. Nitrat- og fosfat-konsentrasjonene var høyest om vinteren når algenes mengde og aktivitet er lav.

På våren sank fosfatkonsentrasjonene i Vestfjorden fra 43 $\mu\text{g P/l}$ i januar til 6 $\mu\text{g P/l}$ i mai. Deretter holdt konsentrasjonen seg under 8 $\mu\text{g/l}$ helt til i november, med unntak for en observasjon i august da det ble målt 24 $\mu\text{g/l}$. På stasjonene i den nordligste delen av fjorden var fosfatinnholdet som regel høyere enn i Vestfjorden og Bunnefjorden.

Nitratinnholdet var i januar 250-350 $\mu\text{g N/l}$ på samtlige stasjoner i Indre Oslofjord. Ved våroppblomstringen begynte konsentrasjonen å synke og var fra begynnelsen av juni til midten av september i de fleste tilfeller under deteksjonsgrensen 10 $\mu\text{g N/l}$. I oktober begynte økningen mot vintermaksimum igjen.

Ammoniumkonsentrasjonen varierte etter et annerledes mønster enn nitrat og fosfat. De høyeste konsentrasjonene ble målt om våren og høsten. Om sommeren var konsentrasjonene som regel lavere, men allikevel ikke så lave som for nitrat.

Resultater av vekstpotensialmålinger og fosfatanalyser er vist for de forskjellige stasjoner i figurene 38-44. Vekstpotensialet varierer i hovedsak med næringssaltnkonsentrasjonene, dvs. med høye verdier om vinteren og lave i vekstperioden. De høyeste verdiene ble målt på stasjonene i Frognerkilen og Havnebassenget (opp til 1500×10^6 celler/l). Om sommeren var nivåene mere like på alle stasjonene med unntak for Frognerkilen som som oftest hadde noe høyere vekstpotensial.

De laveste verdiene om sommeren var ca. 20×10^6 celler/l. Det betyr at det er næringsgrunnlag for en viss biomasseproduksjon i tillegg til de alger som var til stede i fjorden.

Av figurene 38-44 fremgår det at variasjonene i vekstpotensialet stort sett fulgte variasjonene i fosfatkonsentrasjonen. Forholdet mellom fosfatkonsentrasjon og vekstpotensial i samtlige prøver er vist i figur 45. Lineær regressjon av datamaterialet viser at cellutbyttet øker ca. 20×10^6 celler/l for hvert μg fosfat-P. Korrelasjonskoeffisienten er 0.947. Tilsvarende korrelasjonskoeffisient for celleutbytte som funksjon av nitrat + ammonium er bare 0.587. Den klare sammenhengen mellom fosfatkonsentrasjon og celleutbytte tyder på at fosfat er det næringsstoff som er mest bestemmende for hvor stor algebiomasse som kan produseres i vann fra Indre Oslofjord. Dette understøttes også av tilsetningsforsøkene som ble utført i sammenheng med vekstpotensialmålingene. Resultatene er sammenstilt i Tabell 9, som viser at ved tilsammen 88 prosent av testene var celleutbyttet bestemt av fosfor alene eller i kombinasjon med nitrogen. Tilfeller med nitrogenbegrensning av celleutbyttet ble registrert i januar og i juni.

Tabell 9. Begrensende næringsstoff for celleutbytte ved vekstpotensialmålinger med Phaeodactylum tricornutum i vannprøver fra Indre Oslofjord.

Begrensende næringsstoff	Antall prøver	Prosent
P	65	69
P + N	18	19
N	9	10
?	2	2

3.2.4 Vertikalutbredelse av gruntvannsflora og fauna

Formålet med denne biologiske undersøkelsen var å kartlegge nedre grense for algevegetasjon på 7 stasjoner i indre Oslofjord (figur 486).

Forandringer i vertikalprofiler over et visst antall år, vil kunne gi oss bedre muligheter til å fastslå om det er skjedd en forbedring eller forverring av forurensningsforholdene i Oslofjorden.

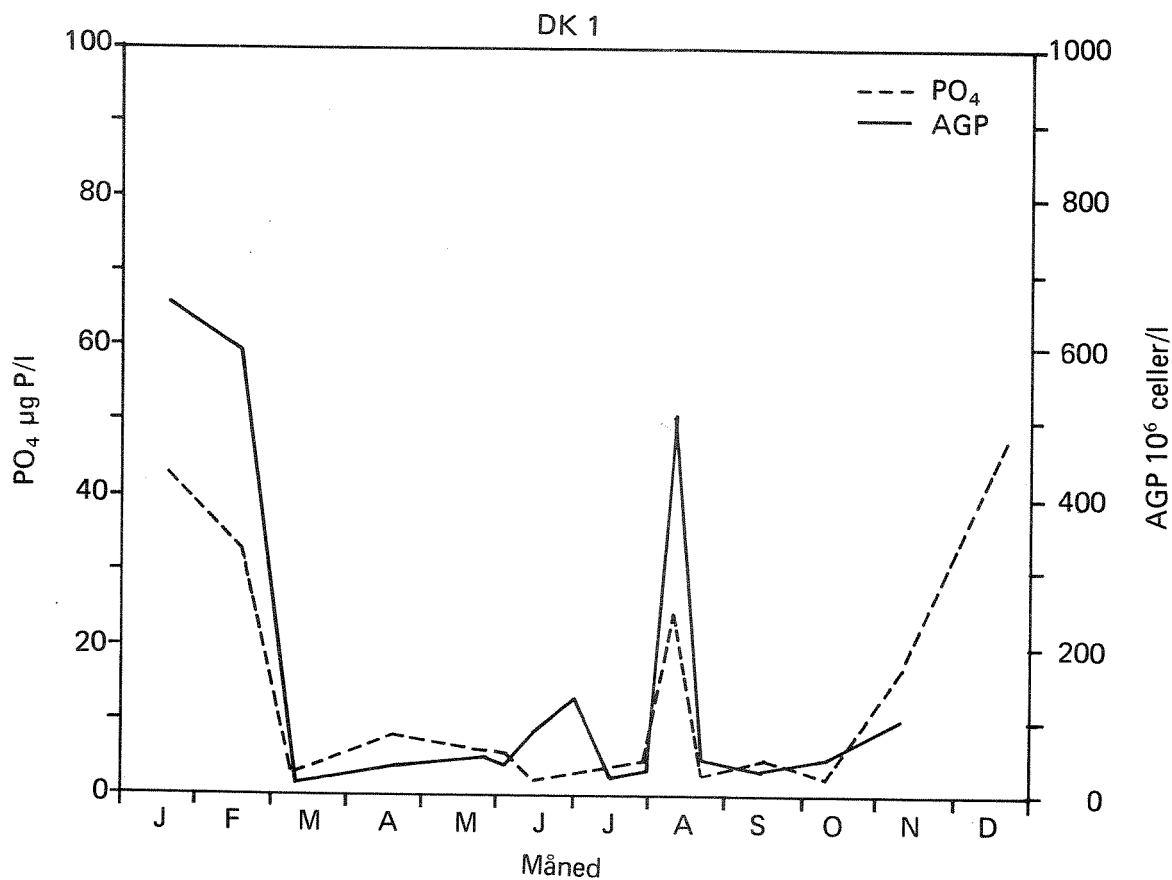


Fig. 38. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon DK1 (0-2m). Etter våroppblomstringen er verdiene lave bortsett fra en episode i august som trolig skyldes innblanding av næringsrikt dypvann.

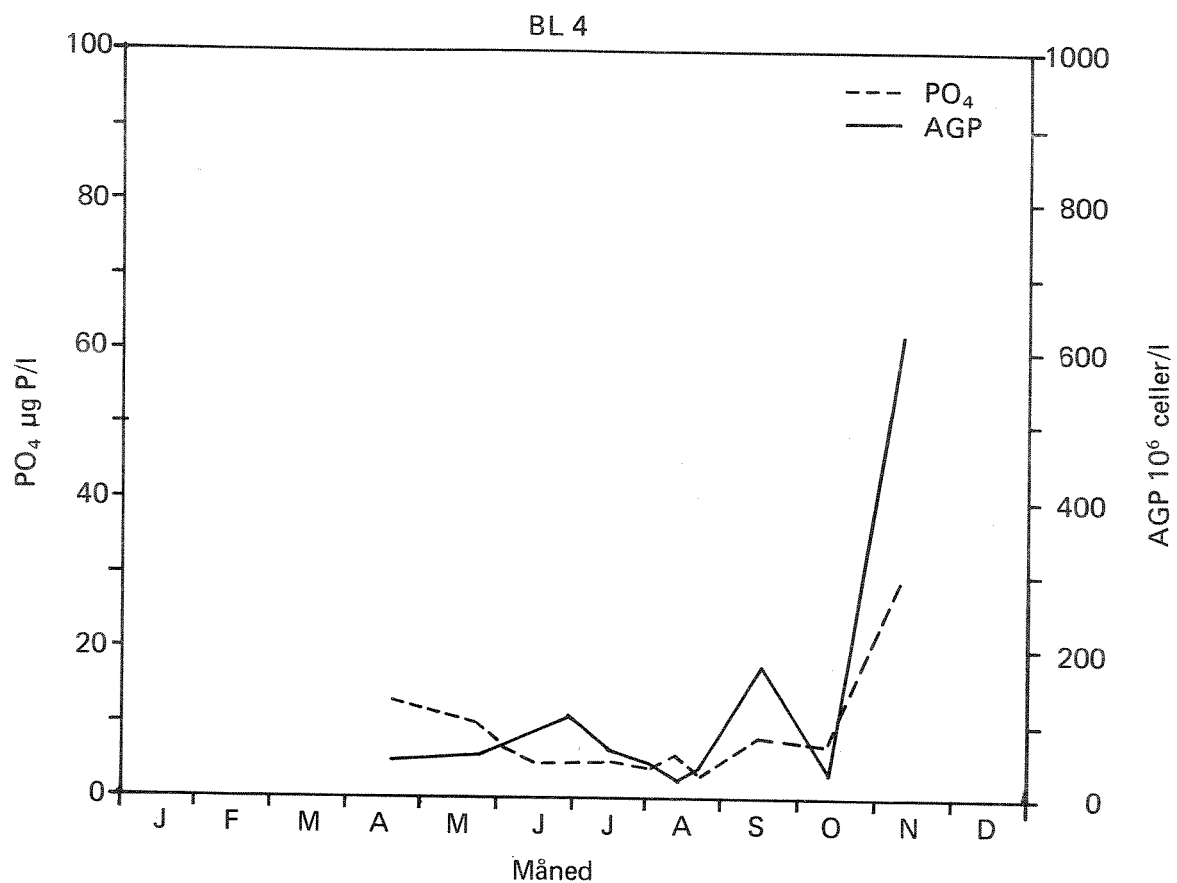


Fig. 39. Fosfatkonsentrasjon (PO₄) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon BL4 (0-2m).

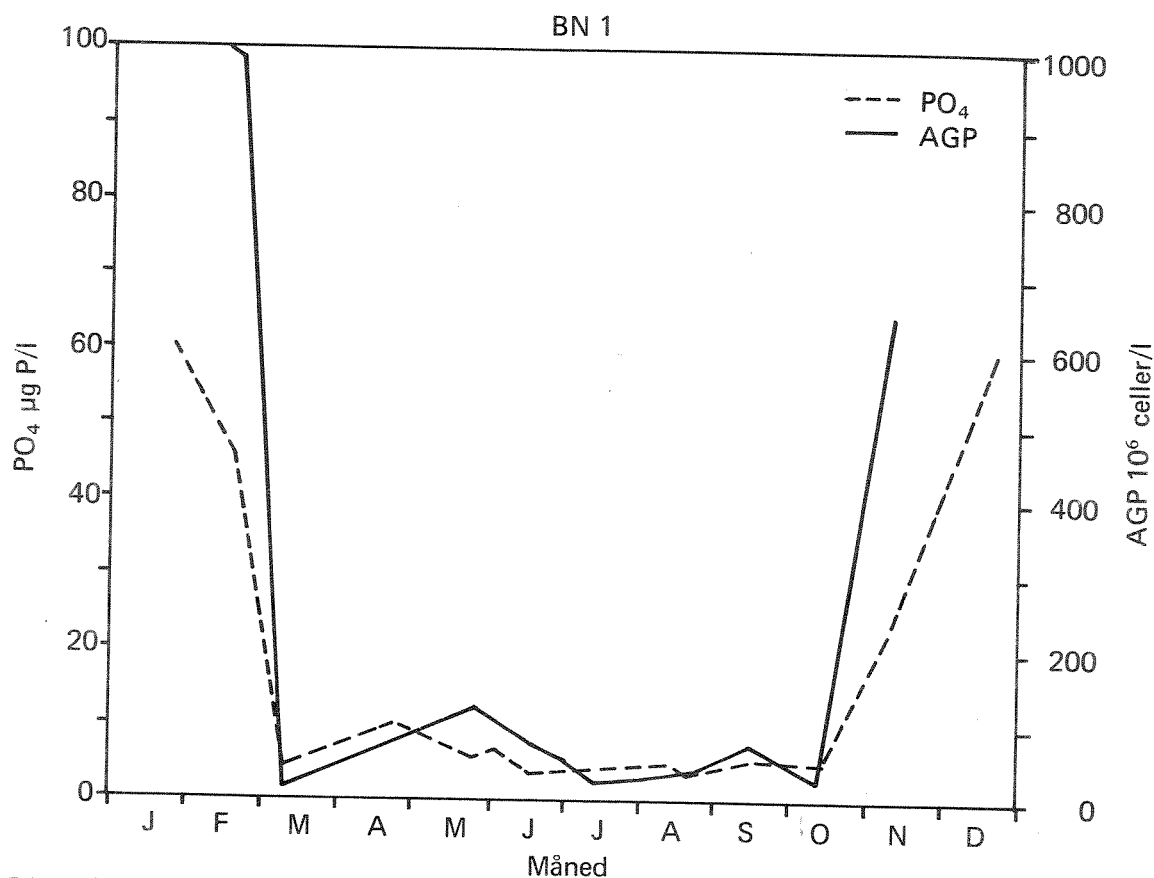


Fig. 40. Fosfatkonsentrasjon (PO₄) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon BN1 (0-2m).

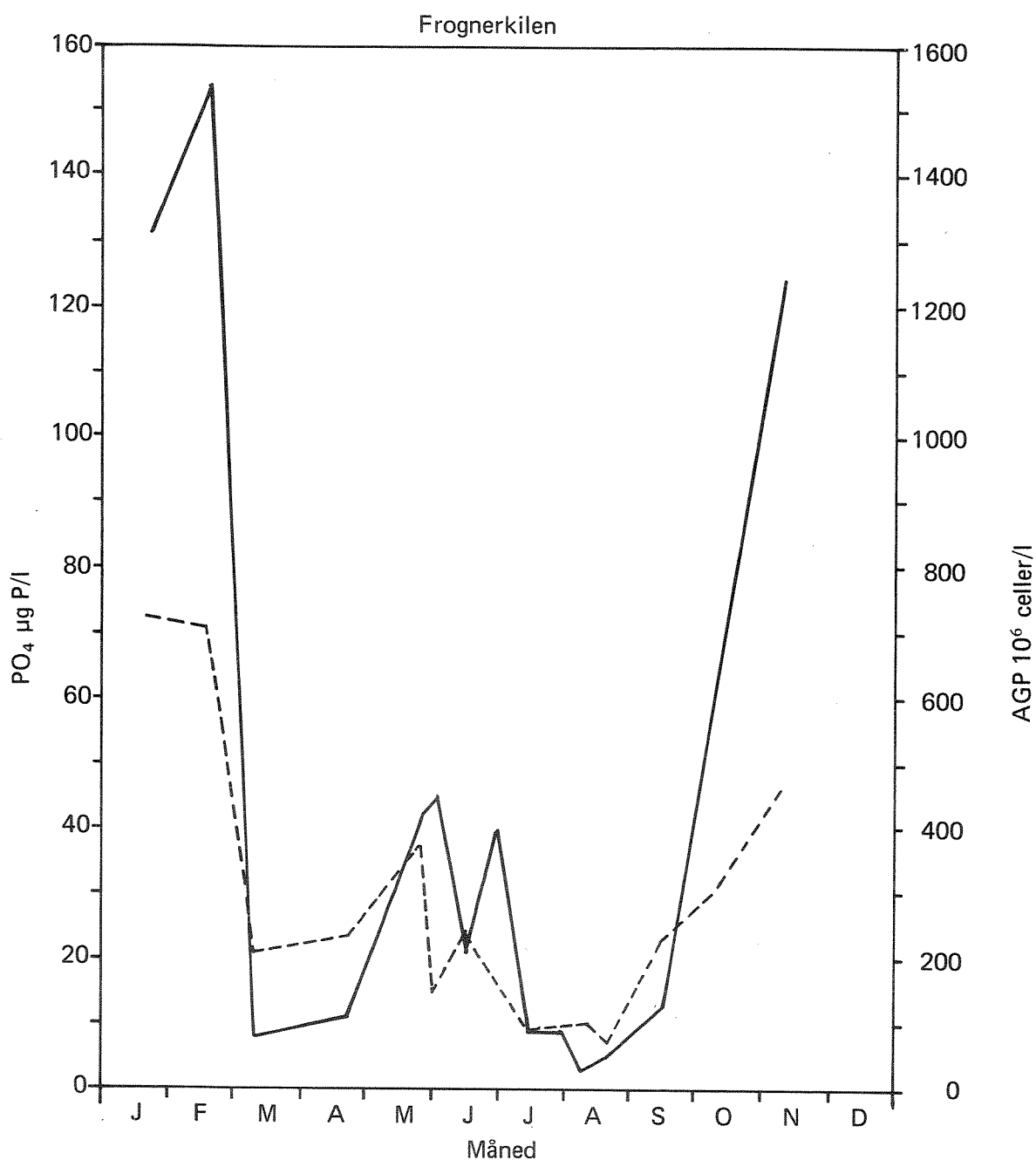


Fig. 41. Fosfatkonsentrasjon (PO₄) og algevekstpotensial (AGP) i Frognerkilen (0-2m). Verdiene er meget høye om høsten og vinteren, men det forholdsvis høye næringsinnholdet om sommeren viser at det er overskudd av næring til tross for en høy algebio-masse.

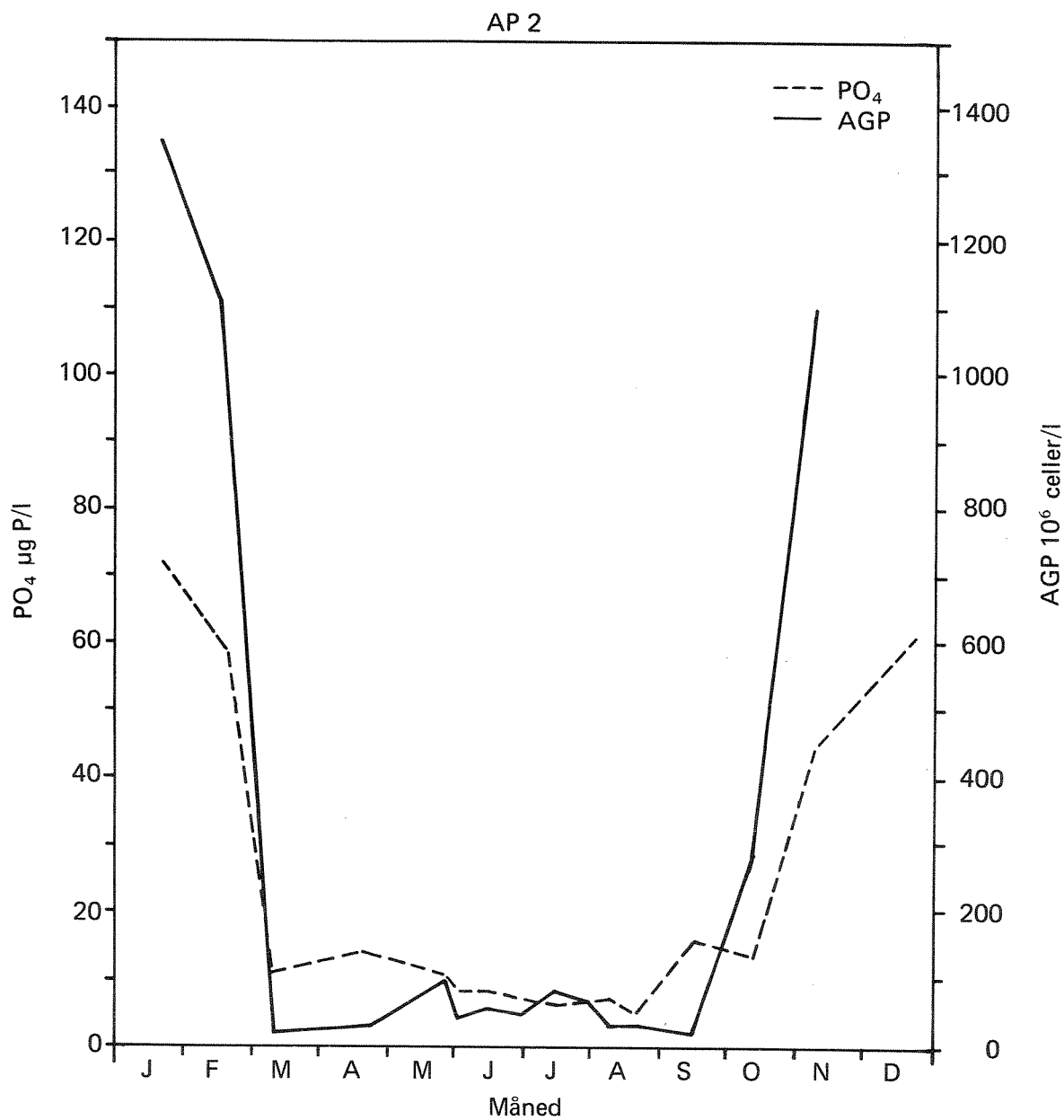


Fig. 42. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon AP2 (0-2m). Næringsinnholdet er meget høyt høst og vinter, men relativt lavt om sommeren.

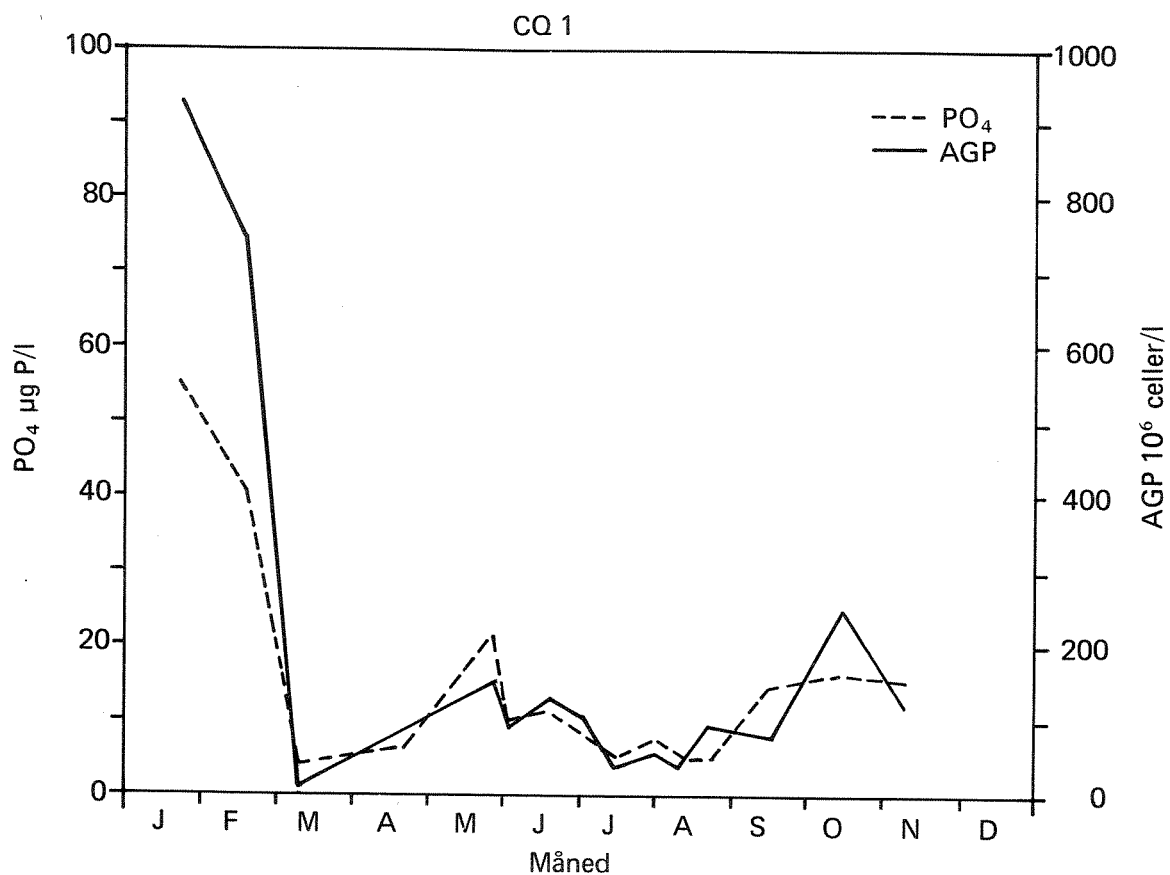


Fig. 43. Fosfatkonsentrasjon (PO_4) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon CQ1. (0-2m)

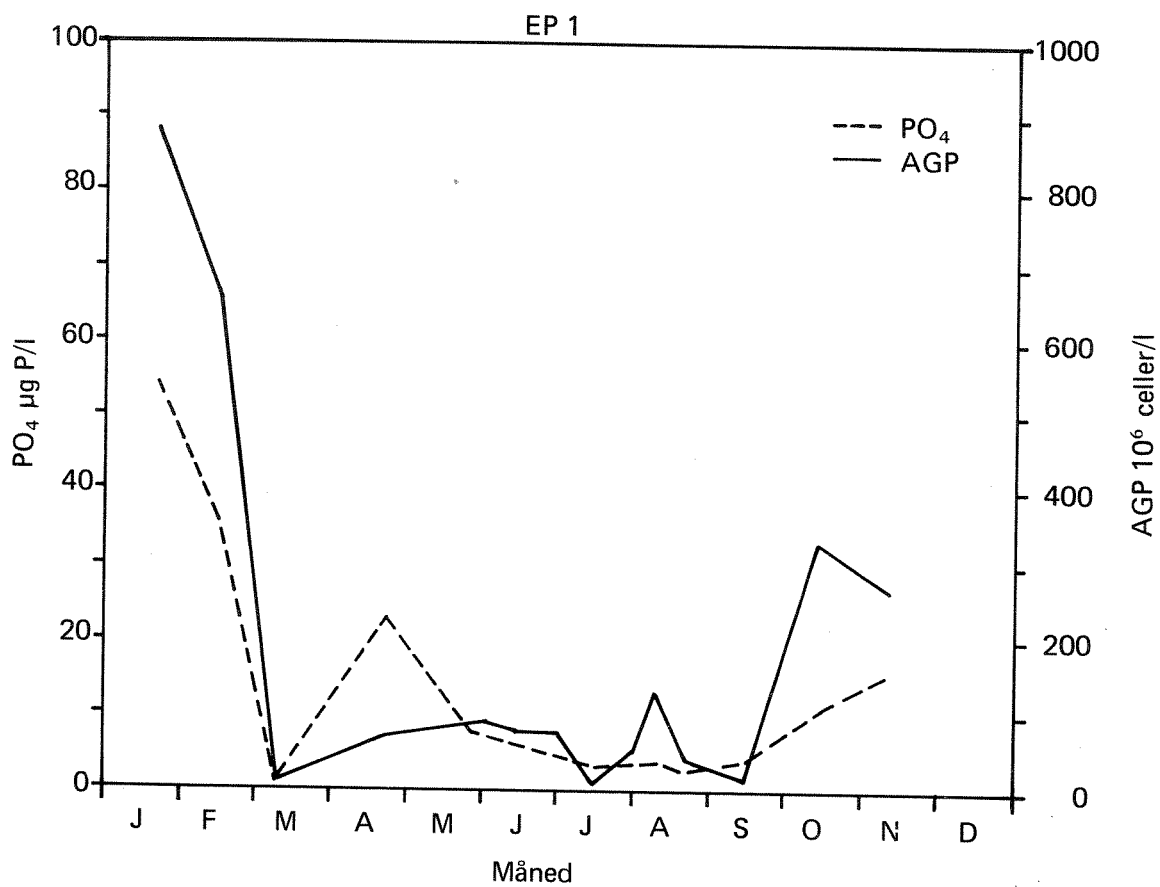


Fig. 44. Fosfatkonsentrasjon (PO₄) og algevekstpotensial (AGP) på stasjon EP1. (0-2m)

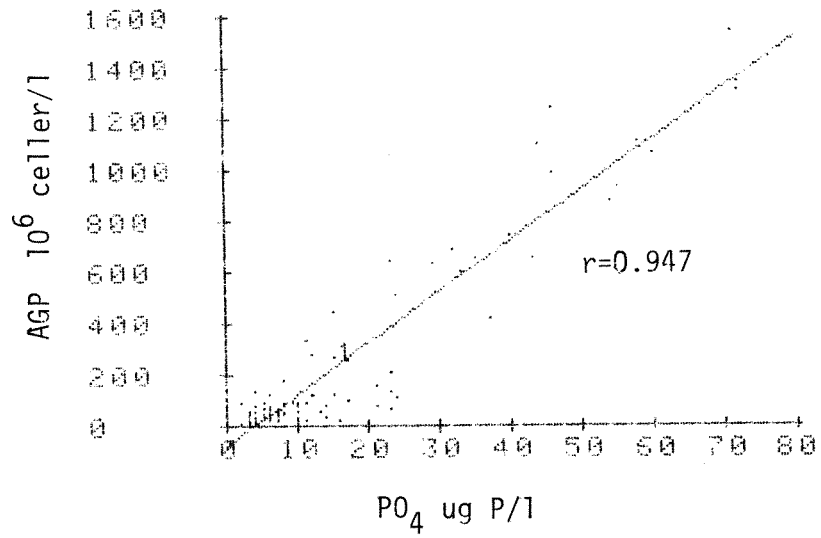


Fig. 45. Algevekstpotensial som funksjon av fosfatkonsentrasjon for samtlige målinger i 1981 (0-2 m). Den høye korrelasjonskoeffisienten ($r=0.947$) viser et sterkt samband mellom de to parametrene.

Algene trenger lys til sin fotosyntese og de fastsittende algers vertikale utbredelse vil derfor være avhengig av hvor langt ned sollyset går og i hvilken grad algene er i stand til å utnytte dette lyset. Vanligvis er det rødalgene som går lengst ned. Lysgjennomgangen i vannet er avhengig av turbiditeten i vannet (siktedyp).

Ved å benytte de bentiske indikatororganismer vil man få et mål for lysgjennomgangen over lengre tid. Vanligvis vil nedre vegetasjonsgrense bestå av én eller to arter.

Andre faktorer som bestemmer nedre vegetasjonsgrense er substratets konsistens, hellningsvinkel og orientering. Blåskjell som er meget alminnelig i indre Oslofjord vil i den eufotiske sone danne et jevnt over utilfredsstillende substrat for alger. En annen slik begrensende faktor er beiteeffekt. Beiting fra kråkeboller, slangestjerner og muslinger kan medføre at nedre vegetasjonsgrense løftes oppover (Jorde og Klavestad 1963).

Metode

Vertikalutbredelse av større gruntvannsorganismer registreres ved dykking. Forekomsten av disse kvantifiseres (semikvantitativt) i tre kategorier: spredt, vanlig og dominerende eller assosiasjonsdannende. Metoden er beskrevet av Haugen og Kvalvågnes, (NIVA 1974).

Det må presiseres at artslistene er mangelfulle i de grunne deler av vertikallprofilene, da hovedvekten er lagt på registrering av algenes nedre grense og artssammensetning nær denne. Skorpeformede alger er ikke inkludert. I 1974 og 1981 ble nedre grense registrert ved dykking, mens de tidligere observasjoner bygger på skraping. Med den senere metoden foreligger det en risiko for underregistrering.

Stasjonen ved Steilene er undersøkt tidligere (Klavestad 1967 og NIVA 1974). Det er derfor lagt mest vekt på denne stasjonen for å kunne ha muligheter for å påvise forandringer over tid. De øvrige stasjonene er sammenliknet med Klavestads undersøkelse fra 1962 til 1965 og den samme inndeling i område fra I til IV vil bli benyttet (figur 46).

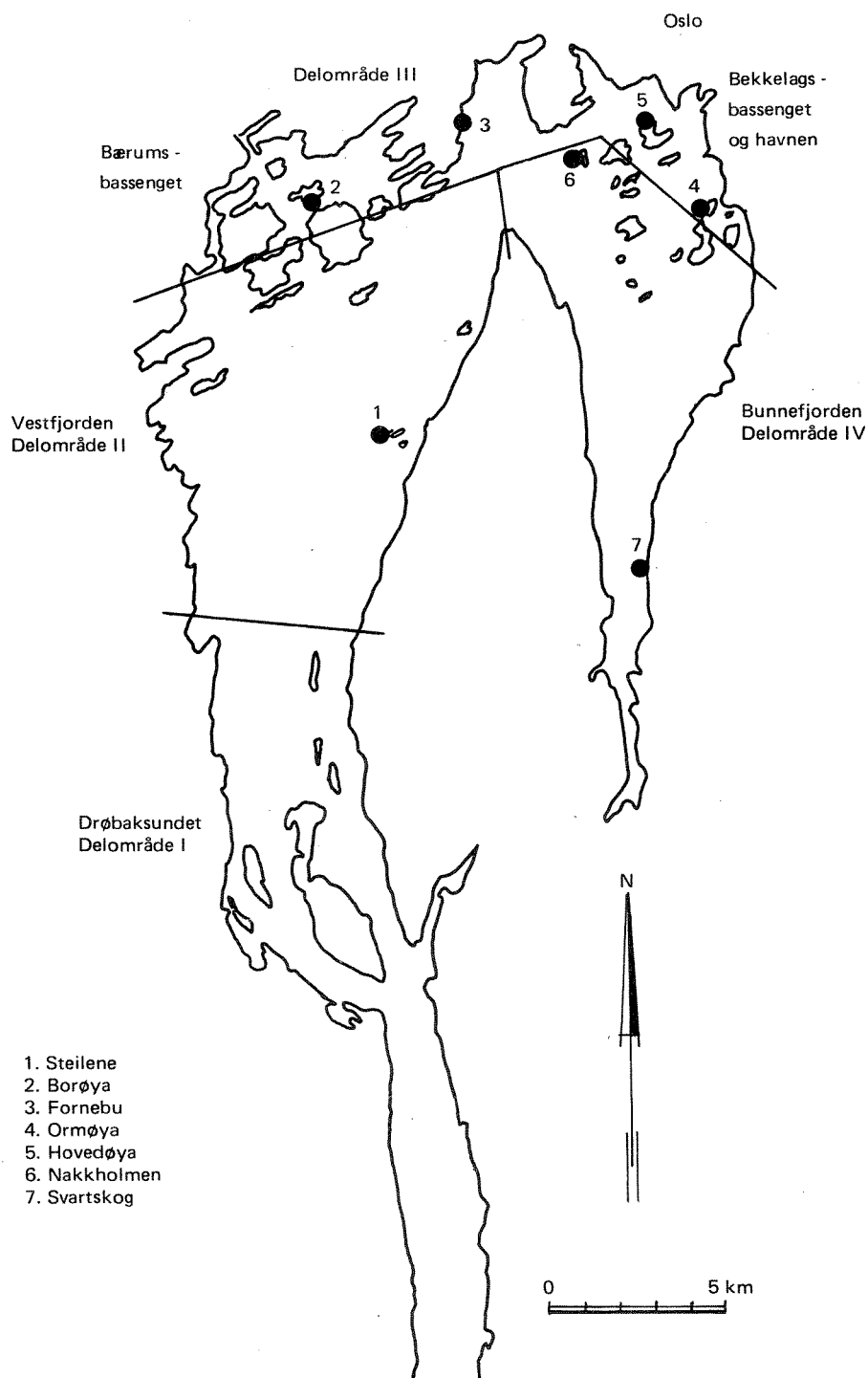


Fig. 46. Stasjonskart for undersøkelse av nedre voksegrense for fastsittende alger på 7 stasjoner i Indre Oslofjord den 29-30.9.81.

Resultater

Tabell 10-17 gjengir resultatene fra de 7 stasjonene.

STEILENE (St. 1)

Denne stasjonen ligger i en overgangssone fra den mindre forurensede ytre del av Oslofjorden (område I) til den forurensede indre del av Oslofjorden (område III og IV) figur 46. I denne sonen vil en lettest kunne spore eventuelle forandringer i vertikalprofilene som muligens kan føres tilbake til forandringer i vannkvaliteten.

På denne stasjonen går algene dypest. Ulva lactuca ble observert på hele 11 meters dyp. I 1974 var nedre grense for algevegetasjonen 6 m og to grønналger ble funnet, Ulva lactuca og Codium fragile (NIVA 1974). Codium fragile ble ikke funnet i 1981. Det ser ut til at flere alger vokste dypere i 1981 enn under 1974-undersøkelsen, bl.a. har nå Laminaria saccharina, Cladophora spp. og Callithamnion corymbosum etablert seg ned til ca. 6 m ved Steilene. I 1967 og 1974 ble ikke Callithamnion corymbosum funnet under 4 m dyp i dette området (Klavestad 1967 og NIVA 1974). Ettersom det er forurensningstolerante (Ulva lactuca) grønналger som danner den nedre vegetasjonsgrense, kan det til sammenlikning nevnes at rødalger danner den nedre vegetasjonsgrense i Oslofjorden utenfor Drøbaksundet.

En bør også her ta i betraktning kråkebollen Strongylocentrotus droebachiensis. Denne kråkebollen beiter kraftig på algevegetasjonen og kan lett forandre dybdeutbredelsen av alger. Den finnes ikke i de indre områdene III og IV. Her overtar en mindre kråkebolle Psammechinus miliaris.

De resterende stasjoner hører til det indre forurensede område av Oslofjorden, område III og IV (Klavestad 1967) og algevegetasjonen bærer tydelig preg av det. Den nedre grense for algene går ikke under 7 meters dyp. Dette stemmer med observasjoner av Sundene (1953) og Klavestad (1967).

BORØYA (St. 2)

Borøya var den stasjonen med grunnest vertikalutbredelse. Den nedre vegetasjonsgrense lå på 0,7 meters dyp. Klavestad beskriver en rikere flora i dette området. Området har siden 1965 vært et av de mest belastede områder opp til begynnelsen av 1970-årene da kloakkutslippene ble redusert. Vel å merke seg er at det har vært sterkt nedslag av blåskjell Mytilus edulis i hele området ned til 2 meters dyp, noe som kan være årsak til den begrensede vertikallutbredelsen av alger. På denne stasjonen fant en Polysiphonia nigrescens og Spirulina subsalsa ned til 0,7 m.

FORNEBU (St. 3)

Fornebu ligger sammen med Borøya i den vestre og mindre påvirkede del av indre Oslofjordbasseng (område III) (Klavestad 1967). Ved Fornebu finnes Laminaria saccharina og Spirulina subsalsa helt ned til ca. 7 meters dyp. Fucus distichus ssp. edentatus dominerer i den øvre meteren sammen med blåskjell som danner tykke matter ned til 7 meters dyp og dermed et mindre egnet algesubstrat. Her forekommer også kråkeballen Psammechinus miliaris.

ORMØYA (St. 4)

Nedre grense for algevegetasjonen er her 5 meters dyp hvor en finner små Laminaria saccharina. Fucus distichus ssp. edentatus dominerer ned til hele 4 meters dyp, trolig fordi det dominerende blåskjellbelte mangler her.

HOVEDØYA (St. 5)

På denne stasjonen som sammen med Ormøya ligger i den mest forurensede del av område III, finner en Fucus distichus ssp. edentatus sammen med Laminaria saccharina og Spirulina subsalsa helt ned til 5-6 meters dyp. Blåskjell danner her et dominerende belte ned til 6 m. Ifølge Klavestad (1967) var nedre grense i område III øst for Bygdøy bare 3-4 meters dyp. Vertikalutbredelsene ved Hovedøya og Ormøya indikerer at disse grenser er krøpet noe nedover i 1981. Kråkeballen Psammechinus miliaris forekommer.

NAKKHOLMEN (St. 6)

Denne stasjonen ligger nær område III, men er noe mer eksponert enn de fleste stasjoner i områdene III og IV. Blåskjell danner et velutviklet belte ned til 6 meters dyp og i samme område finnes mye korstroll Asterias rubens som beiter på blåskjell. Laminaria saccharina og Spirulina subsalsa forekommer ned til 6-7 m. Vi finner også flere rødalger. Chondrus crispus, Ahnfeltia plicata og Polysiphonia sp. Forekomst av kråkeboller og et velutviklet blåskjellbelte kan her begrense algevegetasjonen.

SVARTSKOG

Her forekommer Spirulina subsalsa ned til 7-8 m, hvor det er overgang fra fjell til mudderbunn. To rødalger, Ceramium strictum og Chondrus crispus er vanlig ned til 5 meters dyp. Igjen dominerer et blåskjellbelte ned til 7-8 meters dyp.

Konklusjon

Algevegetasjonen i indre Oslofjord bærer tydelig preg av dårlig vannkvalitet. I en upåvirket fjord ville de nedre vegetasjonsgrenser vanligvis ligge i området 10-25 meters dyp.

Observasjonene fra Steilene i Vestfjorden viser at det ikke skjedde noen forverring i denne fjorddel siden 1974. Derimot tyder observasjonene på en forbedring, men for sikkert å fastslå dette bør lignende undersøkelser fortsette de nærmeste år. I de øvrige deler av fjorden skulle en tilsvarende konklusjon kunne trekkes, hvis tidligere registreringers observasjonsmetode ikke hadde vært så usikker.

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 47

Tegnforklaring:

● Enkeltfunn - - - - - Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted		STEILENE		Dato		29/9 1981		Obs. dyp		12 m					
Horisontal sikt		2 - 3 m													
Helning		70-80°						20-30°							
Bunntype		Fjell						Skjell/Sand							
Organismer	Dyp (m)	0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30
FLORA:															
<i>Laminaria saccharina</i>					—	—	—	—							
cf. <i>Ceramium rubrum</i> (epifytt på <i>L. sacch.</i>)					—	—	—	—							
<i>Spirulina subsalsa</i> (rød)					—	—	—	—							
<i>Spirulina subsalsa</i> (grønn)					—	—	—	—							
<i>Cladophora</i> sp.							—	—							
<i>Callithamnion</i> <i>corymbosum</i>							—	—							
<i>Ulva lactuca</i>									—	—					
<i>Fucus distichus</i> spp. <i>edentatus</i>		—	—												
<i>Porphyra umbilicalis</i>		—	—												
<i>Enteromorpha</i> <i>intestinalis</i>		—	—												
FAUNA:															
<i>Asterias rubens</i>															
<i>Dendrontus frondosus</i>					●										
<i>Ciona intestinalis</i>															
<i>Clavelina lepadiformis</i>									—	—					
<i>Tealia felina</i>									—	—					
<i>Sargartiogeton</i> sp.									—	—					
<i>Mytilus edulis</i>					—	—	—	—							
<i>Balanus</i> cf. <i>improvisus</i>		—	—												
<i>Mya truncata</i>											—				
<i>Littorina littorea</i>															
<i>Strongylocentrotus</i> <i>droebachiensis</i>											—				

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 48.

Tegnforklaring:

----- Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted	BORØYA		Dato	30.9.1981		Obs. dyp	2 m								
Horizontal sikt	ca. 2 m														
Helning	30 - 40°														
Bunntype	Fjell														
Organismer	Dyp (m)	0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30
<i>FLORA:</i>															
<i>Chaetomorpha linum</i>			-----												
<i>Cladophora sp.</i>			-----												
<i>Fucus cf. distichus</i> <i>spp. edentatus</i>			-----												
<i>Polysiphonia</i> <i>nigrescens</i>				-----											
<i>Spirulina subsalsa</i> (grønn)			-----	-----											
<i>Dumontia incrassata</i>			-----												
<i>Ceramium rubrum</i>			-----												
<i>FAUNA:</i>															
<i>Balanus improvisus</i>			■												
<i>Littorina littorea</i>			-----												
<i>Mytilus edulis</i> (årets)			—————	—————											
<i>Asterias rubens</i>				-----											
Ingen dykk, målt fra høyvannstand.															

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 49.

Tegnforklaring:

----- Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted FORNEBU		Dato 30/9-81		Obs. dyp 7 m												
Horisontal sikt		2 - 3 m														
Helning		30 - 50°														
Bunntype		Fjell med flekker av sand														
Organismer		Dyp (m)														
		0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30	
F l o r a :																
<i>Spirulina subsalsa</i>		-----														
<i>Dumontia incrassata</i>		--														
<i>F. distichus</i> ssp. <i>edentatus</i>		—————														
<i>Laminaria saccharina</i>		—————														
F a u n a :																
<i>Littorina littorea</i>		—————														
<i>Balanus</i> cf. <i>improvisus</i>		—														
<i>Carcinus maenas</i>		—————														
<i>Mytilus edulis</i>		—————														
<i>Asterias rubens</i>		—————														
<i>Ciona intestinalis</i>		—————														
<i>Clavelina lepadiformis</i>		—————														
<i>Psammechinus miliaris</i>		-----														
F i s k :																
Ål		—————														

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 50.

Tegnforklaring:

----- Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted ORMØYA		Dato 29/9-81		Obs. dyp 7 m												
Horisontal sikt		2 - 3 m														
Helning		40 - 50°														
Bunntype		Fjell														
	Dyp (m)	0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30	
F l o r a :																
<i>Enteromorpha intestinalis</i>		-----														
<i>Fucus cf. spiralis</i>		-----														
<i>Ulva lactuca</i>		----- -----														
<i>Fucus disticus ssp. edentatus</i>		----- -----														
<i>Spirulina subsalsa</i>		----- -----														
<i>Laminaria saccharina</i> (små eks.)		----- -----														
F a u n a :																
<i>Littorina littorea</i>		----- -----														
<i>Asterias rubens</i>		----- -----														
<i>Mytilus edulis</i>		----- -----														
<i>Carcinus maenas</i>		----- -----														
<i>Ciona intestinalis</i>		----- -----														

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 51.

Tegnforklaring:

----- Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted HOVEDØYA		Dato 29/9 1981		Obs. dyp 8 m											
Horisontal sikt		2-3 m													
Helning		40-70°													
Bunntype		fjell og sand													
Organismer	Dyp (m)	0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30
FLORA:															
<i>Fucus spiralis</i>		—													
<i>Enteromorpha intestinalis</i>		—													
<i>Ulva lactuca</i>		—	-----												
<i>Fucus distichus</i> ssp. <i>edentatus</i>				-----	-----										
<i>Laminaria saccharina</i>				-----	-----										
<i>Spirulina subsalsa</i> (grønn)					-----	-----									
FAUNA:															
<i>Asterias rubens</i>				-----	-----										
<i>Mytilus edulis</i>				—————	—————										
<i>Ciona intestinalis</i> cf. <i>Psammechinus miliaris</i>				-----	-----										
<i>Carcinus maenas</i>				-----	-----										
<i>Metridium senile</i>							-----	-----							

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Tabell 53.

Tegnforklaring:

----- Spredt ——— Vanlig ————— Dominerende

Sted SVARTSKOG		Dato 29/9-81		Obs. dyp 10 m												
Horisontal sikt		2 - 3 m														
Helning		30 - 40°														
Bunntype		Fjell med flekker av skjell/sand				mudder										
Organismer	Dyp (m)	0	1/2	1	2	3	4	5	7	10	13	16	20	25	30	
F l o r a :																
<i>Enteromorpha intestinalis</i>																
<i>Ulva lactuca</i>																
<i>Fucus distichus</i> ssp. <i>edentatus</i>																
<i>Porphyra umbilicalis</i>																
<i>Ceramium strictum</i>																
<i>Chondrus crispus</i>																
<i>Fucus serratus</i>																
<i>Laminaria saccharina</i>																
<i>Spirulina subsalsa</i> (grønn)																
<i>Spirulina subsalsa</i> (rød)																
F a u n a :																
<i>Carcinus maenas</i>																
<i>Asterias rubens</i>																
<i>Mytilus edulis</i>																
<i>Metridium senile</i>																
<i>Ciona intestinalis</i>																
<i>Sargartiogeton</i> sp.																
<i>Cerianthus lloydi</i>																
F i s k :																
A1																
Skrubbe																
Svart kutling																
Sypike																
Tangsprell																
Ulke																

REFERANSER

- Bergstøl, P.O., Feldborg, D. og Olsen, J.G. 1981:
Indre Oslofjord. Forurensningstilførsler 1920-80.
Tilførsler av fosfor.
- Beyer, F. 1967: Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord
i 1938 og 1962-66. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer.
Delrapport 12. Norsk institutt for vannforskning.
- Beyer, F. & Føyn, E., 1951:
Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens dyre-
bestand. Naturen 75 (10): 289-306.
- Braarud, T. & J.T. Ruud., 1937:
The hydrographic conditions and aeration of the Oslofjord 1933-34.
Halvråd. Skr., 15 1-56.
- Dale, B. 1977:
Cyst of the toxic and red-tide dinoflagellate Gonyaulax excavata
(Braarud) Balech from Oslofjorden, Norway. Sarsia 63, 29-34.
- Dannevig, A., 1945:
Undersøkelser i Oslofjorden 1936-50. Fiskeridirektoratets skrifter
s. havundersøkelser. Vol. No. 4.
- Jorde, I. & N. Klavestad. 1962: The natural history of the Hardangerfjord.
4. The benthonic algal vegetation. Sarsia. 9: 1-98.
- Kirkerud, L., 1977:
Oksygenkrav hos marine bunnfisk og reker. Litteraturstudium.
Norsk institutt for vannforskning. XR - 18.
- Klavestad, N. 1967: Undersøkelser over benthos-algevegetasjonen i indre
Oslofjord i 1962-65. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer.
Delrapport 9. Norsk institutt for vannforskning.

Norsk institutt for vannforskning 1974:

Undersøkelser av vann- og forurensningsproblemer ved kjernekraftverk.
Saksbeh.: G. Nilsen.

Norsk institutt for vannforskning 1978:

Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre
Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1974. (0-160/71).
Bokn, T., Källqvist, T., Magnusson, J.

Norsk institutt for vannforskning 1977:

Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre
Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-76. Bokn, T.,
Kirkerud, L., Krogh, T., Magnusson, J., Nilsen, G. 0-16071.

Norsk institutt for vannforskning 1978:

Vurdering av vannutslipp fra kullfyrt kraftverk med sjøvannsvasking
av røykgasser : (0-33/78). Forf.: J. Knutzen, B. Bjerkgeng.

Norsk institutt for vannforskning 1981:

Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord
Overvåkingsprogram. Årsrapport 1980.
(T. Källqvist, J. Magnusson, K. Tangen).

Okaichi, T.L.Y. & Imatomi, 1979:

Toxic dinoflagellate blooms (D.L.Taylor / H.H. Seliger, Eds.),
385-388. Elsevier/North Holland, New York.

Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen 1973-77:

Toktrapper. PTK. Dahl, E., Ellingsen, E., Tveite, S., m.fl.

Sundene, O. 1953. The algal vegetation of Oslofjord.

Skr. norske Vidensk. Adad. I. Mat.-Nat. Kl. 2: 1-244.



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.