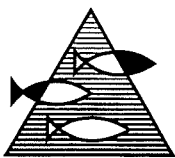


PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Fax: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 01 05 80

Fax: 37 01 05 15

Austevoll

Havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Fax: 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Fax: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

10.08.1

Oppdragsgiver(e):

Statens Forurensingstilsyn
(SFT)

Oppdragsgivers referanse:

SFT-prosjekt nr. 95403

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR. 27 - 1995

Tittel: PRIMÆRPRODUKSJONSFORHOLDENE I
YTRE OSLOFJORD*PRIMARY PRODUCTION IN THE OUTER OSLOFJORD*

Senter:

Marint miljø

Seksjon:

Kjemisk oseanografi

Forfatter(e):

Gunhild Bødtker¹, Svein Rune Erga² og Francisco Rey¹¹ Havforskningsinstituttet, Senter for Marint Miljø² Institutt for Mikrobiologi og Plantefysiologi, Universitet i Bergen

Antall sider, vedlegg ekskl.:

19

Dato:

05.12.1995

Sammendrag:

Med bakgrunn i klorofyll og lysdata og ved hjelp av en enkelt algoritme, har den årlige primærproduksjonen i Ytre Oslofjord blitt beregnet til ca. 100 gC m⁻². En sammeligning av årsproduksjoner basert på beregnede og målte dagsproduksjoner, viste at bruk av algoritmen førte til en underestimert av årsproduksjonen på mellom 10-30% i forhold til målt produksjon fra andre tilsvarende kystområder. Denne usikkerhet tatt i betraktning, ligger årsproduksjonen ved Ytre Oslofjord i samme størrelsesorden som målte årsproduksjoner i andre upåvirkede fjord/pollsystemer langs norskekysten og litt under halvparten av produksjonen gitt for områder med lokale næringsstoffer tilførsler.

Det ble også funnet høye bakgrunnsverdier for partikulært organisk karbon (POC) sammelignet med lite påvirkede områder. Disse høye POC verdier kunne ikke direkte knyttes til primærproduksjonen i området.

Emneord - norsk:

1. Primærproduksjon

2. Ytre Oslofjord

3. Eutrofiering

Emneord - engelsk:

1. Primary production

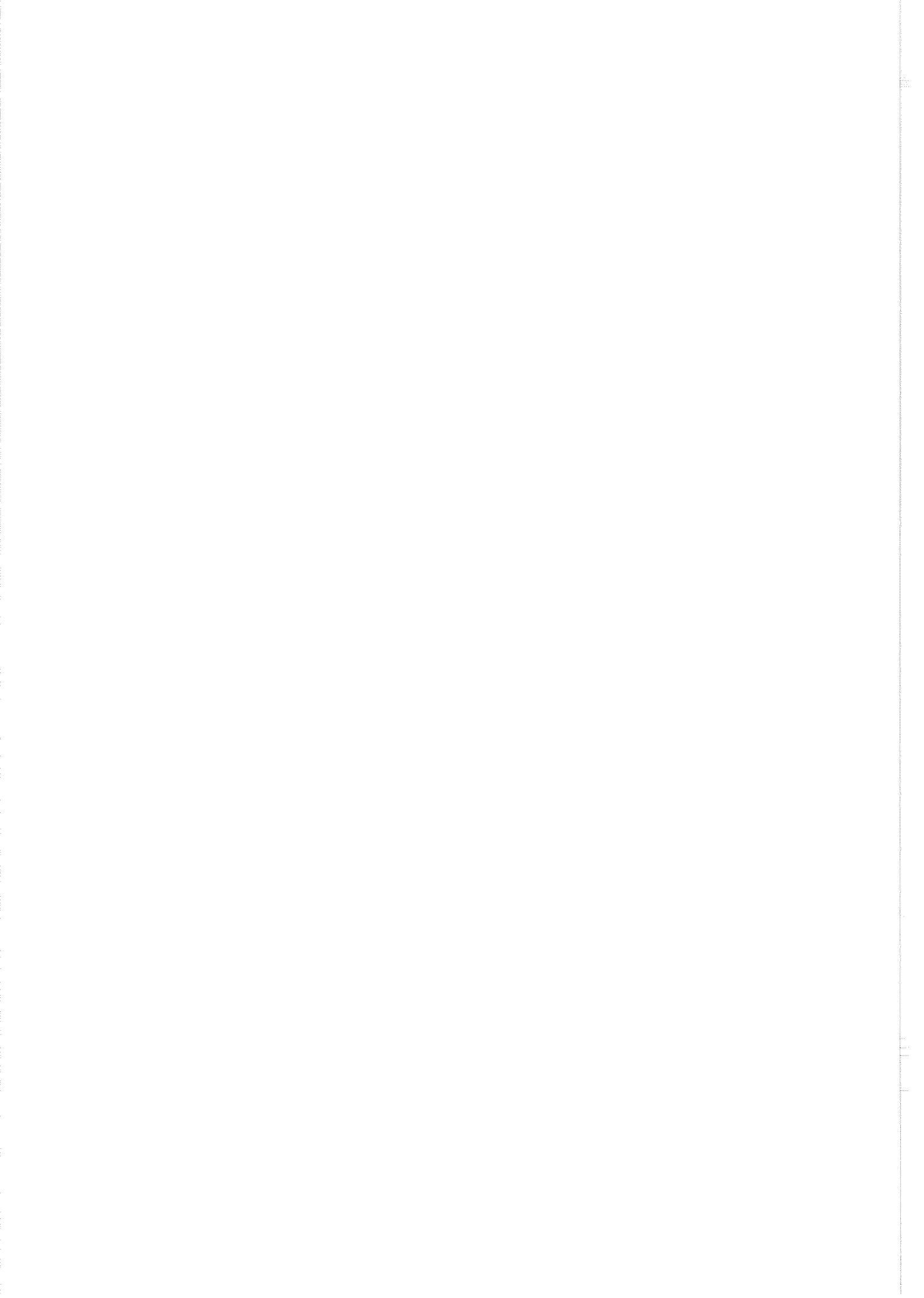
2. Outer Oslofjord

3. Eutrophication

Prosjektleder

Senterleder

K 4012



SAMMENDRAG

I forbindelse med utredningen av eutrofi-forholdene i Ytre Oslofjord var det ønskelig å få et anslag på hvor stor den årlige primærproduksjonen i området er. Med bakgrunn i data fra SFT's miljøovervåkning av kystområdene i Sør Norge ble den årlige primærproduksjonen for Skagerrakkysten og ytre deler av Ytre Oslofjord beregnet til å være i størrelsesorden $100 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. Dagsproduksjoner ble beregnet gjennom året ved hjelp av en enkel algoritme der integrerte klorofyll-*a* mengder i vannmassene og daglig innstråling av den fotosyntesetilgjengelige delen av lyset (PAR) var de eneste variabler. Årsproduksjonen ble beregnet ved å integrere verdier for dagsproduksjoner gjennom året. Bruken av en enkel matematisk algoritme til å beregne omfanget av en biologisk prosess er forbundet med feilkilder. En sammenligning av årsproduksjoner basert på beregnede og målte dagsproduksjoner, viste at bruk av algoritmen førte til en underestimering av årsproduksjonen på mellom 10-30% i forhold til målt produksjon for datasett fra henholdsvis Fauskangerpollen, Boknafjorden og Gullmarfjorden (Sverige). Et datasett fra Raunefjorden viste større avvik, noe som var en konsekvens av høye produksjonsrater koblet til lave klorofyllverdier. Selv om man tar i betraktning en feilgrense på 30% vil en årsproduksjon oppunder $130 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ for ytre deler av Ytre Oslofjord være i samme størrelsesorden som beregnede årsproduksjoner i upåvirkede fjorder/pollsystemer langs Norskekysten (Boknafjorden; $80\text{-}144 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ og Fauskangerpollen; $148 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) og litt under halvparten av den produksjonen som er gitt for områder som får tilført næringsalter via lokale kilder (f.eks. Indre Oslofjord, beregnet produksjon; $220 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$) eller blir tilført næringsrike vannmasser (f.eks. Gullmarfjorden, målt produksjon mellom $180\text{-}339 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ i løpet av en 10 års periode). På grunn av manglende datagrunnlag var det ikke mulig å beregne produksjonen pr. årsbasis for de indre deler av Ytre Oslofjord, men klorofyll-*a* verdier i overflatelaget og beregnede dagsproduksjoner var i samme størrelsesorden som ved ytre deler av fjorden ved samme tidspunkt på året.

I hele fjorden var det en tendens til et lavt klorofyll-*a*/karbon forhold i det partikulære materiale (klf.a/POC). Bakgrunnsverdier av POC beregnet ved lineær regresjon var mellom $100\text{-}350 \mu\text{gC l}^{-1}$, noe som er langt høyere enn den naturlige bakgrunn som er observert i lite påvirkede områder. Det totale POC nivået ved Jomfruland var vel 50% høyere enn ved Arendal, selv om beregnet årlig primærproduksjon ved de to stasjonene var like stor. Videre var POC nivået ved Jomfruland bare 30% under nivået i Indre Oslofjord. Dette antyder at Ytre Oslofjord får tilført POC fra kilder eller prosesser som ikke kan knyttes til primærproduksjonen i området.

SUMMARY

In relation to a project work about the eutrophication situation in the Outer Oslofjord, the need of an estimation of the yearly primary production in the area was arisen. Based on data from a governmental environment monitoring program in the coastal areas of Southern Norway, the primary production along the Skagerrak coast and the outer part of the Outer Oslofjord was estimated to be about $100 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. Daily production rates were calculated with the help of a single model where the integrated chlorophyll *a* concentration in the water column and the daily photosynthetic active radiation (PAR) were the only variables. The yearly production was calculated by integrating the daily rates throughout the year. The use of such a single model usually leads to some errors. In order to assess the precision of the method a comparison was done calculating the daily production rates in data sets where primary production was also directly measured. This comparison showed an underestimation of the primary production of about 10-30 % for three similar coastal areas and fjords along the norwegian and swedish coasts. A fourth data set from the western coast of Norway showed a larger deviation, due to high production rates related to low chlorophyll *a* values. Even taken into consideration an error of 30% will the yearly primary production in the outer part of the Outer Oslofjord be about $130 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. This level is quite close to the primary production measured in unaffected fjord systems along the norwegian coast (Boknafjorden: $80\text{-}144 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, Fauskangerpollen: $148 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) and about half the size of the yearly production in areas with additional local nutrient supply (i.e. $220 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ in the Inner Oslofjord) or with external supply of nutrient-rich water masses (i.e. Gullmarfjorden, Sweden, with $180\text{-}339 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ in a ten years period). Due to the scarce data availability no estimation of the yearly production was done for the inner parts of the Outer Oslofjord. However, chlorophyll *a* concentrations and calculated daily production rates on single days were of the same level as in the outer parts.

In the whole fjord there was found a low chlorophyll *a*/ organic carbon ratio in the particulate material (chl/POC). Backgrounds values for POC calculated by linear regression were between $100\text{-}350 \mu\text{g l}^{-1}$. These values are considered quite higher than those found in less affected areas. The total POC level at Jomfruland was about 50% higher than at Arendal, although the primary production was the same in both stations. Further, the POC level at Jomfruland was only about 30% lower than in the Inner Oslofjord. This results suggest that the water masses in the Outer Oslofjord is supplied with POC from sources or processes that cannot be directly connected to the primary production in the area.

INNLEDNING

Utgangspunktet for denne rapporten var å gi et anslag på størrelsesorden av den årlige primærproduksjonen i Ytre Oslofjord, i forbindelse med utredningen omkring eutrofi-forholdene i fjorden. Marin eutrofiering defineres som økt tilgang på næringsalter med påfølgende økt plante produksjon (planteplankton og fastsittende alger). Rapporten inngår som en del av SFT's prosjekt "Utredningen om eutrofiering i Ytre Oslofjord" som skal danne det faglige grunnlaget for den politiske behandling av spørsmålene rundt rensing av nitrogen fra norske utslipp.

MATERIALE OG METODER

Det er ikke utført omfattende direkte målinger av primærproduksjon i Ytre Oslofjord de senere årene, og eldre data fra området vil ikke nødvendigvis være representativ for forholdene i fjorden i dag. For å kunne løse oppgaven innenfor de tidsrammer som var gitt var det derfor nødvendig å ta i bruk et enkel matematisk verktøy som gjorde det mulig å beregne produksjonen med utgangspunkt i et mål for planteplanktonbiomasse. Med utgangspunkt i et generellt forhold mellom klorofyll-a og karbon i planteplanktonet, gir klorofyll-a konsentrasjonen i vannmassene et slikt mål for biomasse. Klorofyllverdier blir ofte målt i forbindelse med ulike marine biologiske undersøkelser og metodikken er stort sett den samme. På tross av dette er klorofyll-a data fra indre og sentrale deler av Ytre Oslofjord mangelfulle med henblikk på beregning av en årlig primærproduksjon for området. Til gjengjeld er det i løpet av 1990-95 utført undersøkelser langs Skagerrakkysten og ytre deler av Ytre Oslofjord i forbindelse med SFT's (Statens Forurensings Tilsyn) miljøovervåkning av kystområdene i Sør Norge. Datagrunnlaget fra disse undersøkelsene gjør det mulig å beregnet en årlige primærproduksjonen for dette området i løpet av en 3-5 års periode. Fig.1 viser et kart som viser den grove inndelingen av Ytre Oslofjord som vi har funnet hensiktsmessig med bakgrunn i de begrensede data som er tilgjengelig for området. Sone 1 refererer til området fra Drøbak til snittet Horten-Moss og representerer de indre deler av fjorden, mens Sone 2 er området innenfor snittet Horten-Moss til snittet Larvik-Strømstad og representerer de ytre deler. De faste stasjonene Færder og Jomfruland blir også regnet som ytre deler av Ytre Oslofjord, mens stasjonene ved Arendal tjener som referansepunkt.

I tabell 1 er det gitt en oversikt over de datasett som inngår i beregninger i denne rapporten.

Tabell 1 Oversikt over datagrunnlaget som inngår i rapporten.

Referanse	Tidsrom	Område
Abdulla og Danielsen, 1990	1988	Sone 1 & 2
Paasche m. flere, 1987	1986	Sone 1 & 2
NIVA data	1990-92	Færder
NIVA data	1990-94	Jomfruland
NIVA data	1990-94	Arendal
Datasamling ved HI*	1976-92	Sone 1& 2

*Havforskningsinstituttet (Bergen)

Data tilgjengelig i datasettene:

*Klorofyll-a

*Næringsalter

*Elementsammensetning C/N/P

*Hydrografi

Valget av matematisk verktøy falt på en enkel algoritme hentet fra Morel og Berthon (1989) som har vært brukt i forbindelse med beregning av primærproduksjon der utgangspunktet var klorofyllverdier i havoverflaten målt med fargesensor fra satellitt. Overflate verdier av klorofyll-a ble deretter omregnet til integrert klorofyllmengde i vannsøylen, basert på en normalfordeling av klorofyllkonsentrasjoner vertikalt i vannsøylen. Primærproduksjonen pr. dag (EP, mg C m⁻² d⁻¹) blir deretter beregnet med utgangspunkt i de integrerte klorofyllverdiene (IC, klf.a, mg m²);

$$EP = (1/39) * PAR * IC * \psi$$

PAR (J m⁻² d⁻¹) er gitt ved den delen av det innstrålte lyset som er tilgjengelig for fotosyntese

(400-750nm). PAR ble beregnet av Forsker J. Olseth (Geofysisk Institutt ved Universitetet i Bergen), med bakgrunn i daglig innstrålt lys og skydekkeinformasjon. I fig.2 er variasjonen i PAR pr. dag vist for årene 1990-94. Faktoren (1/39) referer til antagelsen om at det blir produsert 1 mg C pr. 39 J lysenergi (PAR, J m⁻² d⁻¹), mens ψ (m² µg klfa⁻¹) er et klorofyllspesifikt tverrsnitt som er relatert til hvor effektivt lyset utnyttes ved ulike klorofyllkonsentrasjoner. Vi har hentet ψ fra Prasad m.flere (1994) som opererer med ulike verdier for ulike trofiske miljø, beskrevet etter klorofyllkonsentrasjon i overflatelaget. Videre tar vi utgangspunkt i integrerte klorofyllverdier beregnet via målte klorofyllkonsentrasjoner mellom 0-30 meter.

RESULTATER

Faste stasjoner i Ytre Oslofjord (Jomfruland og Færder) og ved Arendal.

Klorofyll-a, næringsalter og hydrografi

I fig.3-5 er fordelingen av klorofyll-a i overflatelaget (0-10m) ved de faste stasjonene vist som funksjon av året for perioden 1990-94. Klorofyll-a konsentrasjonen gjennom årene var mellom 1 og 2 µg l⁻¹ i perioden mai-juli. I 1994 var det en klar økning i klorofyll-a konsentrasjonen i mars-april (8 µg l⁻¹) og september-oktober (12 µg l⁻¹) i forbindelse med henholdsvis vår og høstoppblomstring. De andre årene var ikke en slik inndeling i vår og høstoppblomstring like fremtredende, dette kan ha skyldtes at oppblomstringene fant sted mellom prøvedatoer disse årene. I august 1990 var klorofyll-a konsentrasjonen ved Jomfruland over 20 µg l⁻¹. Ved samme tidspunkt ble det målt tilsvarende høye konsentrasjon ved Færder (18 µg l⁻¹). Disse økningene i klorofyll-a var sammenfallende med en oppblomstring av *Gyrodinium aureolum* dette året (NIVA rapport 1995). Fordelingen av klorofyll-a gjennom årene ved Færder og Arendal var ellers lik forholdene ved Jomfruland. I fig.6 er fordelinger av klorofyll-a vertikalt i vannmassene vist for vinter, vår og høstsituasjon ved Jomfruland. Et klorofyllmaksimum ved 10m var typisk både for vår og høstsituasjoner, men det kunne også være høye klorofyllverdier ved 20-30m.

Vinterverdier for fosfat i overflatelaget (0-10m) var mellom 0,2 og 0,7 µM PO₄ ved samtlige faste stasjoner i perioden 1990-94 (fig.7-9). Ved alle stasjonene nådde fosfat en

minimumsverdi på mellom 0 og 0.1 μM PO_4 etter våroppblomstringen (april-mai-juni), og økte igjen i august-september (noe som gir grunnlag for høstoppblomstring). Verdier under 0.1 μM PO_4 kan antas å være potensielt begrensende for planteplankton (Paasche og Erga, 1988). Når det gjelder nitrogen var ikke situasjonen like entydig (fig.10-12). Nitrat/nitritt konsentrasjonen ble redusert fra vinterverdier mellom 4 og 13 μM NO_3 til et minimums nivå mellom 0-2 μM NO_3 i sommerhalvåret. Ammonium konsentrasjonen varierte mellom 0,5-3 μM , tilsynelatende uavhengig av årssyklusen (fig.13-15). Ved Jomfruland var det en tendens til økning i både nitrat/nitritt- og ammonium konsentrasjoner i løpet av perioden 1990-94, både i sommer og vintersituasjoner. Denne tendensen var ikke like tydelig ved de andre stasjonene. Ved alle stasjonene lå silikat konsentrasjonen om vinteren stort sett under 10 μM SiO_3 og ble i løpet av våren og sommeren redusert til et nivå rundt 1 μM (fig.16-18). For silikat og nitrat/ammonium kan verdier under 1 μM regnes som potensielt begrensende.

Om våren er overflatelaget i Ytre Oslofjord ferskvannspåvirket, delvis grunnet snøsmelting og dertil stor vannføring i elvene som har utløp i fjorden. DNMI's numeriske modell av vannutskiftning i Ytre Oslofjord (1995, pers.med.) viser at vann fra Glomma og Drammenselven i stor grad inngår i brakkvannslaget lokalt, men at hovedandelen av ferskvann stammer fra Østersjøen. Ferskvannet blandes ned til 20-30 meter og de øverste 5m kan bestå av brakkvann (<25 PSU) (fig.19). Temperaturen i vannmassene øker etter vinteren, først i overflatelaget om vår, deretter også vertikalt i vannsøylen i løpet av sommer og høst (fig.20).

Primærproduksjon

Basert på integrert klorofyll-*a* mengde mellom 0-30 meter og PAR (lys som er tilgjengelig for fotosyntese) ble primærproduksjon beregnet for hver prøvedag. Beregnet produksjon vil dermed være en funksjon av innstrålt lys (PAR) gjennom året (se fig.2).

Beregnete dagsproduksjoner gjennom året er gitt for alle stasjonene gjennom prøveperioden (fig.21-24). I figurene er det vist dagsproduksjoner beregnet ut fra PAR den aktuelle prøvedagen, i tillegg til ut fra gjennomsnittlig PAR for måneden. Med unntak av de antatt overestimerte dagsproduksjonene, beregnet for perioden under *Gyrodinium aureolum* oppblomstringene i 1990, ligger de høyeste produksjonsverdiene ved Færder rundt 600 mg C m^{-2} d^{-1} . Ved Jomfruland og de to Arendal stasjonene ble produksjonen under vår og høstoppblomstring beregnet til å kunne være mellom 1000-1200 mgC m^{-2} d^{-1} (Jomfruland) og 1000->2000 mgC m^{-2} d^{-1} (Arendal stasjonene). Til sammenligning varierte beregnede

dagsproduksjoner fra snittet Jomfruland-Koster i april 1990-93 mellom 100 og 800 mgC m⁻² d⁻¹ (tabell 2a i appendiks). Typisk produksjon i sommermånedene ble for Færder beregnet til mellom 200-400 mgC m⁻² d⁻¹, mens for Jomfruland og Arendal stasjonene var de tilsvarende verdier mellom henholdsvis 200-600 mgC m⁻² d⁻¹ og 200-800 mgC m⁻² d⁻¹.

Ved å integrere verdiene for dagsproduksjonene gjennom året ble en årlig primærproduksjon beregnet (fig.25-28). Årsproduksjonen ble beregnet både ved daglig og gjennomsnittlig PAR pr. mnd. Begge deler er vist i figurene, men heretter vil vi bare referere til produksjon beregnet ved gjennomsnittlig PAR pr. mnd. Ved Færder ble årlig primærproduksjon beregnet til under 100 gC m⁻² år⁻¹ i årene 1990-92, hvis man ser bort fra *Gyrodinium* oppblomstringen i 1990 (dette ble gjort ved å sløyfe den høye klorofyll-*a* verdien i august fra datasettet). Den skraverete delen av kolonnen for dette året angir den delen av produksjonen som ble beregnet for *Gyrodinium* oppblomstringen alene. Ved Jomfruland ble produksjonen beregnet til å variere mellom 75 og 124 g C m⁻² år⁻¹. Produksjonen for 1990 er, i likhet med Færder dette året, delt inn i produksjon med og uten *Gyrodinium* oppblomstringen. De årlige produksjonstallene for Arendal st. 1 og 2 ble beregnet til samme størrelsesorden som ved Jomfruland, med henholdsvis 54-103 og 77-145 g C m⁻² år⁻¹.

Partikulært organisk karbon (POC)

Vannmassene langs Skagerrakkysten kan kartlegges ved hjelp av saltholdighet. De tre øverste vannmassene er brakkvann (BV, <25 PSU), Skagerrak kystvann (SK, 25-32 PSU) og Skagerrakvann (SV, 32-35 PSU). Sistnevnte kan deles in i øvre (SVØ) og nedre (SVN) Skagerrakvann, og har en saltholdighet på henholdsvis 32-34,5 og 34,5-35 PSU (NIVA rapport 1995). Størstedelen av primærproduksjonen finner sted i de tre øvre vannmassene med hovedvekt i SK (ca. 0-20 meter).

I fig. 29 og 30 er partikulært organisk karbon (POC) i SK vannmassene ved Færder og Jomfruland vist som funksjon av forsøksperioden. Av figurene kan man se at POC nivået er høyest i forbindelse med produksjonssesongen for planteplanktonet. Dette er godt illustrert i resultatene fra Færder, der variasjonen i POC gjennom årene 1990-92 følger den samme trenden som beregnet produksjon gjennom årene. Ved Jomfruland var det videre en tendens til økning i POC fra 1990 til 94, mens POC ved Færder var relativt konstant i perioden 1990-92.

Total N og P

Verdier for total nitrogen ved Jomfruland økte i likhet med POC i løpet av prøveperioden, mens total fosfat var relativt konstant både ved Jomfruland og Færder under hele forsøksperioden (fig.31 og 32). I motsetning til POC var nivået av total fosfat og nitrogen høyest om vinteren og lavest om sommeren. Høye næringsaltnivåer bidrar til de høye verdiene om vinteren, mens de lave sommerverdiene indikerer kort oppholdstid av planteplankton i systemet.

Elementforhold, C/N/P

Det molare C/N forholdet i det partikulære organiske materialet ved Færder og Jomfruland var relativt stabilt i løpet av prøveperioden, noe som er illustrert ved inntegnet trendlinje (gitt ved lineær regresjon) (fig.33a og 34a). Trendlinjen faller på ca. 7, noe som er litt under C/N forholdet i planteplanktonbiomasse i upåvirkede lokaliteter (Erga, 1989). N/P forholdet i det partikulære materialet viser ifølge trendlinjen en tendens til økning i samme periode. Fra et N/P forhold ved Jomfruland i 1990 på rundt 16 (lik Redfield forholdet) var det tilsvarende forholdet i 1994 rundt 26 (fig.34b). Siden C/N forholdet i perioden var konstant vil C/P forholdet gjenspeile utviklingen i N/P forholdet (øker fra 106 til rundt 200, fig. 34c). I data fra Færder ser man den samme tendensen til økning i N/P og C/P forholdet med tid. Fra et N/P forhold i 1990 som var tilnærmet likt forholdet ved Jomfruland, økte det til litt over 20 i 1992, noe som er likt nivået ved Jomfruland i 1992 (fig.33b). C/P økte tilsvarende fra rundt 100 til 150 i 1992, likt nivået ved Jomfruland samme år (fig.33c).

I fig.35-37 er POC, PON og POP i SK ved Jomfruland under forsøksperioden plottet mot hverandre. Datasettet er delt inn i ulike "sesonger", der mars-april representerer vårsituasjonen, mens mai-juli og august-september representerer henholdsvis sommer og høstsituasjoner. Videre er datasettet delt inn to grupper, definert ved ulik saltholdighet i SK vannmassene (fylt sirkel; 25-29 PSU, åpen sirkel; 29-32 PSU). Ved Jomfruland var POC/PON forholdet tett opptil Redfield forholdet på 7 (vist ved inntegnet linje) ved vår og sommersituasjon, mens det var en tendens til økt POC/PON forhold i høstsituasjonen. Når det gjelder PON/POP forholdet i det organiske materialet, var det stort sett høyere enn Redfield forholdet på 16 ved både vår, sommer og høstsituasjoner. POC/POP forholdet gjenspeilet tendensen i PON/POP forholdet. Det var ingen åpenbar forskjell i POC/PON og PON/POP forhold i de ulike vannmassene innenfor SK vannmassene.

Forholdet mellom klorofyll-a og POC

Forholdet mellom klorofyll-a og POC i SK vannmassene er vist for vår, sommer og høstsituasjoner i årene 90-94 ved Jomfruland (fig.38). Typisk var relativt lave klorofyllkonsentrasjoner ($0,5-1 \mu\text{g l}^{-1}$) koblet til POC verdier som varierte mellom 100 og $700 \mu\text{gC l}^{-1}$. Ved de høyeste POC verdiene ($500-600 \mu\text{gC l}^{-1}$) var klf.a/POC forholdet så lavt som $0.001-0.002$. Ellers varierte klf.a/POC forholdet mellom 0.003 og 0.014 . Dette er typiske for lysadapterte alger (Erga, 1989). Høyere klf.a/POC forhold (>0.02) ble beregnet under *Gyrodinium* oppbomstringen i 1990 (resultater ikke vist). En trendlinje for verdiene i klf.a/POC plottene (beregnet ved lineær regresjon) krysset y-aksen mellom 250 og $350 \mu\text{gC l}^{-1}$. Det er stor usikkerhet knyttet til disse verdiene, de vil derfor kun representere et grovt mål for bakgrunnsverdier av POC ved Jomfruland.

Sporadiske stasjoner i Ytre Oslofjord

Vi har i denne delen delt inn Ytre Oslofjord i to deler. Ideelt sett hadde det vært ønskelig med en finere inndeling av fjorden, relatert til influensområder, men p.g.a. mangelfull datasamling ble det funnet hensiktsmessig med inndeling i bare to områder. Sone 1 omfatter området fra Drøbaksundet til snittet mellom Horten og Moss. Sone 2 fortsetter ned mot Færder og representerer den ytre delen av Ytre Oslofjord. (Sonene er tegnet inn sammen med de faste stasjonene i fig.1). Stasjonskart fra sonene er vist i fig. 39 og 40.

Sone 1

Klorofyll-a, næringsalter og primærproduksjon

I fig.41 og 43 er henholdsvis klorofyll-a og næringsalter i overflatelaget (1-10m) i sone 1 vist ved ulike stasjoner i august 1988 (Abdulla og Danielsen, 1989). Av figurene kan man se at mengden klorofyll-a varierer mellom 0.5 og $1.7 \mu\text{g l}^{-1}$ ved de ulike stasjonene. Nitrat og silikat konsentrasjonene var på det høyeste over $4 \mu\text{M NO}_3$ og $9 \mu\text{M SiO}_3$. Fosfat verdiene i området var i snitt ca. $0.4 \mu\text{M}$, mens tilsvarende ammonium verdier var ca. $1 \mu\text{M}$. Primærproduksjonen ved de ulike stasjonene ble beregnet til mellom 40 og $240 \text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

I fig.44 er alle klorofyll-a data fra sone 1 vist som funksjon av årstidene. Figuren inneholder data fra uavhengige undersøkelser i sonen utført i perioden 1986-91. Klorofyllnivået i sonen

var mellom 0.5 og 2.6 $\mu\text{g l}^{-1}$. Daglig primærproduksjon beregnet med bakgrunn i klorofyllverdiene var på det meste oppunder 500 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (fig.46).

Elementsammensetning C/N/P

Fig.47 viser forholdet mellom karbon, nitrogen og fosfat i det partikulære organiske materialet mellom 0-20 meter i sone 1. Data er hentet fra Abdulla og Danielsen (1989) og Paasche m. flere (1987). Ifølge disse resultatene hadde det partikulære organiske materialet i sommer/høstsituasjoner, sammenlignet med normalverdier, et relativt høyere N/P og C/N forhold.

Forholdet mellom POC og klorofyll-a

POC verdier i sone 1 hadde et spenn mellom 50 og 700 $\mu\text{gC l}^{-1}$, mot et tilsvarende spenn i klorofyllverdier på mellom 0.1 og 6 $\mu\text{g l}^{-1}$ (fig.48). Klf.a/POC forholdet ved klorofyll konsentrasjoner under 1 $\mu\text{g l}^{-1}$ varierte mellom 0.0001-0.0025, noe som tyder på en betydelig andel ikke pigmentholdig partikulært organisk materiale. Ved klorofyllkonsentrasjoner over 2 $\mu\text{g l}^{-1}$ var Klf.a/POC forholdet mellom 0.01-0.014, noe som er typisk for lysadapterte celler (Erga, 1989). Bakgrunnsverdier for POC kan ut fra plott av POC mot klorofyll-a antas å være minst 100 $\mu\text{gC l}^{-1}$.

Sone 2

Klorofyll-a, næringsalter og primærproduksjon

Fig.41 viser klorofyll-a verdier i overflatelaget (1-10m) ved ulike stasjoner i sone 2 i august 1988 (Abdulla og Danielsen 1989). Næringsalkonsentrasjoner i overflatelaget er vist i fig.50. Klorofyll-a verdiene ved de ulike stasjonene varierte mellom 0,4 og 1,6 $\mu\text{g l}^{-1}$, d.v.s. verdier i samme størrelsesorden som stasjonene i sone 1. Beregnet primærproduksjon varierte tilsvarende (fig.42). Hvis man i likehet med resultatene fra sone 1 tar utgangspunkt i klorofyllverdier fra ulike undersøkelser i sonen til ulike tider av året (perioden 1985-1991), er klorofyllnivået i sone 2 litt under nivået i sone 1 (fig.45) med tilsvarende lavere primærproduksjon (maks. 300 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, figur ikke vist).

Elementsammensetning C/N/P og forholdet mellom POC og klorofyll-a

Forholdet mellom C, N og P i det partikulære materialet var tilsvarende forholdene i sone 1 (fig.51). I likhet med sone 1 var det en POC bakgrunn på minst 100 $\mu\text{M C}$ (fig.49), men det var mindre spredning i POC verdier ved klorofyllverdier under 1 $\mu\text{g l}^{-1}$ enn det var i sone 1 (tilsvarende et klf.a/POC forhold på mellom 0.002-0.003). Klf.a/POC forholdet ved høyere klorofyllkonsentrasjoner var ellers likt det som ble funnet i sone 1 (rundt 0.01).

DISKUSJON

Datagrunnlaget fra indre og sentrale deler av fjorden var meget begrenset. Derfor vil denne diskusjonen i hovedsak ta utgangspunkt i resultatene fra de mer omfattende undersøkelsene i ytre deler av fjorden. I den grad resultater fra de indre og sentrale deler av fjorden blir tatt i betraktning, blir det med henblikk på å sammenligne trender og nivåer i forhold til data fra Færder og Jomfruland.

Bruken av en enkel algoritme for å beregne fotosyntesehastigheter er naturlig nok forbundet med feilkilder. En av disse er vertikal fordelingen av klorofyll-a i vannmassene. Ved bruken av integrerte klorofyllverdier tar algoritmen utgangspunkt i en normalfordeling av klorofyll (d.v.s. avtagende klorofyllverdier med dyp). Klorofyllmaksimum ved 20-30 meter vil føre til den samme integrerte klorofyllmengden som et tilsvarende klorofyllmaksimum i overflatelaget. Dette kan i så tilfelle føre til en overestimering av primærproduksjonen både med tanke på den reduserte lysmengde og sannsynligheten for skyggeadapterte celler ved 20-30m (høyt klf.a/POC forhold). De lave klf.a/POC forholdene som ble beregnet for Ytre Oslofjord indikerte at en overestimering grunnet skyggeadapterte celler ikke var sannsynlig.

Klorofyll-a nivået i overflatelaget og vertikalt i vannmassene i ytre deler av Ytre Oslofjord er sammenlignbare med det som vanlig i naturlige upåvirkede systemer på vestlandet (Bokanfjorden, Fauskangerpollen, Lindåspollene). Elementsammensetningen i det partikulære organiske materialet ved Færder og Jomfruland antydte en potensiell P-begrensning heller enn N-begrensning av planteplanktonet i de ytre deler av fjorden. Dette var også antydte ved lave fosfatkonsentrasjoner i overflatelaget i løpet av sommerhalvåret. Et tilsvarende høyt N/P forhold var tydelig også i de indre og sentrale deler. I motsetning til de ytre deler av fjorden, var C/N forholdet i det partikulære materialet i de indre og sentrale deler over Redfield forholdet. Dette har trolig sammenheng med en konstant bakgrunn av POC i systemet, indikert

ved lave klf.a/POC forhold, heller enn en reell N-begrensning. Dette kan argumenteres for med bakgrunn i de relativt høye nitrat og ammonium verdier i overflatelaget målt ved samme tidspunkt.

Det ble funnet lave klf.a/POC verdier under vår, sommer og høstsituasjoner også i det ytre område (Jomfruland), noe som kan indikerer en konstant høy POC bakgrunn i hele Ytre Oslofjord. Ved sammenligning av POC nivået ved Jomfruland med tilsvarende nivå ved Arendal og naturlige upåvirkede lokaliteter (Boknafjorden og Lindåspollene), er det tydelig at vannmassene ved Jomfruland har et høyere innhold av POC (omlag 50%) selv om klorofyllverdiene gjennom året er sammenlignbare med de upåvirkede lokalitetene (fig.53). Dette kan skyldes tilførsler av vannmasser med et høyt POC innhold og lave klorofyll-a konsentrasjoner, f.eks. fra Kattegatt og Østersjøen i tillegg til lokale kilder (DNMI modell, 1995). Til sammenligning har eutrofe lokaliteter som Indre Oslofjord og Nordåsvannet v/Bergen bare omlag 30% høyere POC nivå.

Som allerede indikert ved klorofyllnivået, var primærproduksjonen i ytre deler av Ytre Oslofjord i samme størrelsesorden som det man finner i naturlige systemer som ikke har en antropogen tilførsel av næringsalter. Tidligere målinger av primærproduksjonen om sommeren i Ytre Oslofjord på i størrelsesorden $600 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Thronsen, 1978) stemmer godt overens med våre verdier for sommerproduksjon (mellom 200 og $600 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ved Færder og Jomfruland). Samtidig målte Thronsen en betydelig større produksjon på $2800 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ i Indre Oslofjord.

I fig.52 er gjennomsnittsverdier for årsproduksjonen ved de faste stasjonene i Ytre Oslofjord og Arendal vist sammen med produksjonsestimat fra andre lokaliteter langs kysten av Norge og Sverige. Skravert kolonne gir verdier beregnet ved algoritmen, mens sort kolonne gir målte verdier, hentet fra litteraturen. For Boknafjorden, en åpen fjord i Rogaland, oppga Erga (1989) en årsproduksjon mellom 80 og $144 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, avhengig av stasjon og om årsproduksjonen var beregnet pr. daglig innstrålt lys eller gjennomsnittlige lysverdier for en 10 års periode. Figuren viser bare årsproduksjon ved en av stasjonene (st 1). Tilsvarende verdier for et mer lukket naturlig pollsystem er en årsproduksjon rundt $150 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, målt i Fauskangerpollen i Hordaland (Sjøvold, 1985). Til sammenligning ble produksjonen i Indre Oslofjord beregnet til ca. $220 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ ved hjelp av algoritmen og klorofyll-a verdier hentet fra Paasche m.flere (1987). Årsproduksjonen ved munningen av den svenske Gullmarfjorden er i samme størrelsesorden, den ble målt til mellom 180 og $339 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ i løpet av en 10 års periode (1985-1994). I figuren er gjennomsnittsverdien på $230 \text{ gC m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ vist. I snitt var

dagsproduksjonen under vår og høstoppblomstringen i Gullmarfjorden ikke høyere enn det som ble beregnet for Jomfruland, men en jevnt høy produksjon på mellom 1000-1200 mgC m⁻² d⁻¹ om sommeren (mot 200-600 mgC m⁻² d⁻¹ ved Jomfruland) førte til en nesten dobbelt så høy årsproduksjon.

KONKLUSJON

På grunnlag av undersøkelsene i Skagerrak og Ytre Oslofjord samt de beregninger av primærproduksjon som ligger til grunn for denne rapporten, virker ikke primærproduksjonen i vannmassene langs Norges Skagerrakkyst og ytre del av Ytre Oslofjord å være større enn det som er normalt for et sammenlignbart upåvirket system. Høye POC verdier og et lavt klorofyll-a/POC forhold i ytre deler av Ytre Oslofjord (Jomfruland) indikerer tildels høye bakgrunnsverdier av partikulært organisk materiale som ikke kan knyttes til primærproduksjonen i området. Når det gjelder indre og sentrale deler av Ytre Oslofjord er det ikke mulig å gi en entydig konklusjon med hensyn på eutrofieffekten. Dette er grunnet for mangelfullt datagrunnlag.

REFERANSER

- Abdulla, A. I. og M. Danielsen (1989). Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.6 b, hydrokjemiske observasjoner i Ytre Oslofjord. NIVA rapport No. 421/90
- Erga, S. R. (1989). Ecological studies on the phytoplankton of Boknafjorden, western Norway. II. Environmental control of photosynthesis. *J. Plankton Res.*, 11, 785-812.
- Morel, A. og J. F. Berthon (1989). Surface pigments, algal biomass profiles, and potential production of the euphotic layer: Relationships reinvestigated in view of remote-sensing applications. *Limnol. Oceanogr.*, 34, 1545-1562.
- NIVA (1995). Langtidsovervåkning av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990-1994. Under trykking.
- Prasad, K. S., S. E. Lohrenz, D. G. Redalje og G. L. Fahnenstiel (1994). P r i m a r y production in the Gulf of Mexico coastal waters using "remotely-sensed" tropic category approach. *Continental Shelf Res.*, 15, 1355-1368.
- Paasche, E og S. R. Erga. (1988). Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton in the inner Oslofjord (Norway). *Sarsia*, 73, 169-244.
- Paasche, E., S. R. Erga og S. Brubak. (1987). Nitrogen, fosfor og plantonvekst. En metodeundersøkelse i Oslofjorden 1986, 84 s.
- Sjøvold, W. (1985). Planteplanktonets produksjon, biomasse, artssammensetning og miljøforhold i Fauskangerpollen februar-oktober 1976. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Bergen.
- Thronsen, J. (1978). Productivity and abundance of ultra- and nanoplankton in Oslofjorden. *Sarsia*, 63, 273-284.

FIGURTEKST.

- Fig.1 Stasjonskart som viser de faste stasjonene Færder, Jomfruland og Arendal stasjonene 1 og 2, i tillegg til sone 1 og 2 i Ytre Oslofjord.
(Map showing the stations Færder, Jomfruland and Arendal 1, 2 together with zones 1 and 2 in the Outer Oslofjord)
- Fig.2 Variasjon i PAR ($J m^{-2} d^{-1}$) i løpet av 1990-94.
(Variation in PAR ($J m^{-2} d^{-1}$) during the period 1990-1994.)
- Fig.3-5 Gjennomsnittlige klorofyll-a konsentrasjoner i overflatelaget (0-10m) gjennom året ved Færder, Jomfruland og Arendal st.1, 1990-1994.
(Average chlorophyll a concentrations in the surface layer (0-10 meter) throughout the year at Færder, Jomfruland and Arendal 1.1990-1994)
- Fig.6 Vertikalfordeling av klorofyll-a ved Jomfruland vinter, vår og høst i 1990-94.
(Vertical distribution of chlorophyll a at Jomfruland during winter, spring and autumn 1990-1994)
- Fig.7-18 Gjennomsnittlige næringsalkonsentrasjoner i overflatelaget (0-10m) gjennom året ved Færder, Jomfruland og Arendal st.1, 1990-1994.
(Average nutrient concentrations in the surface layer (0-10 meter) throughout the year at Færder, Jomfruland and Arendal 1.1990-1994)
- Fig.19 Vertikal fordeling av saltholdighet ved Jomfruland i løpet av vinter, vår, sommer og høst 1991.
(Vertical distribution of salinity at Jomfruland during winter, spring and autumn 1991.)
- Fig.20 Vertikal fordeling av temperatur ved Jomfruland i løpet av vinter, v å r , sommer og høst 1991.
(Vertical distribution of temperature at Jomfruland during winter, spring and autumn 1991.)
- Fig.21-24 Beregnet primærproduksjon ($mgC m^{-2} d^{-1}$) i løpet av året ved Færder, Jomfruland og Arendal, 1990-1994.
(Calculated primary production ($mgC m^{-2} d^{-1}$) during the year at Færder, Jomfruland and Arendal, 1990-1994.)
- Fig.25-28 Beregnet årsproduksjon ($gC m^{-2} år^{-1}$) ved Færder, Jomfruland og Arendal 1990-1994. Skraverete del representerer opblomstringen av *Gyrodinium aureolum*.
(Calculated yearly production ($gC m^{-2} år^{-1}$) at Færder, Jomfruland and Arendal, 1990-1994. Stippled part represents a bloom of *Gyrodinium aureolum*)
- Fig.29-30 Variasjon i POC ($\mu M C$) i Skagerrak kystvann (SK) ved Færder og Jomfruland, 1990-1994.
(Variation in POC ($\mu M C$) in Skagerrak coastal water(SK) at Færder and Jomfruland, 1990-1994).
- Fig.31-32 Variasjon i total N og P i Skagerrak kystvann (SK) ved Færder og Jomfruland, 1990-1994.
(Variation in total N and P in Skagerrak coastal water(SK) at Færder and Jomfruland, 1990-1994).

- Fig.33-34 Det molare forholdet mellom C, N og P i det partikulære materialet i Skagerrak vann (SK) ved Færder og Jomfruland, 1990-1994.
(*Atomic ratio between C, N, and P in particulate material in Skagerrak coastal water (SK) at Færder and Jomfruland, 1990-1994.*)
- Fig.35-37 Partikulært C, N og P i Skagerrak ved Jomfruland i løpet av vår (mars-april), sommer (mai-juli) og høst (august-september) situasjoner i 1990-94 plottet mot hverandre. Skagerrak er delt inn i vannmasser med salholdighet mellom 25- 29 PSU og 29-32 PSU.
(*Particulate C, N and P in the Skagerrak at Jomfruland plotted against each other for spring(March-April), summer (May-July) and autumn (August- September) 1990-1994. Values are divided for watermasses between 25-29 PSU and 29-32 PSU*)
- Fig.38 POC vs. klorofyll-a i Skagerrak i løpet av vår, sommer og høst .
(*POC vs chlorophyll a in Skagerrak during spring, summer and autumn*)
- Fig.39 Oversikt over stasjoner i Ytre Oslofjord som inngikk i undersøkelsen til Abdulla og Danielsen (1989).
(*Overview over the stations in the Outer Oslofjord during the investigation of Abdulla and Danielsen (1989)*)
- Fig.40 Oversikt over stasjoner i Ytre Oslofjord som inngikk i undersøkelsen til Paasche m.flere (1987).
(*Overview over the stations in the Outer Oslofjord during the investigation of Paasche et al.(1987)*)
- Fig.41 Klorofyll-a i overflatelaget (1-10m) ved stasjonene i fig.39 (sone 1 og 2).
(*Chlorophyll a in the surface layer (1-10 m) at the stations in fig. 39 (zones 1 and2)*)
- Fig.42 Beregnet primærproduksjon ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) i 0-20m ved stasjonene i fig.39 (sone 1 og 2).
(*Calculated primary production ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) at 0-20 meter at the stations in fig. 39 (zones 1 and 2)*)
- Fig.43 Næringsalter i overflatelaget (1-10m) ved stasjonene i fig.39 (sone 1).
(*Nutrients in the surface layer (1-10 m) at the stations in fig. 39 (zone 1)*)
- Fig.44 Klorofyll-a i overflatelaget (ned til 10m) i sone 1 i perioden 1986-91.
(*Chlorophyll a in the surface layer (down to 10 m.) at zone 1 in the period 1986-1991)*)
- Fig.45 Klorofyll-a i overflatelaget (ned til 10m) i sone 2 i perioden 1986-91.
(*Chlorophyll a in the surface layer (down to 10 m.) at zone 2 in the period 1986-1991)*)
- Fig.46 Beregnet primærproduksjon ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) i sone 1 i perioden 1986-91.
(*Calculated primary production ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) in zone 1 in the period 1986-1991.*)
- Fig.47 C, N og P i det partikulære materialet i sommer og høst (sone 1) i undersøkelsene til Abdulla og Danielsen (1989) og Paasche m.flere (1987).
(*C, N and P in the particulate material during summer and autumn (zone 1) during the investigations of Abdulla and Danielsen (1989) and Paasche et al. (1987)*)

- Fig.48 POC vs. klorofyll-a i sommer og høst (sone 1) i undersøkelsene til Abdulla og Danielsen (1989) og Paasche m.flere (1987).
(*POC vs chlorophyll a during summer and autumn (zone 1) during the investigations of Abdulla and Danielsen (1989) and Paasche et al. (1987)*)
- Fig. 49 POC vs klorofyll-a i sommer og høst (sone 2) i undersøkelsene til Abdulla og Danielsen (1989) og Paasche m.flere (1987).
(*POC vs chlorophyll a during summer and autumn (zone 2) during the investigations of Abdulla and Danielsen (1989) and Paasche et al. (1987)*)
- Fig.50 Næringsalter i overflatelaget (1-10m) ved stasjonene i fig.39 (sone 2).
(*Nutrients in the surface layer (1-10 m) at the stations in fig.39 (zone 2)*)
- Fig.51 C, N og P i det partikulære materialet i sommer og høst (sone 2) i undersøkelsene til Abdulla og Danielsen (1989) og Paasche m.flere (1987).
(*C, N and P in particulate material during summer and autumn (zone 2) during the investigations of Abdulla and Danielsen (1989) and Paasche et al. (1987)*)
- Fig.52 Sammenligning av målte og beregnede årsproduksjon. Fylte kolonner gir målte årsproduksjon, mens skravert kolonne gir årsproduksjon beregnet ut fra klorofyll-a verdier fra samme datasett.
(*Comparison of measured and calculated yearly production. Filled columns show measured production while stippled columns shows primary production calculated from chlorophyll a values from the same data set.*)
- Fig.53 POC verdier ved Jomfruland og Arendal 1 sammenlignet med tilsvarende verdier fra upåvirkede (Boknafjorden og Lindåspollene) og eutrofe (Indre Oslofjord og Nordåsvannet) lokaliteter.
(*POC values at Jomfruland and Arendal 1 compared to values from non-affected localities (Boknafjorden and Lindåspollene) and eutrophic localities (Inner Oslofjord and Nordåsvannet)*)
- Fig.54 Stasjoner i snittet fra Jomfruland- Koster (Sverige).
(*Stations in the section from Jomfruland to Koster (Sweden)*)
- Tabell 2a Primærproduksjon ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) i snittet fra J o m f r u l a n d -K o s t e r (Sverige)beregnet med PAR for den aktuelle prøvedagen. Tall i parentes gir produksjoner beregnet med gjennomsnittlig PAR for april måned.
(*Primary production ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) at the section from Jomfruland to Koster (Sweden) calculated with PAR values for the actual sampling day. Values in parentes represent production calculated with average PAR for April*)
- Tabell 2b Klorofyll-a verdier i overflatelaget (0-10m) i snittet fra Jomfruland-Koster (Sverige).
(*Chlorophyll a values in the surface layer (1-10 m) at the section Jomfruland to Koster (Sweden)*)

Fig.1

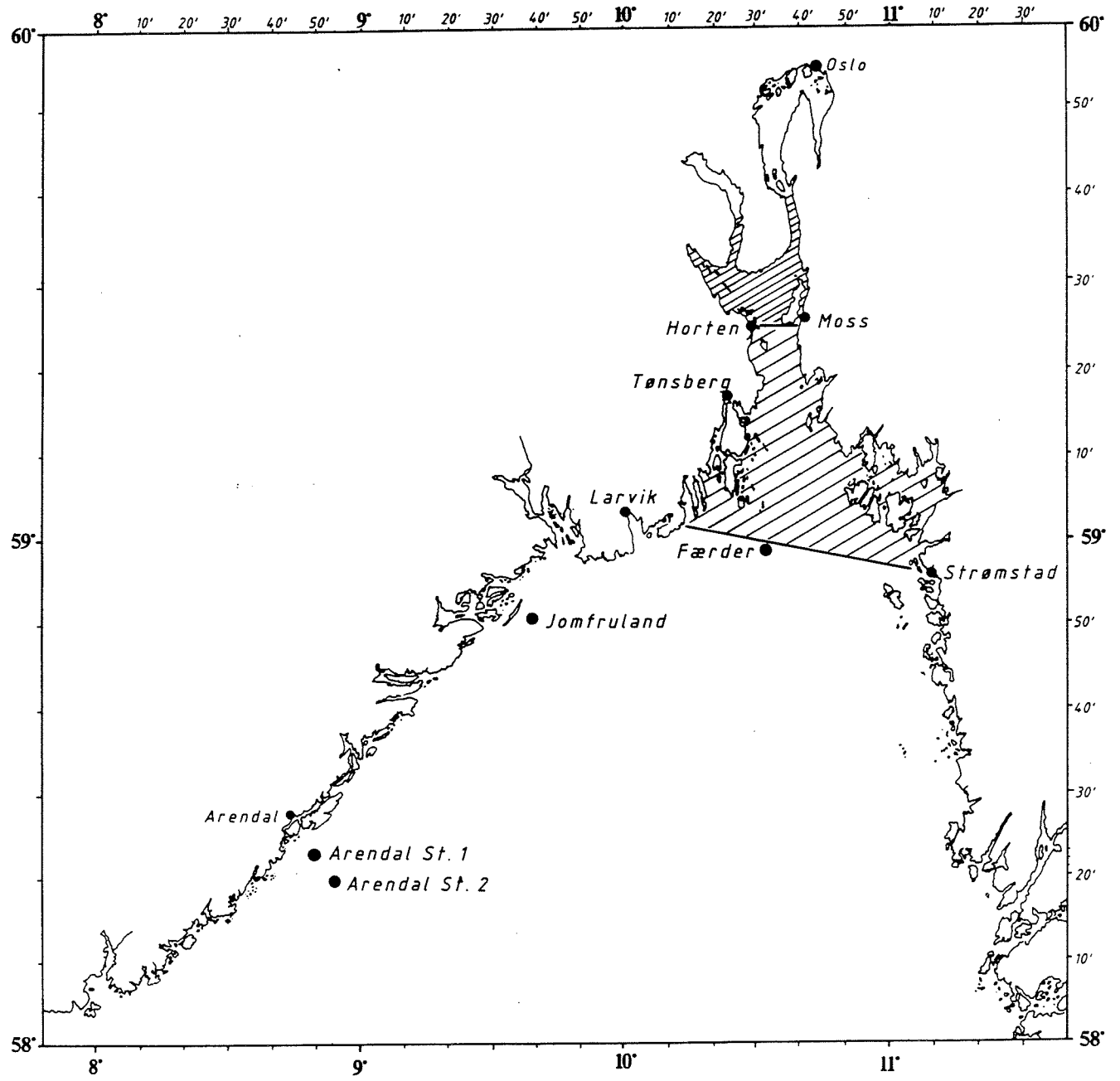


Fig.2

PAR 1990-94

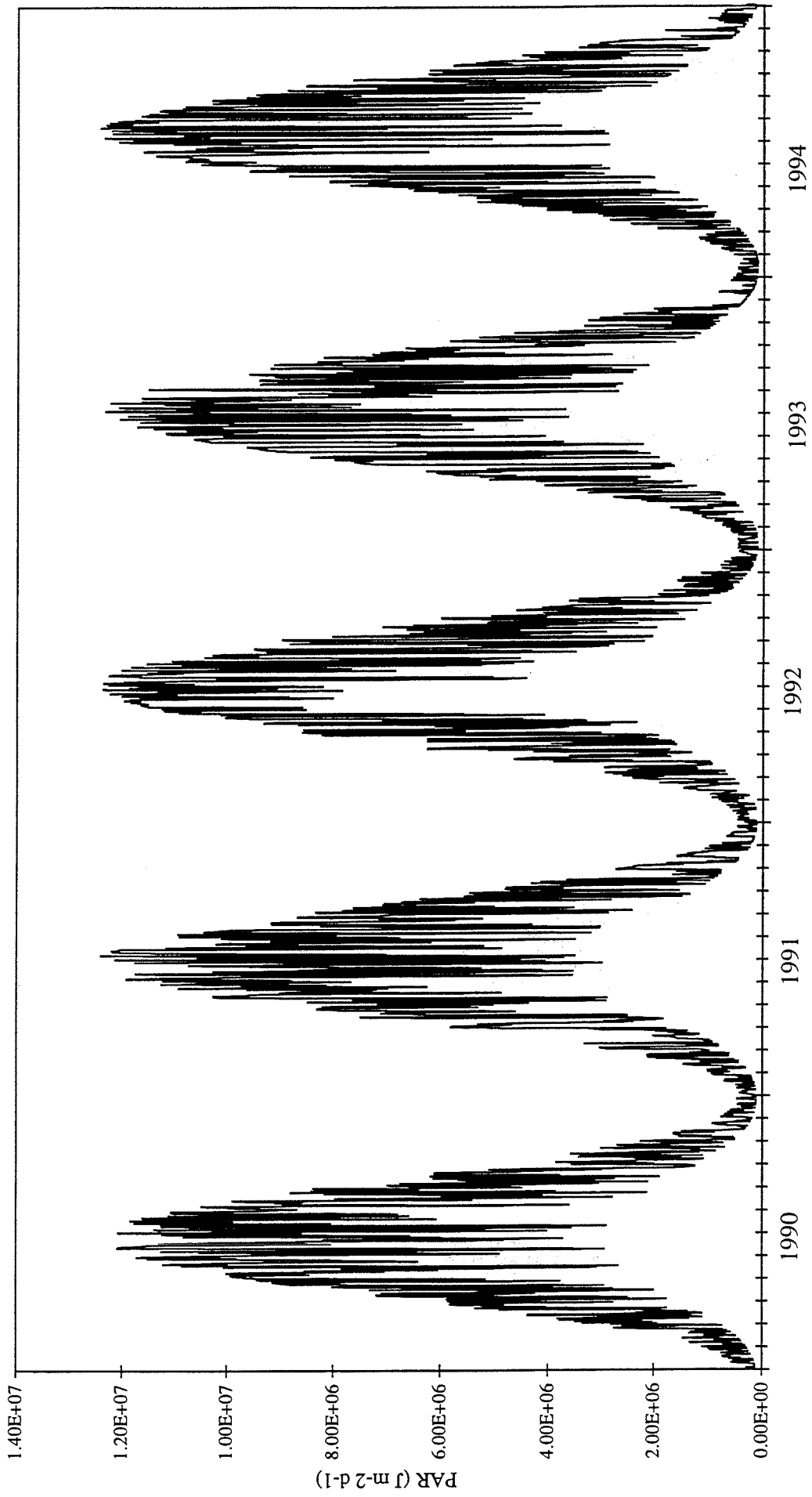


Fig.3

Færder 1990-92
Klorofyll-a

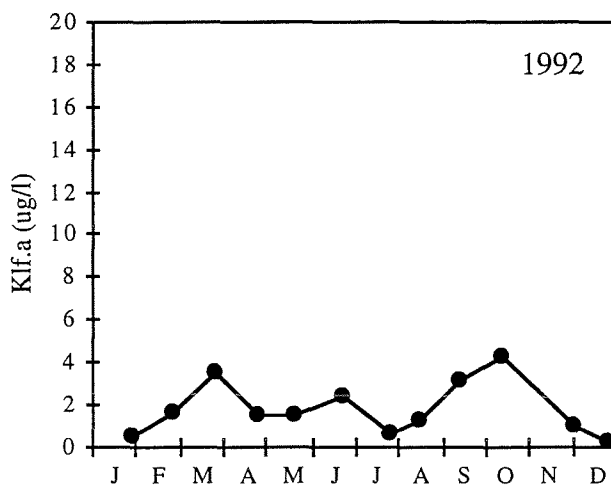
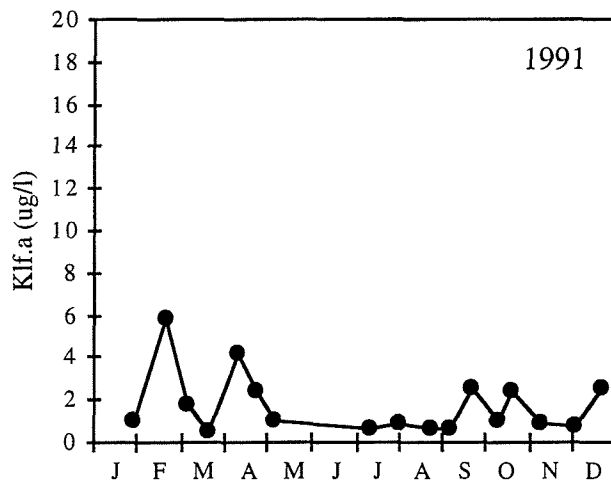
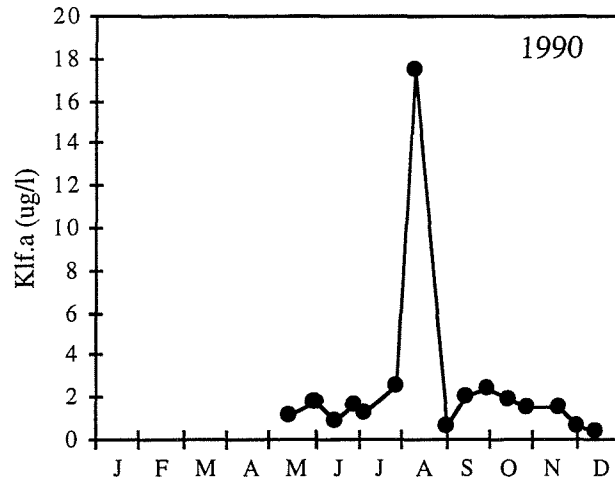


Fig.4

Jomfruland 1990-94

Klorofyll-a

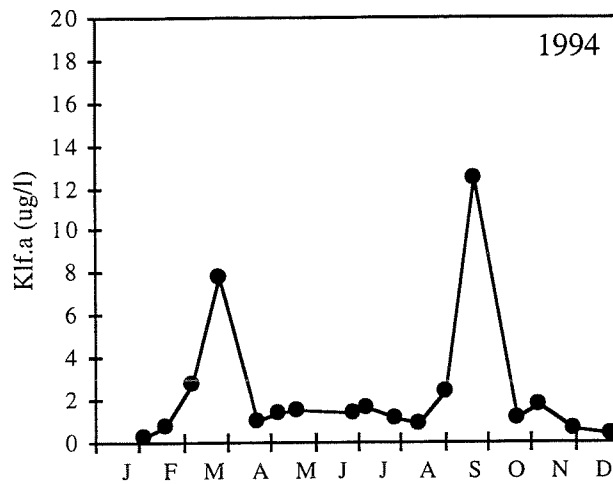
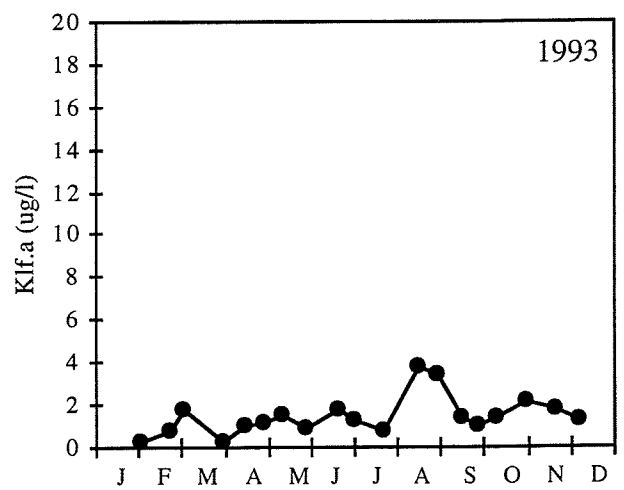
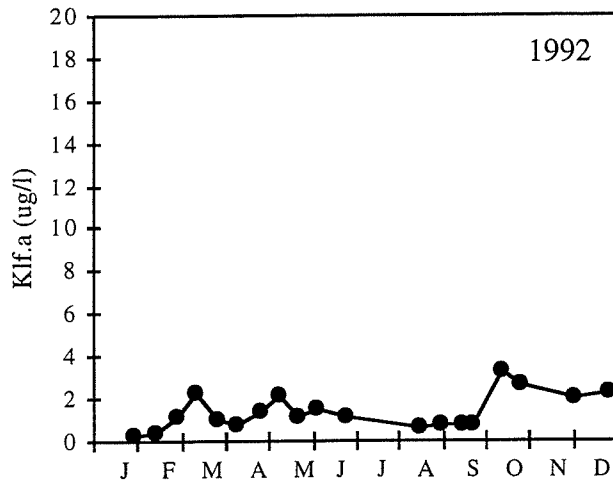
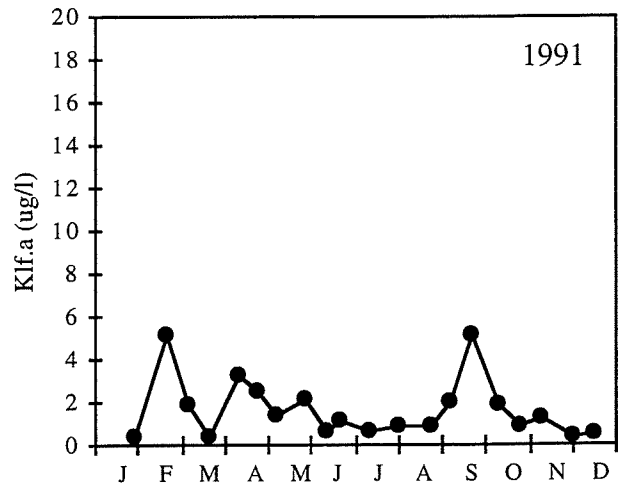
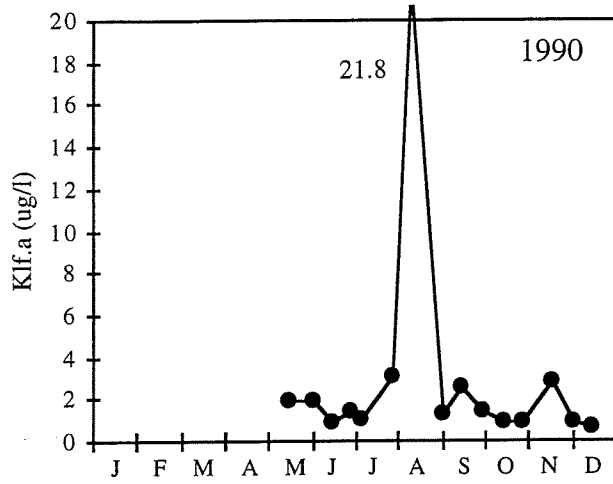


Fig.5

Arendal st. 1
Klorofyll-a

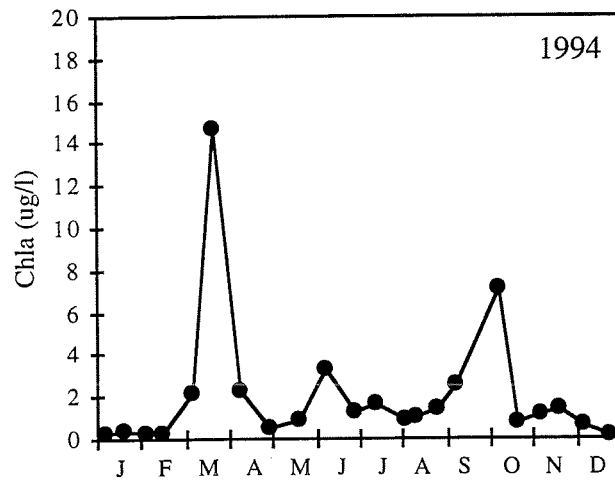
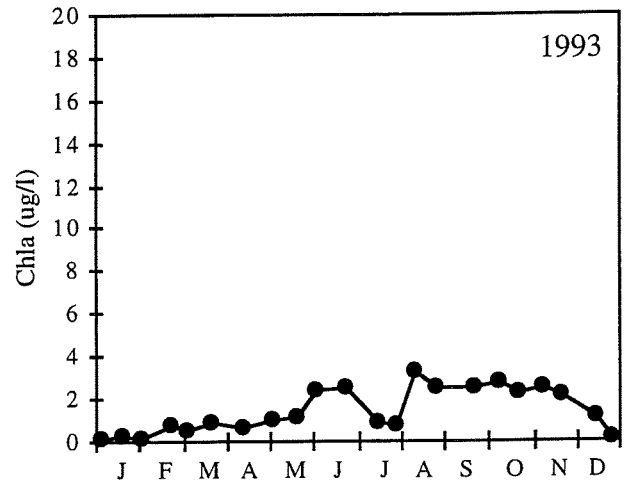
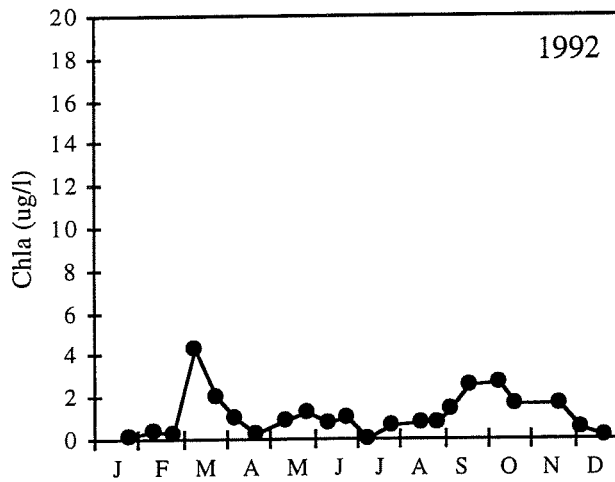
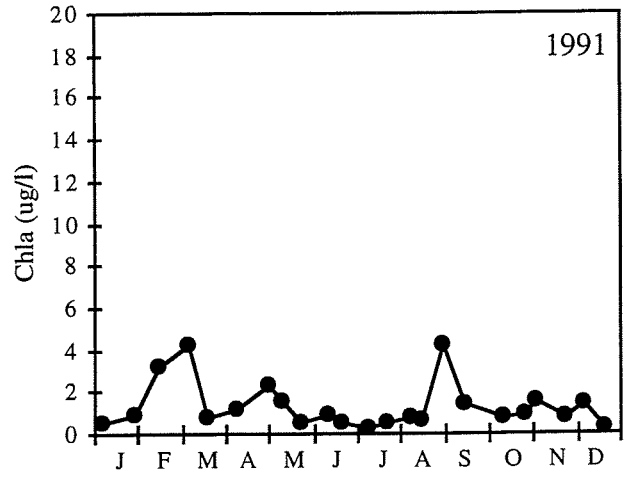
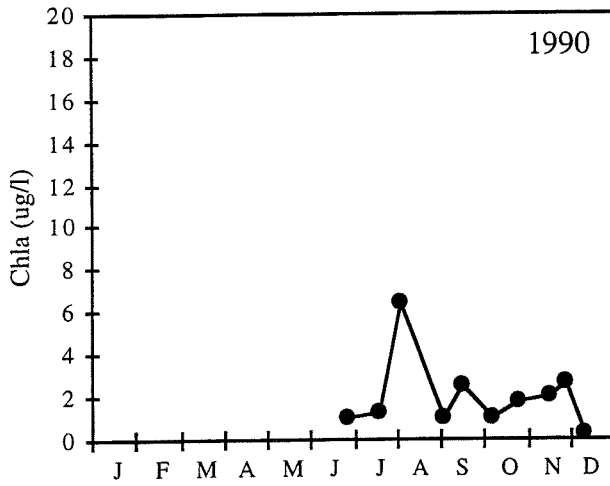


Fig. 6

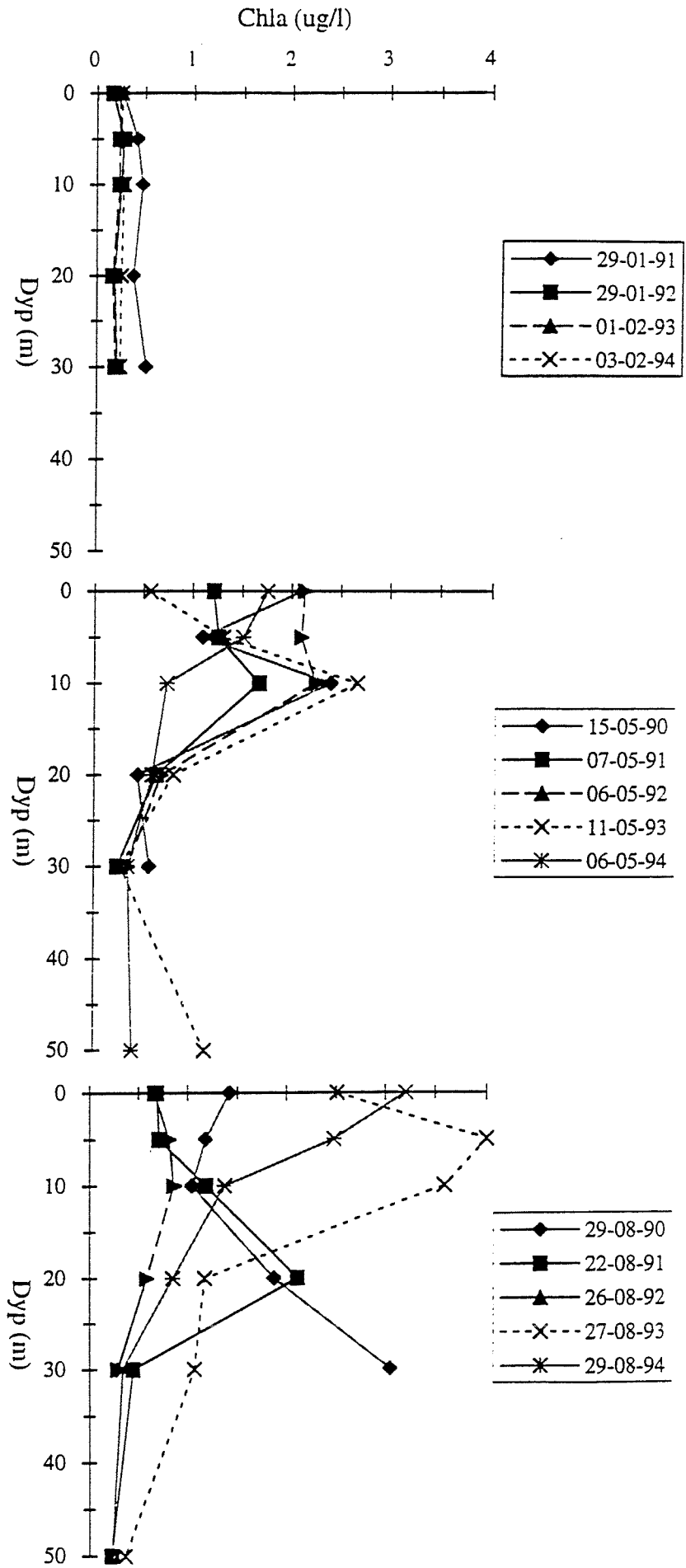


Fig.7

Færder 1990-92
Fosfat

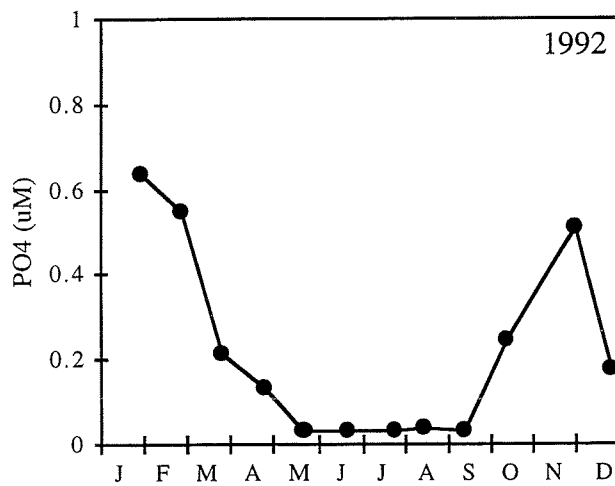
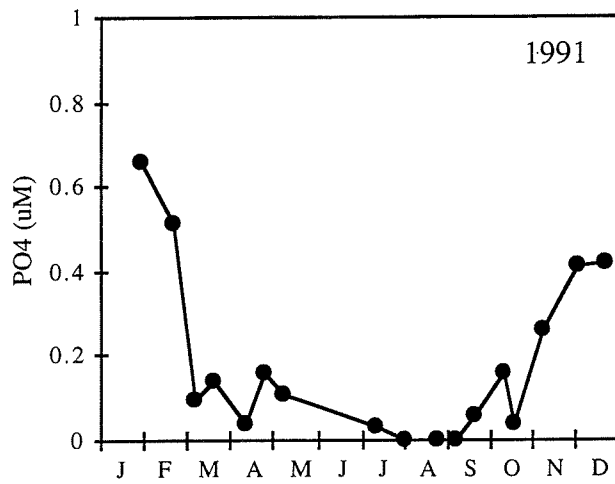
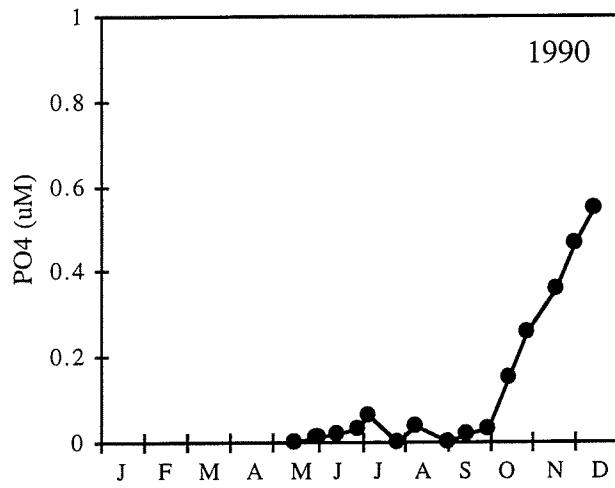


Fig.8

Jomfruland 1990-94
Fosfat

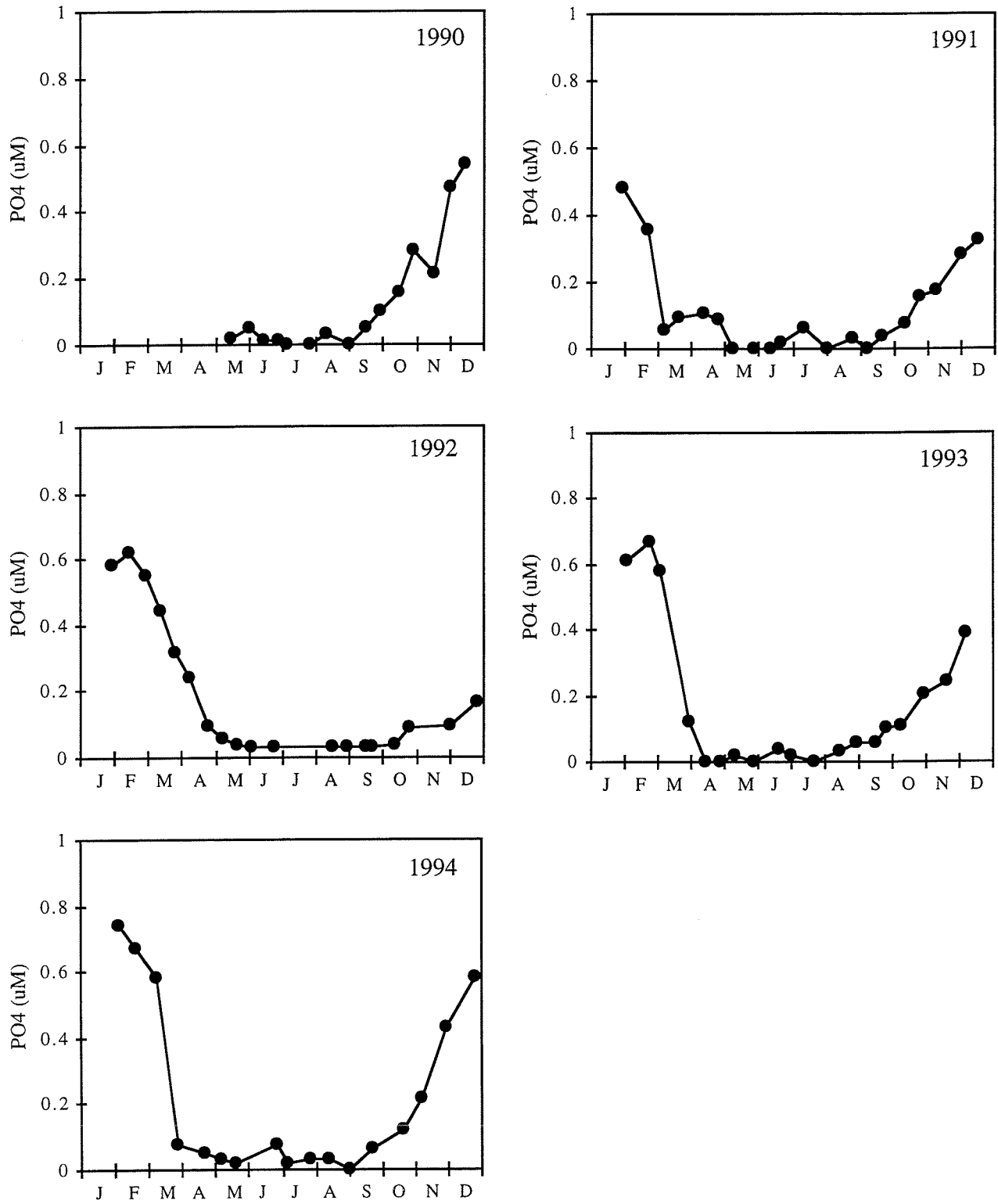


Fig.9

Arendal st.1
Fosfat

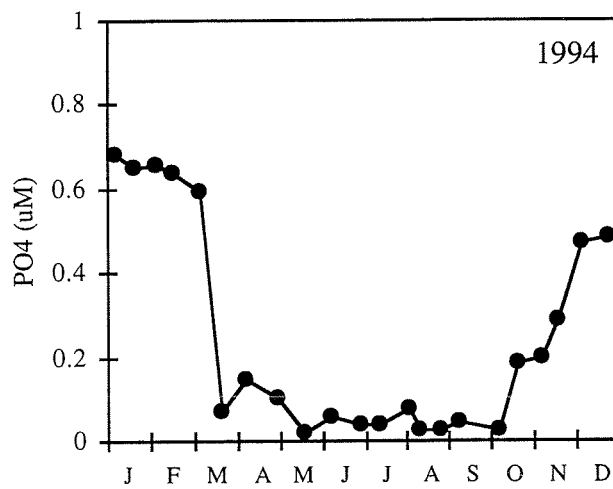
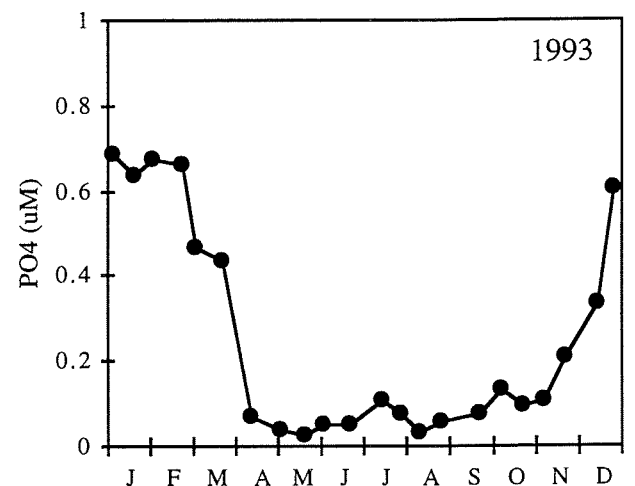
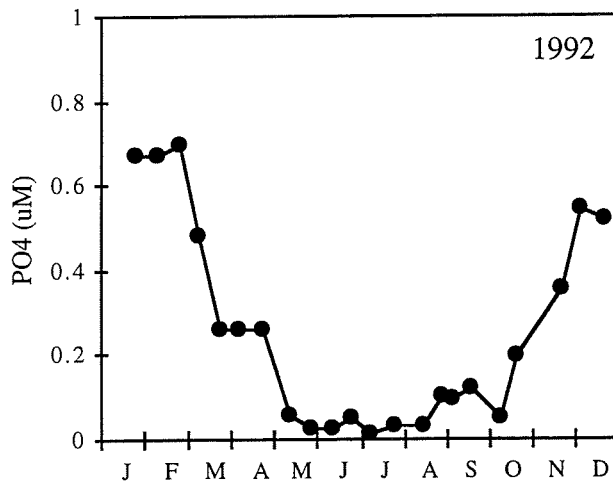
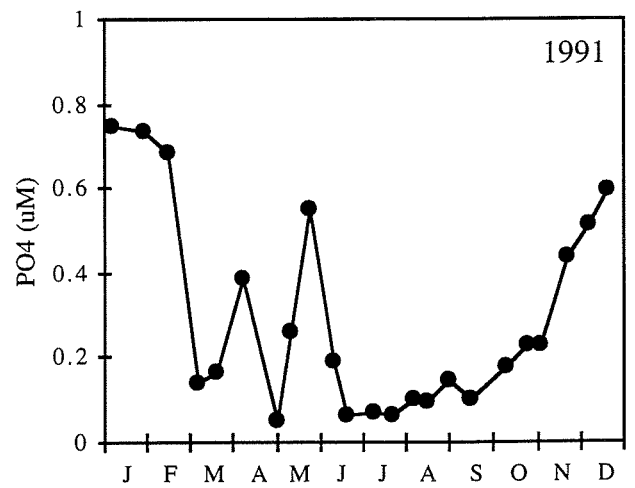
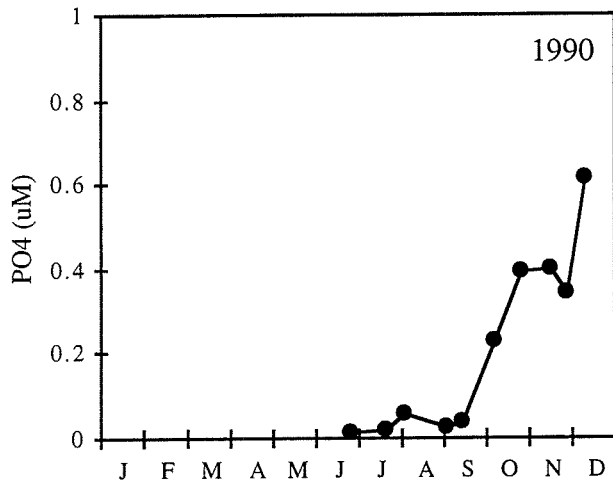


Fig.10

Færder 1990-92
Nitrat+nitritt

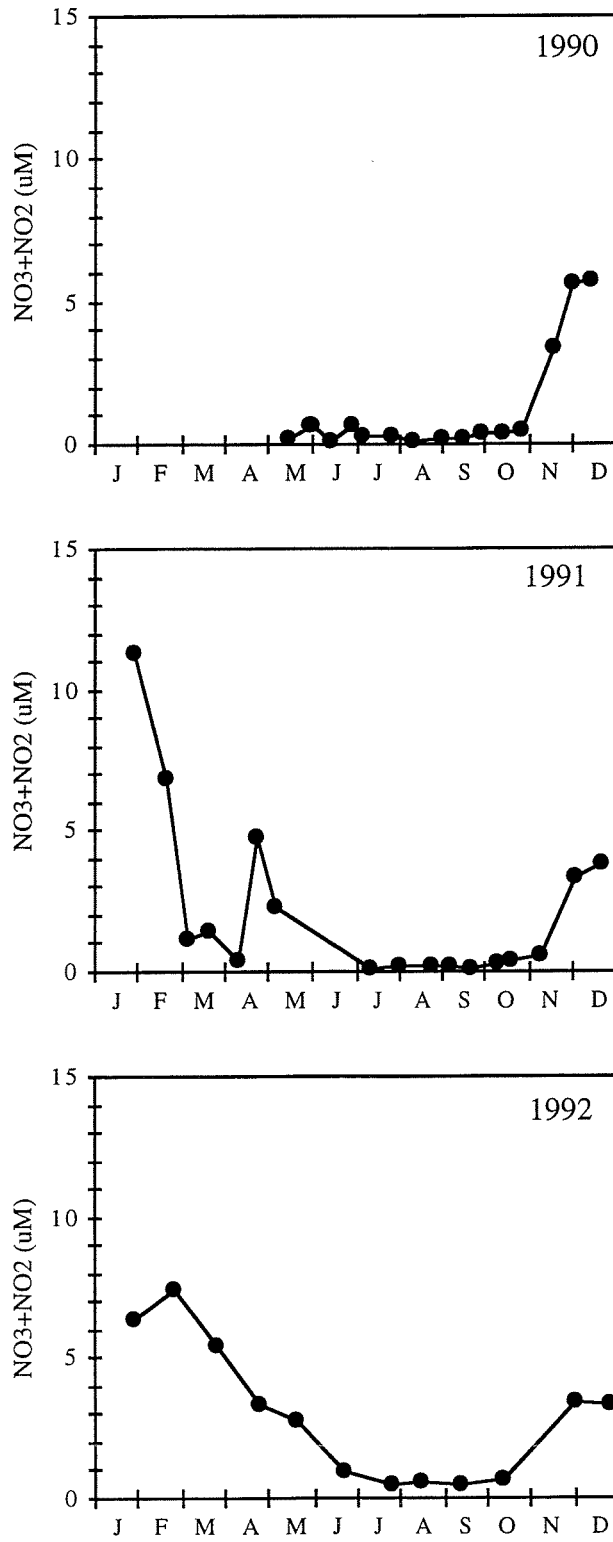


Fig.11

Jomfruland 1990-94
Nitrat+nitritt

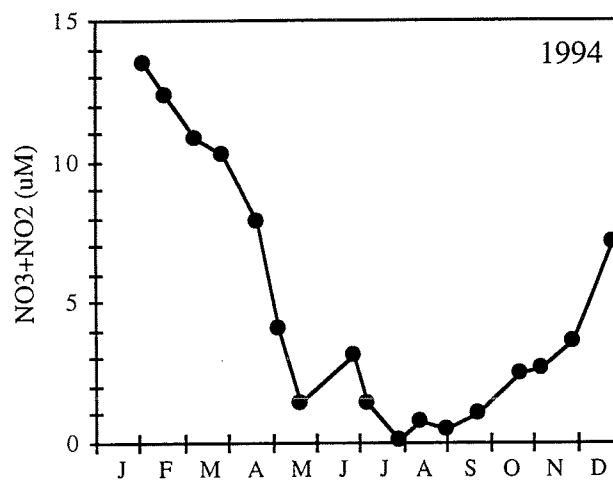
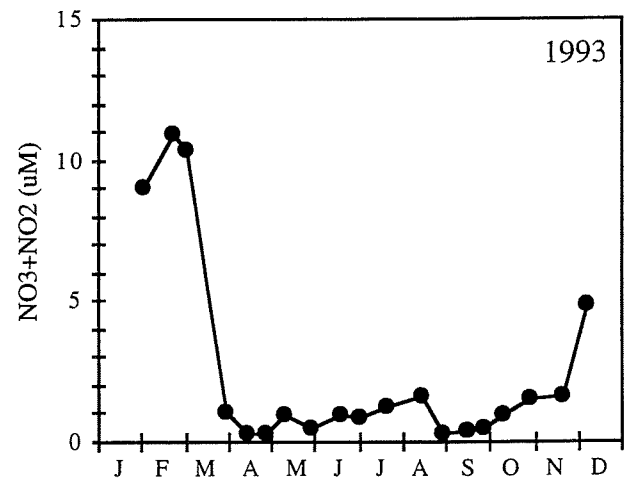
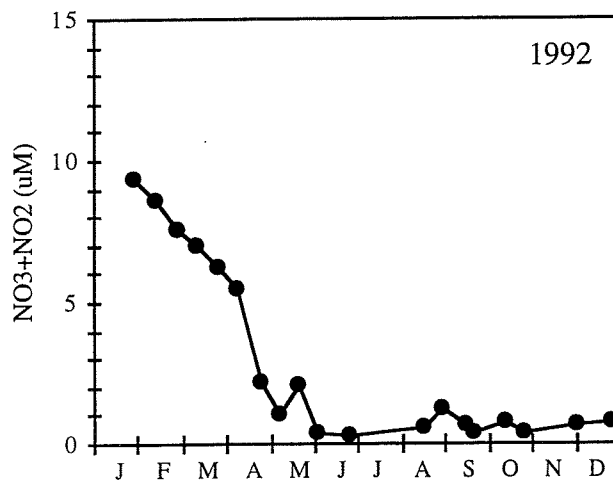
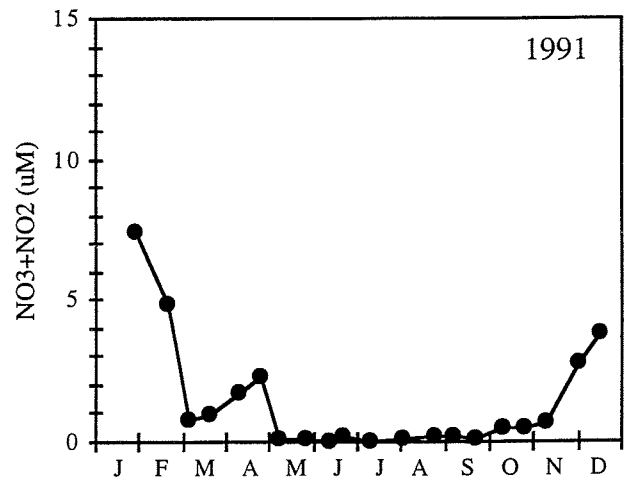
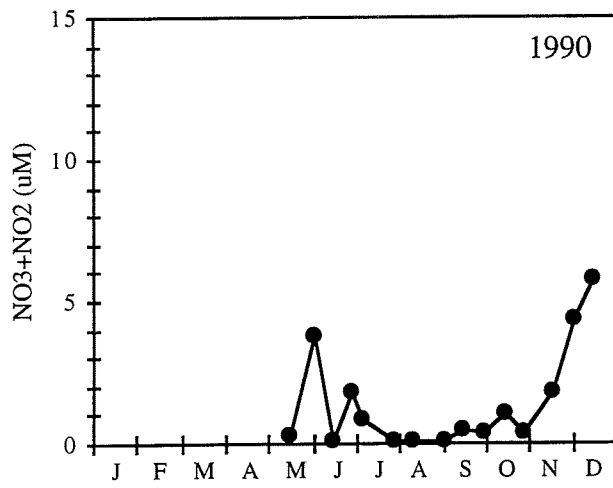


Fig.12

Arendal st.1
Nitrat+nitritt

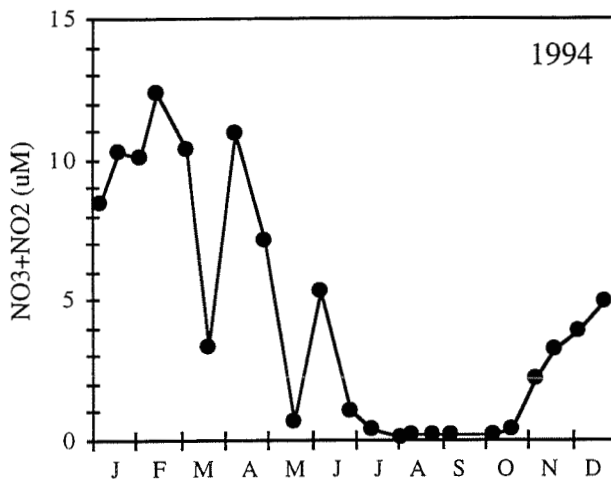
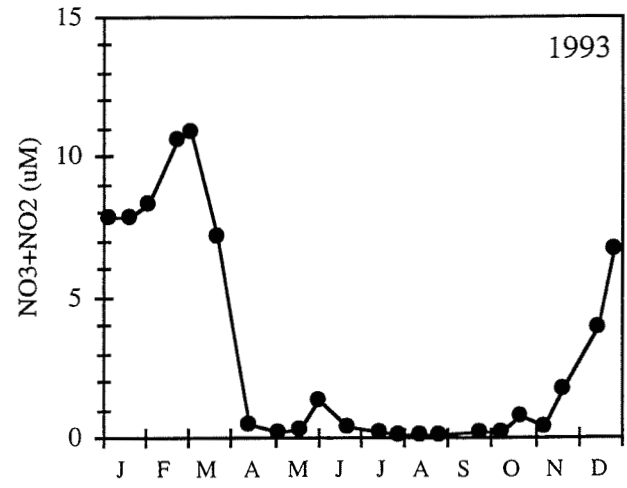
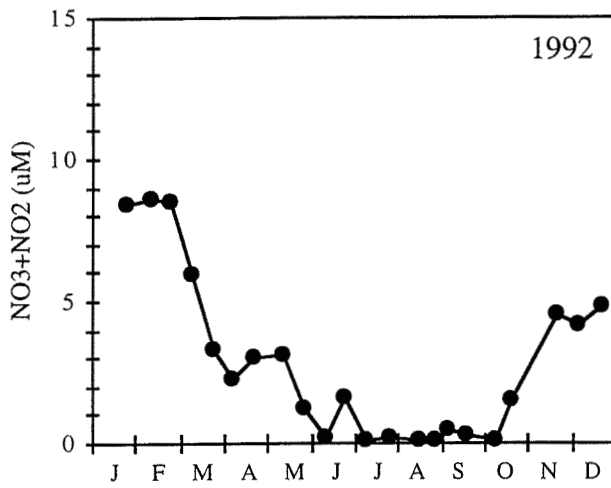
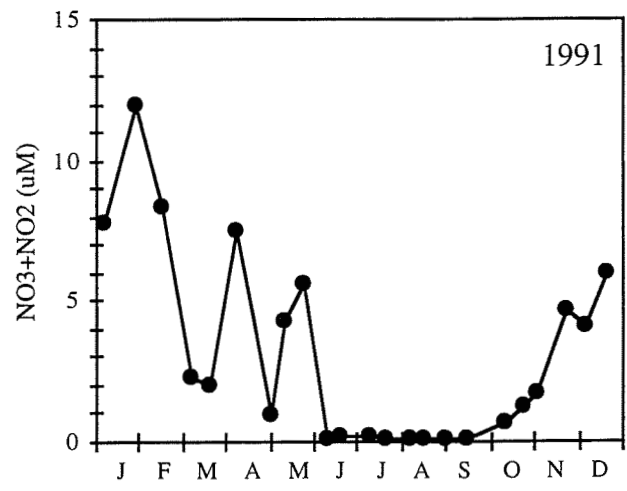
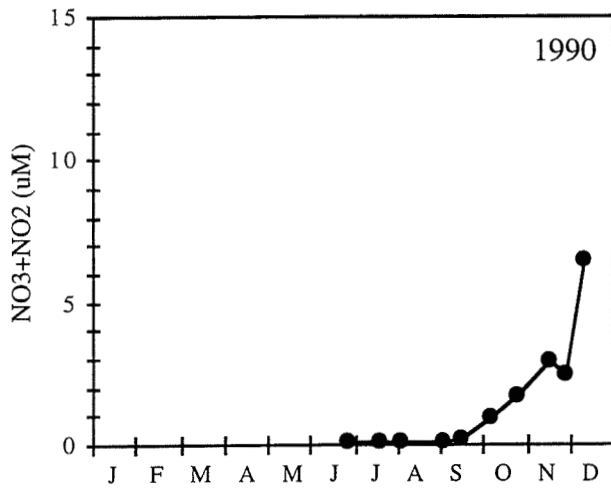


Fig.13

Færder 1990-92
Ammonium

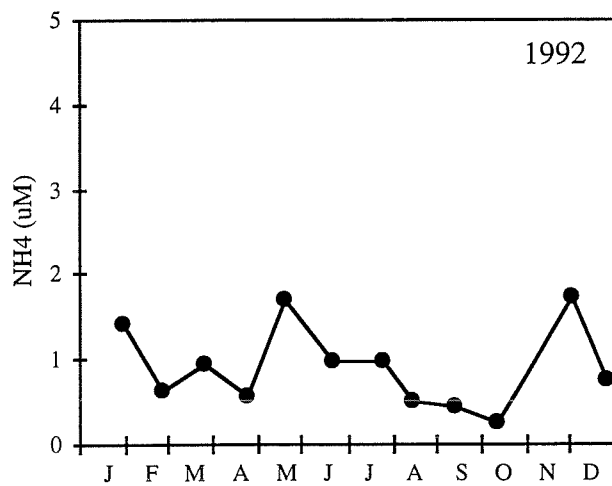
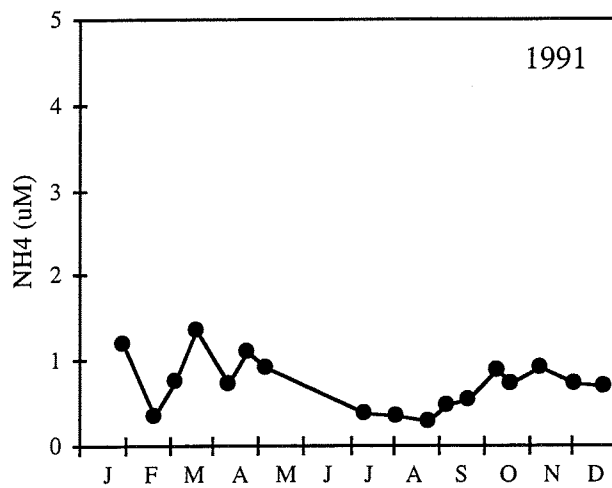
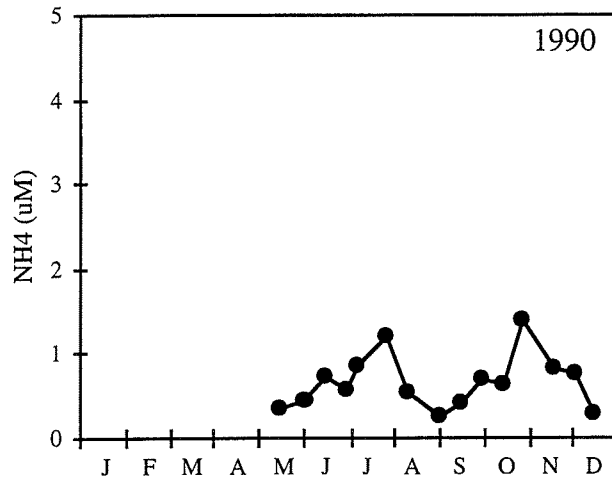


Fig.14

Jomfruland 1990-94
Ammonium

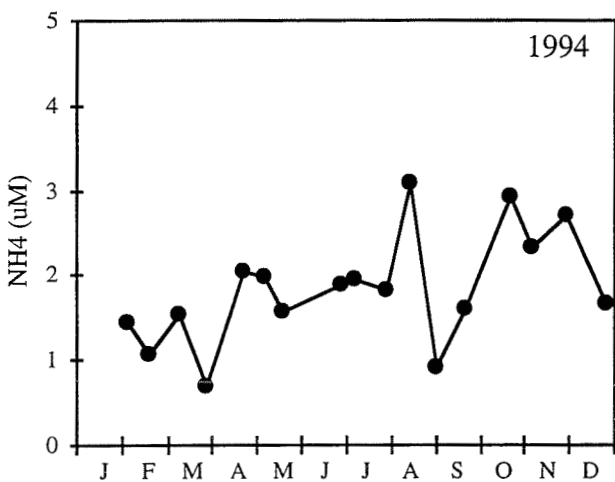
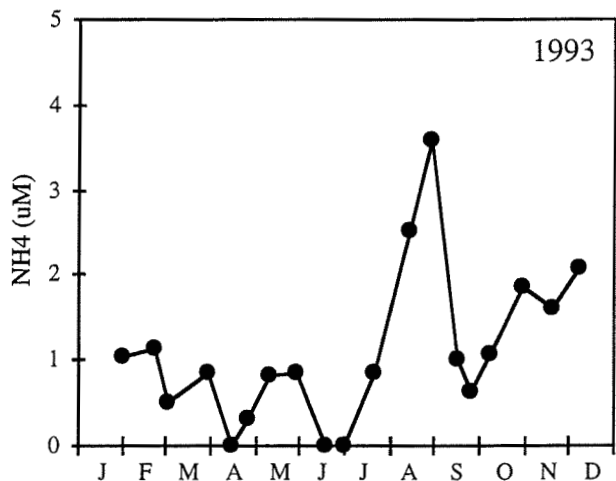
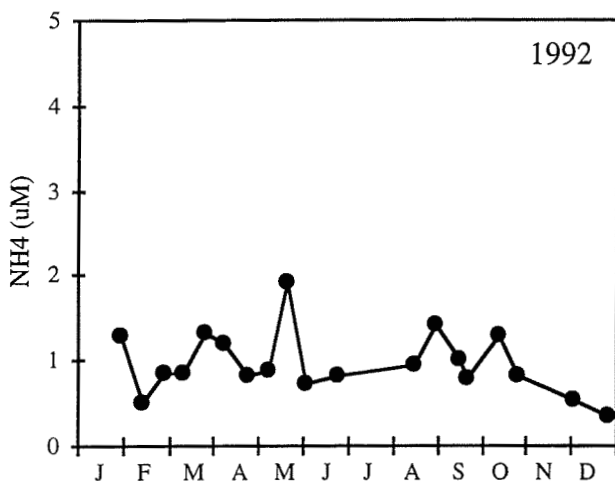
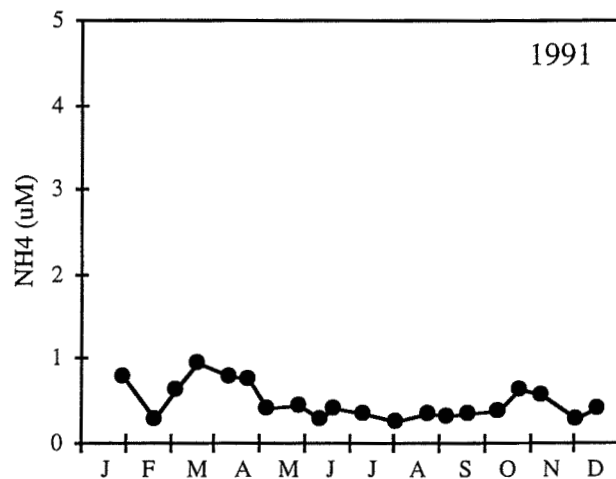
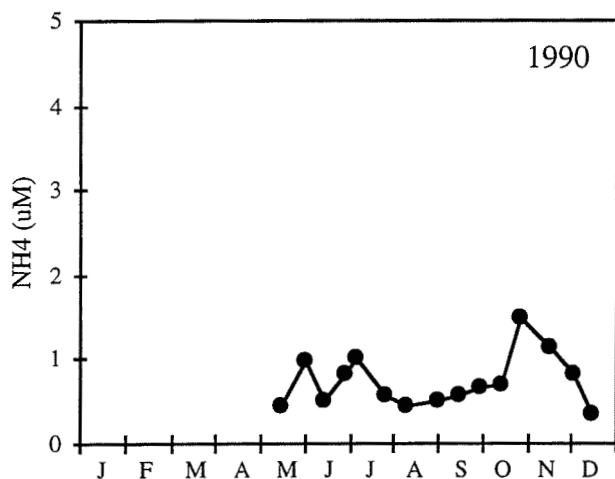


Fig.15

Arendal st.1
Ammonium

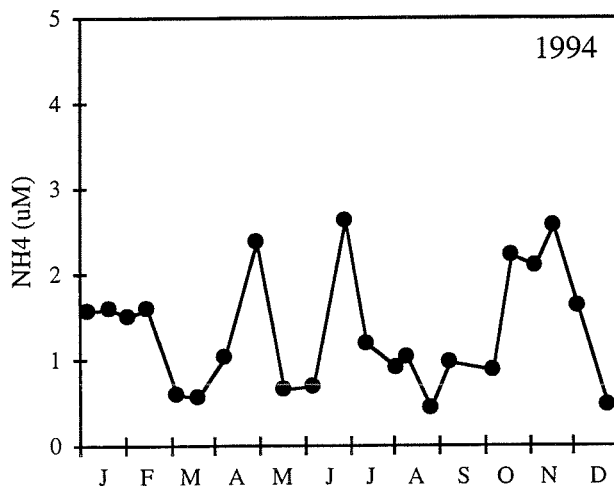
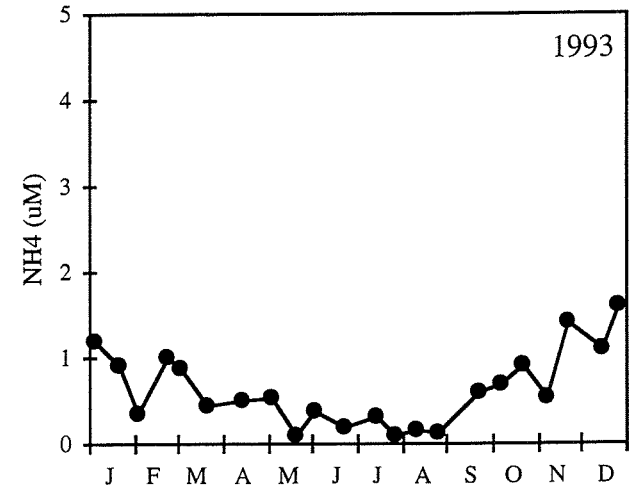
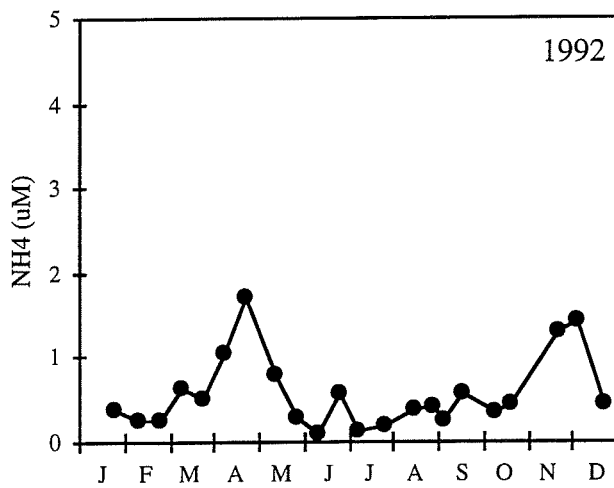
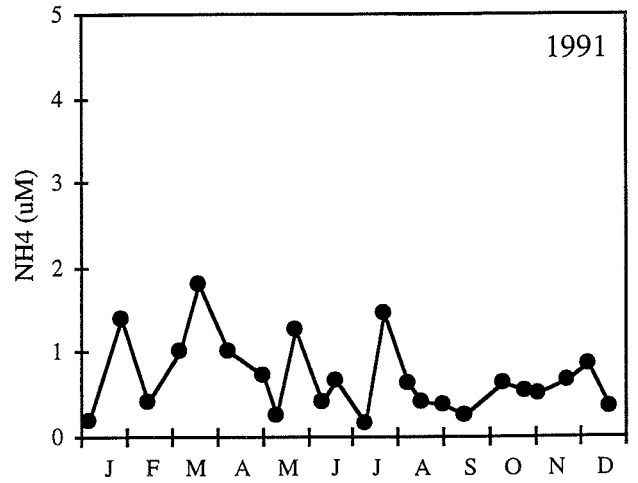
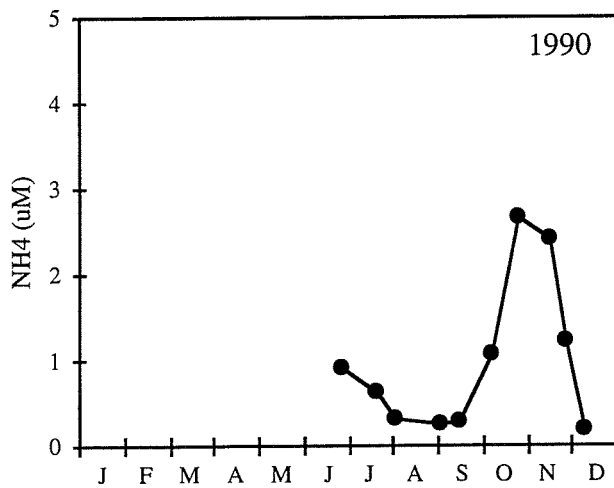


Fig.16

Færder 1990-92
Silikat

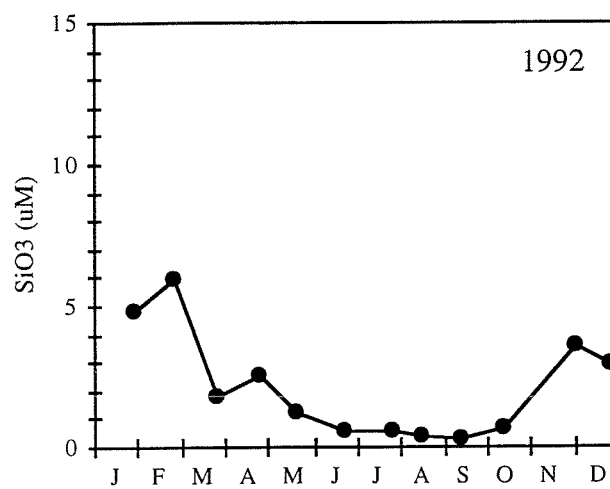
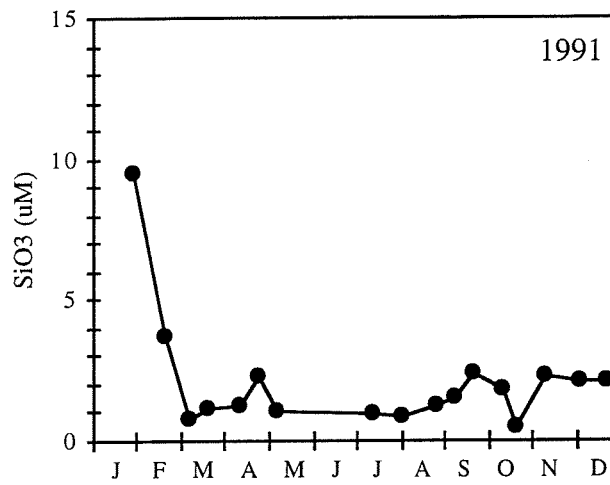
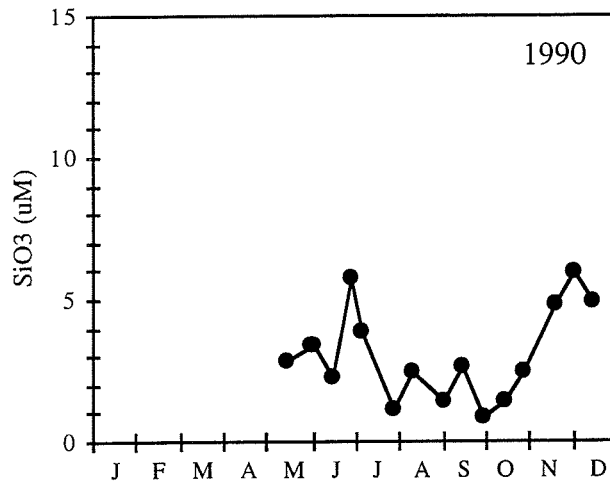


Fig.17

Jomfruland 1990-94
Silikat

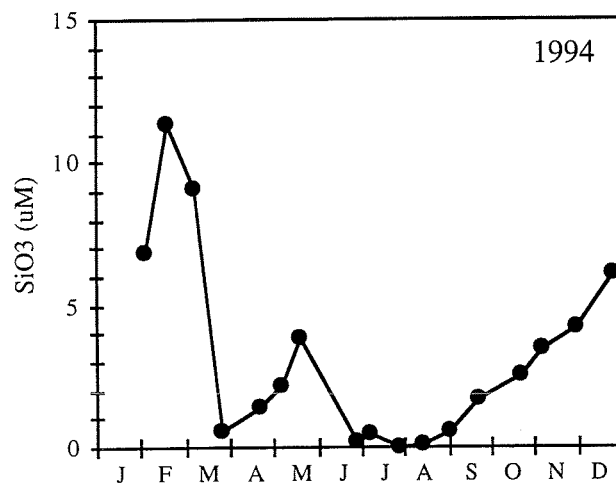
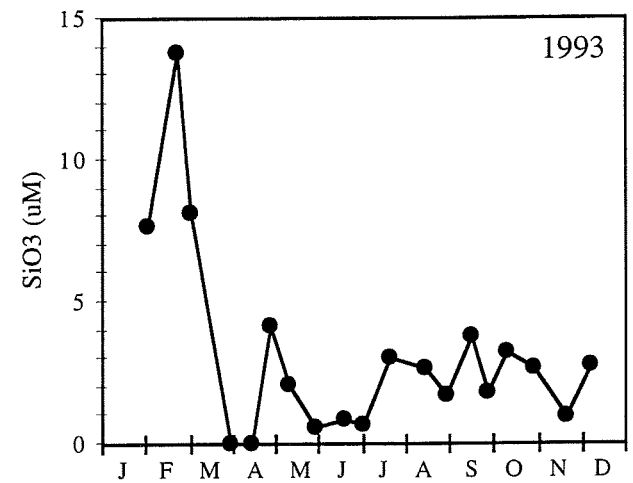
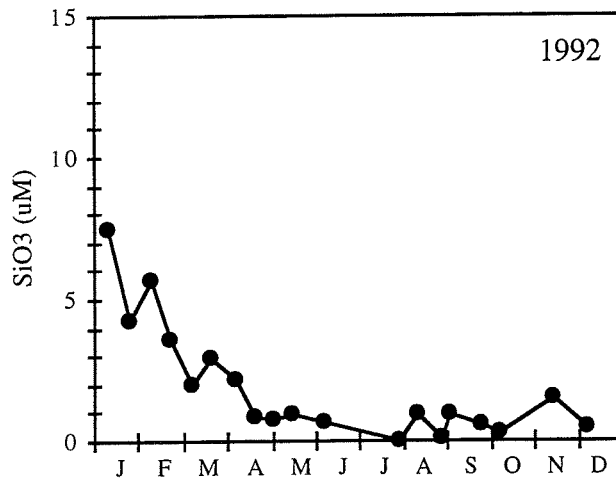
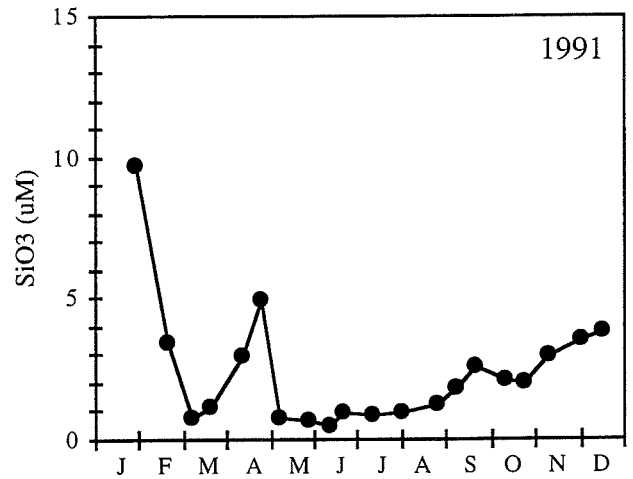
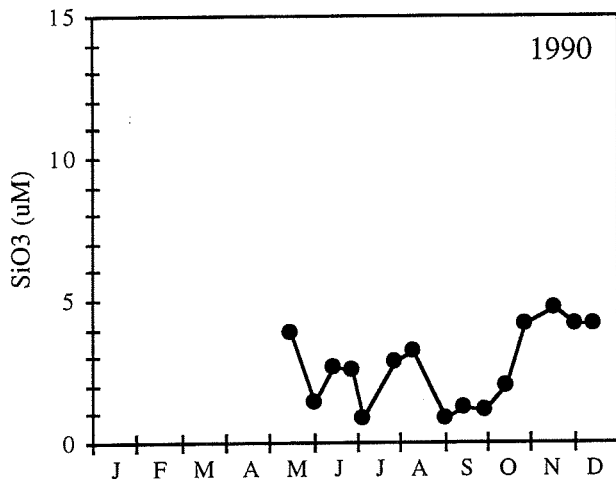


Fig.18

Arendal st.1
Silikat

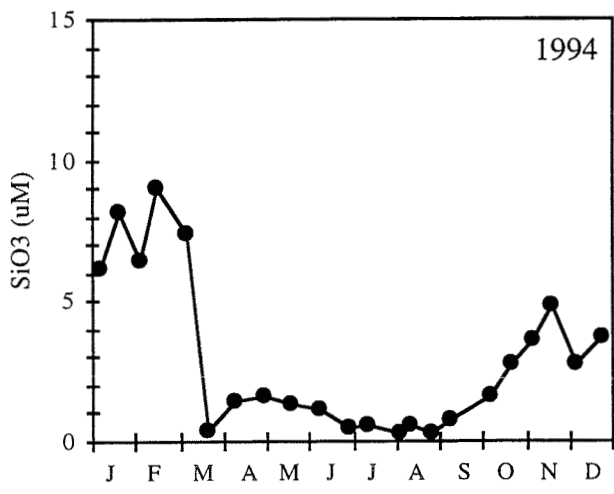
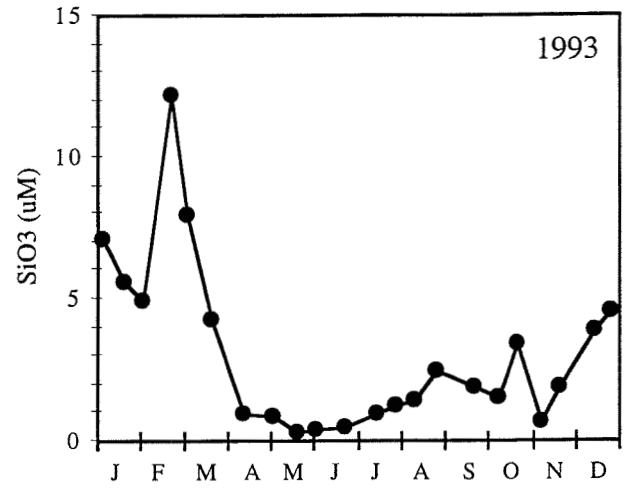
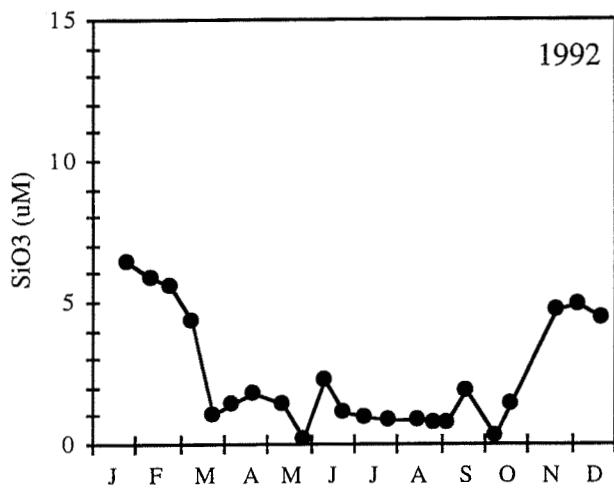
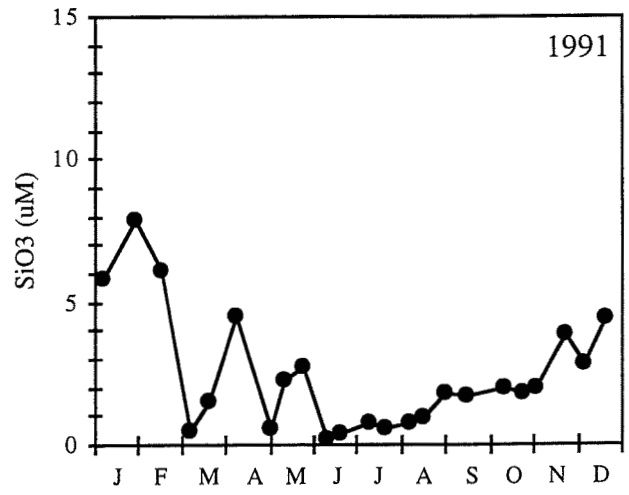
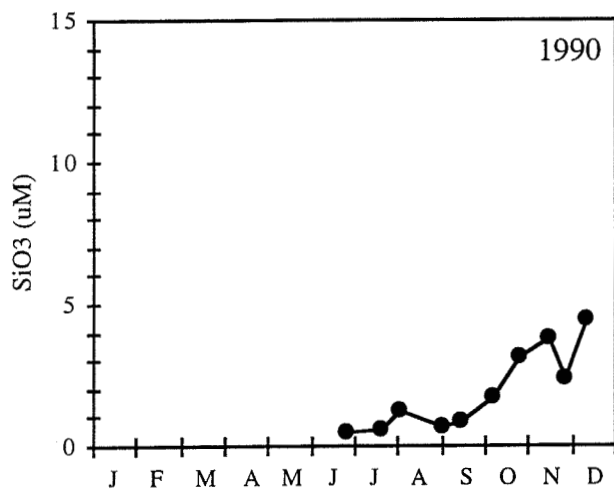


Fig.19

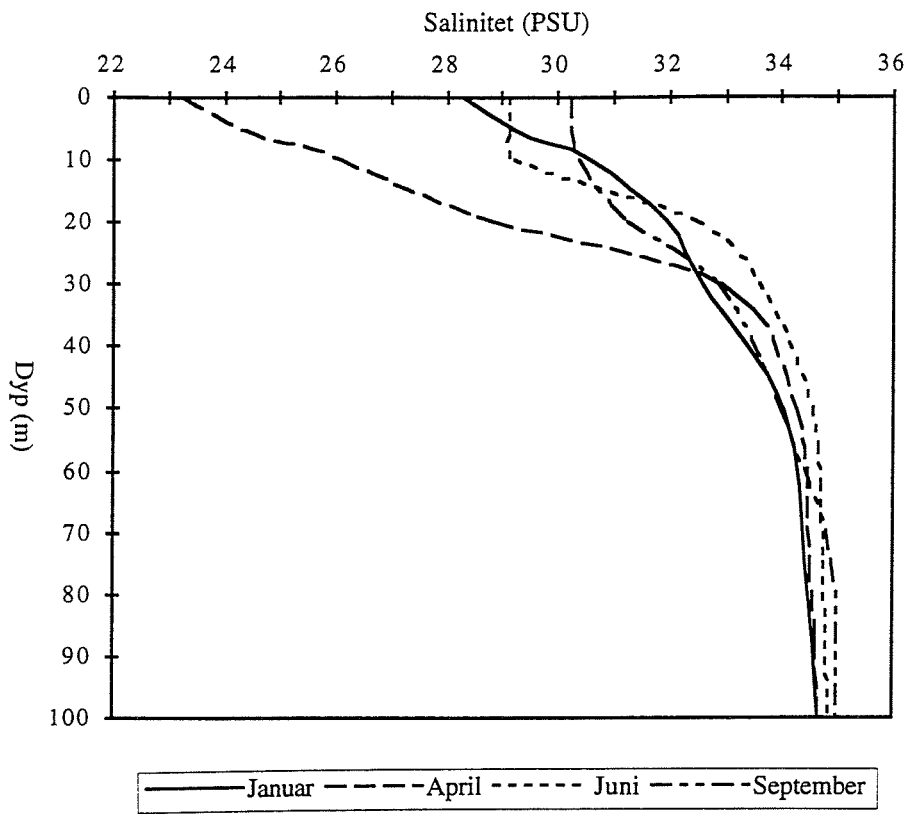


Fig.20

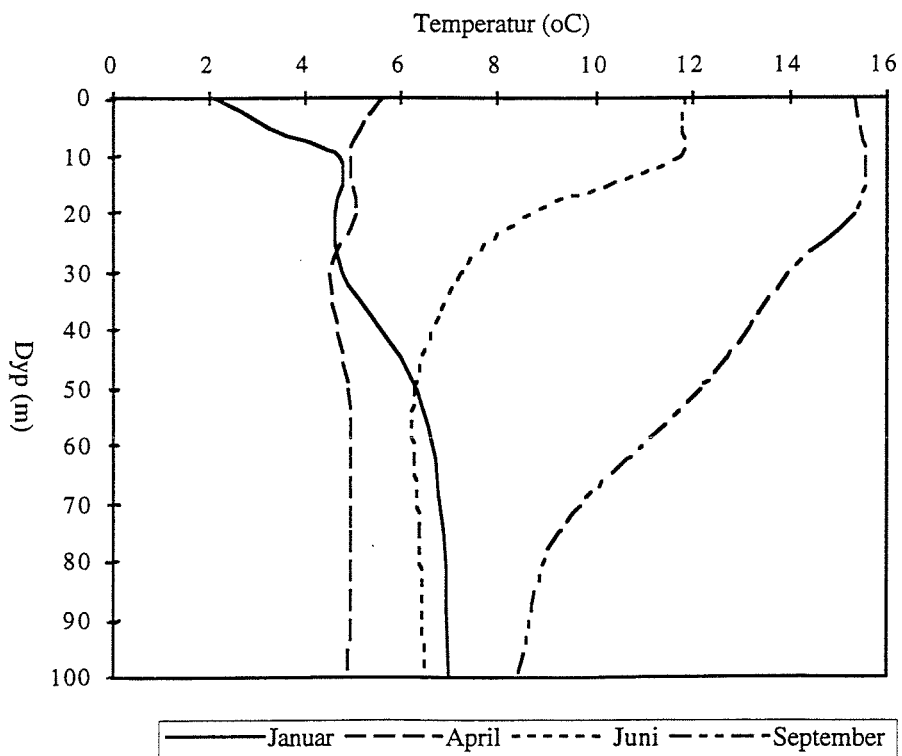


Fig.21

Færder 1990-92
Primærproduksjon

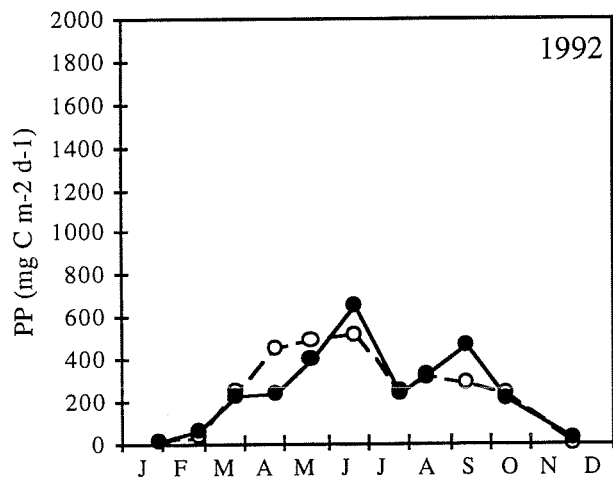
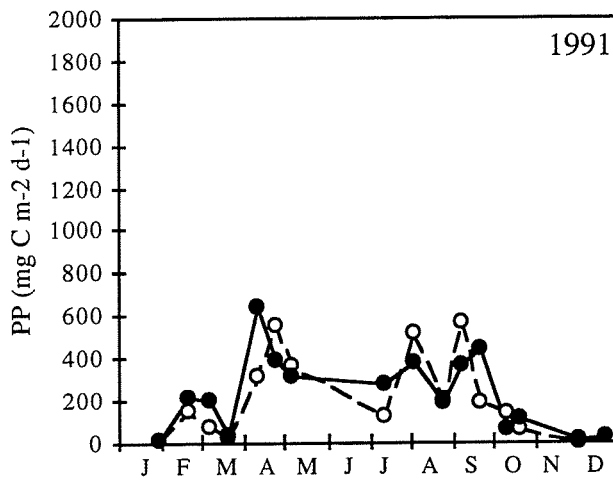
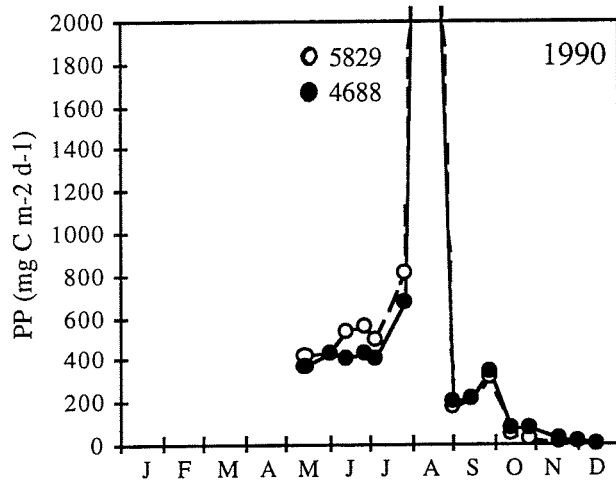


Fig.22

Jomfruland 1990-94
Primærproduksjon

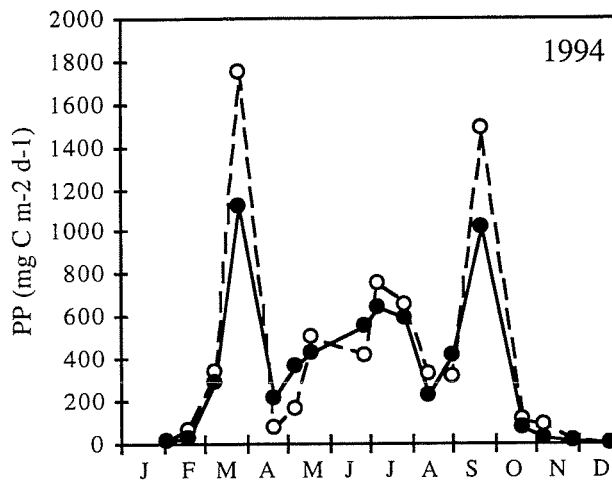
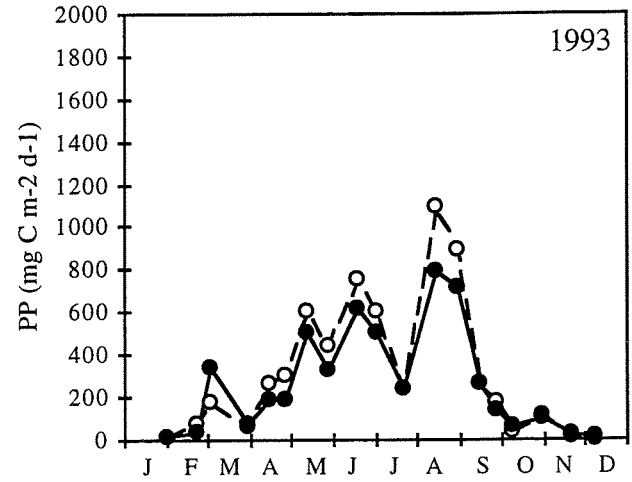
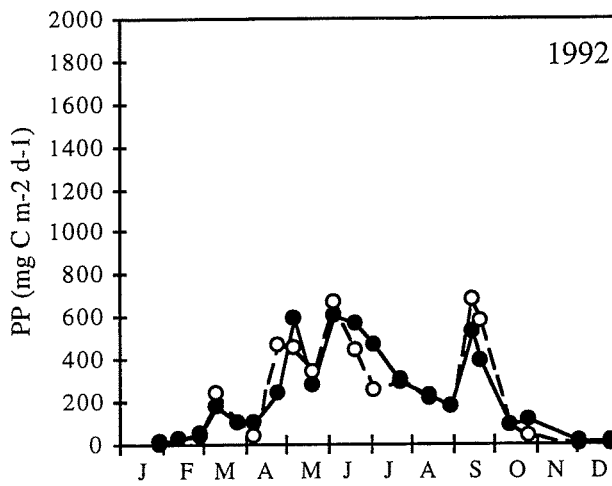
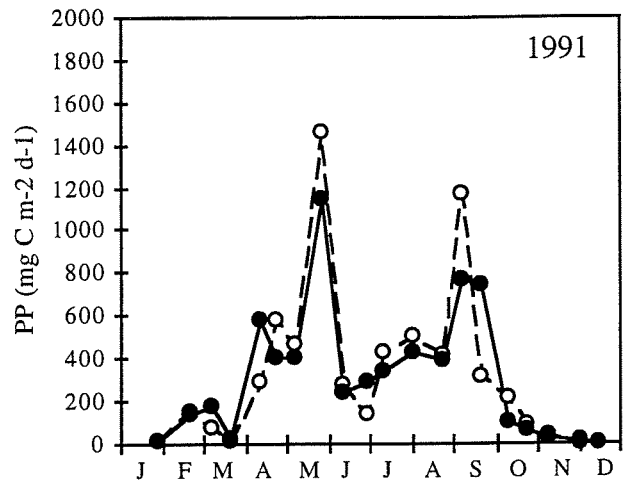
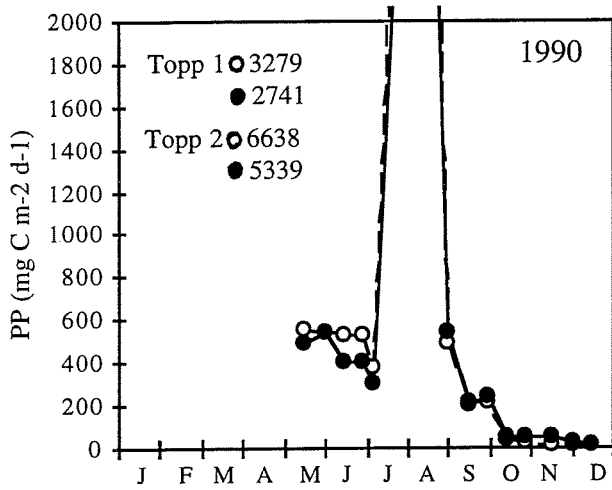


Fig.23

Arendal (st.1) 1990-94
Primærproduksjon

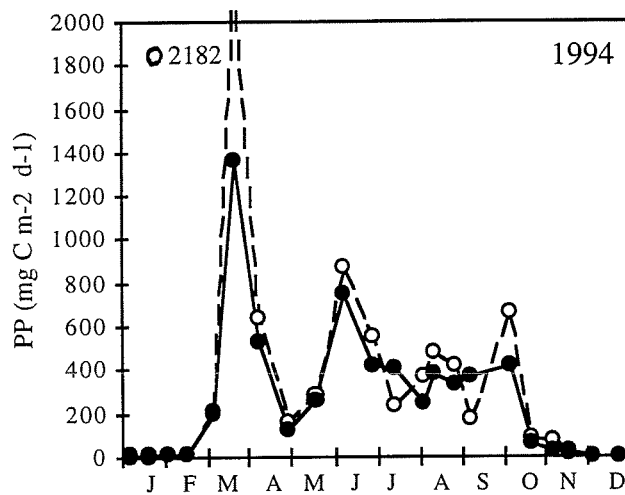
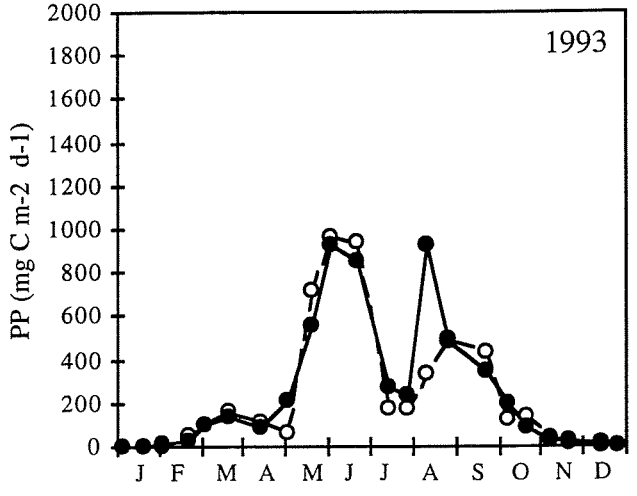
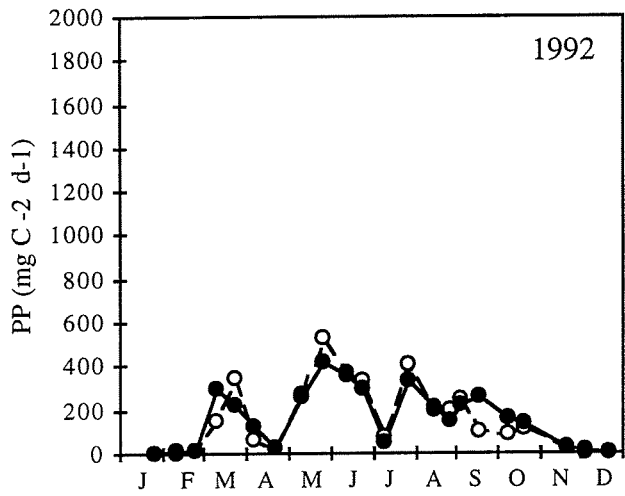
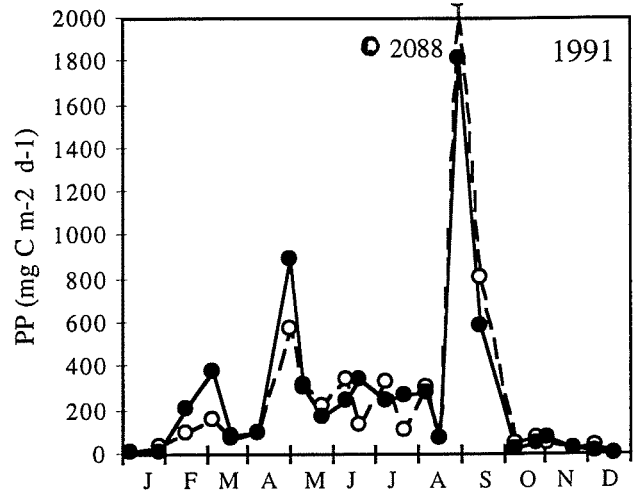
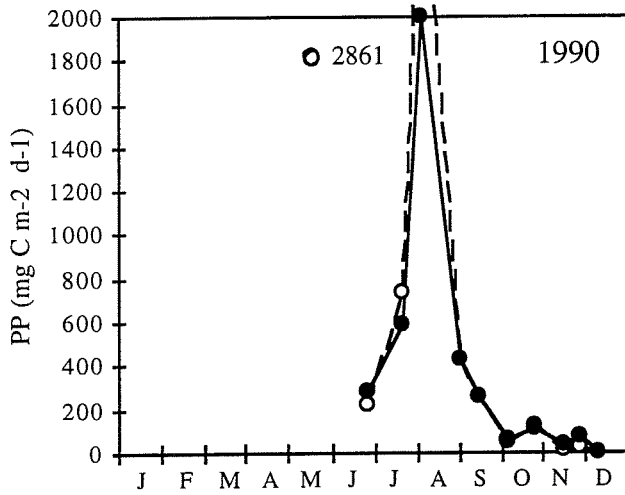


Fig.24

Arendal (st.2) 1990-94
Primærproduksjon

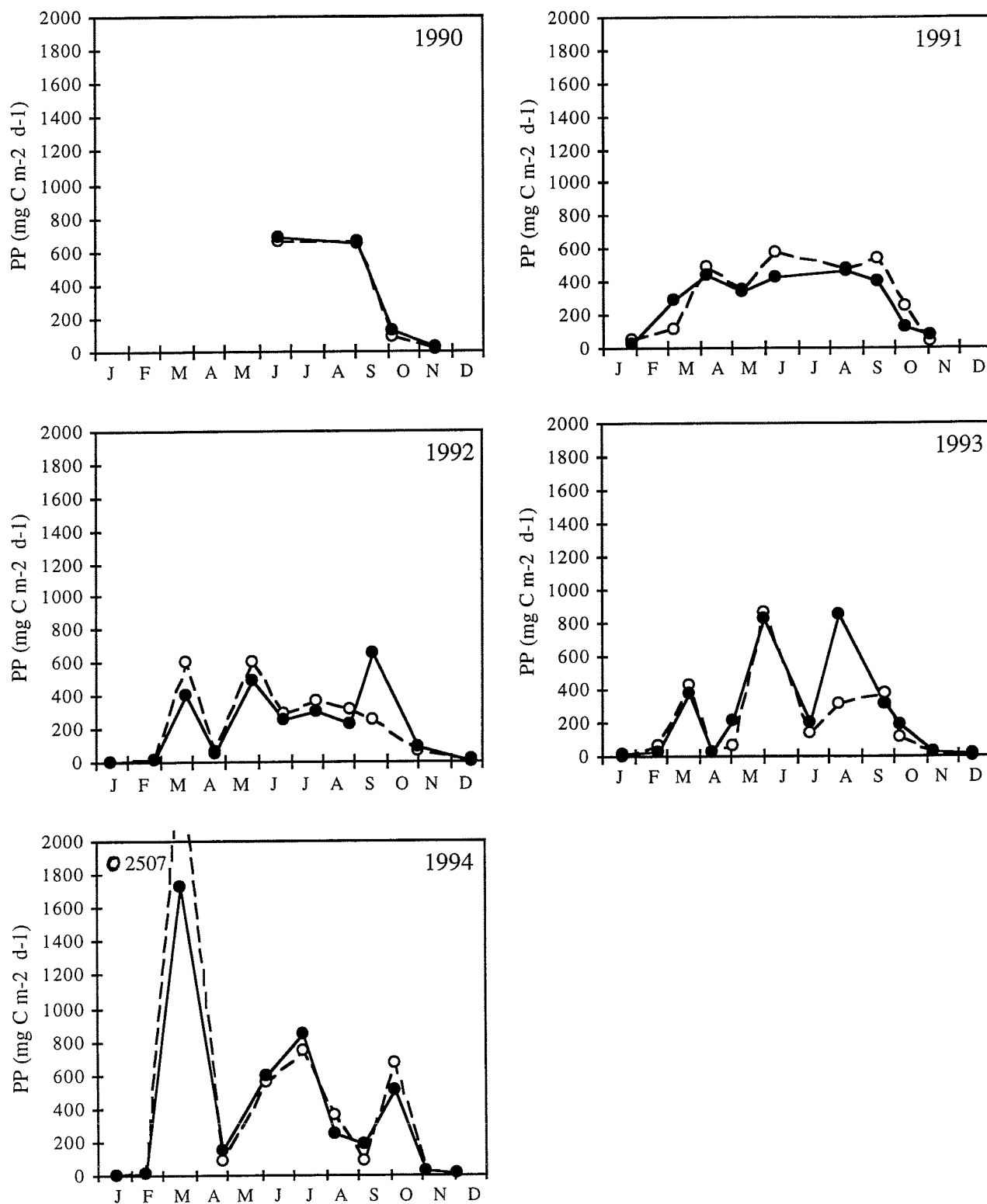


Fig.25

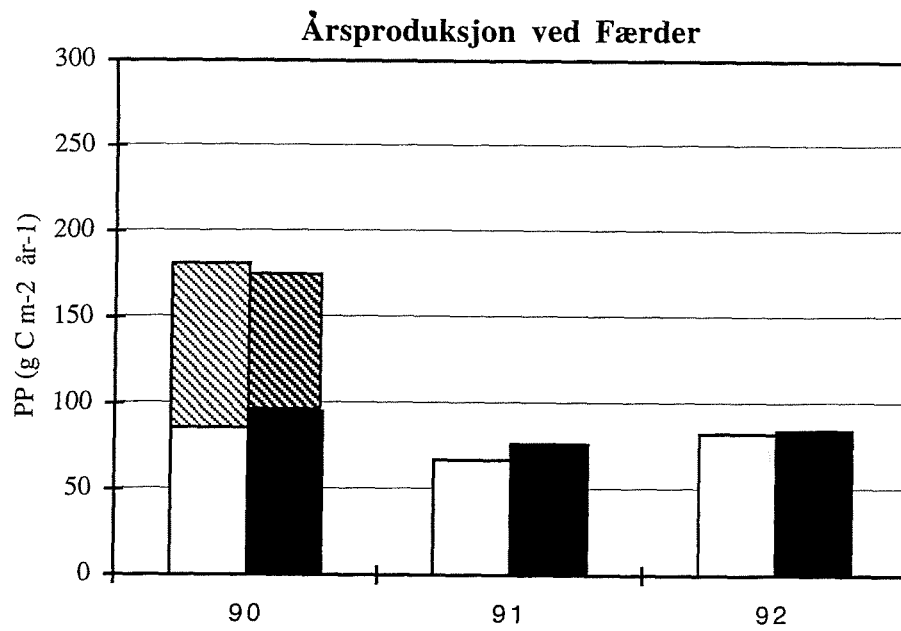


Fig.26

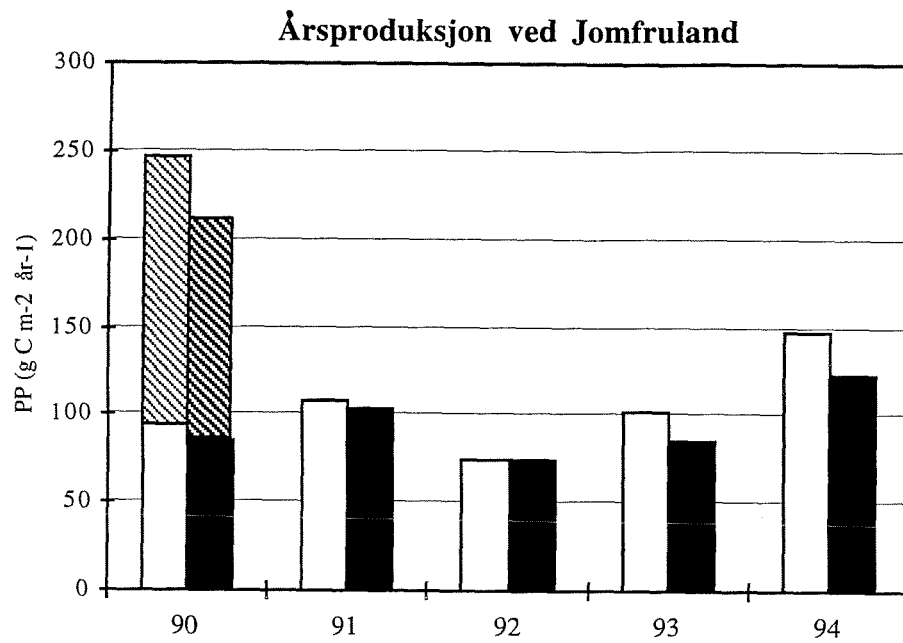


Fig.27

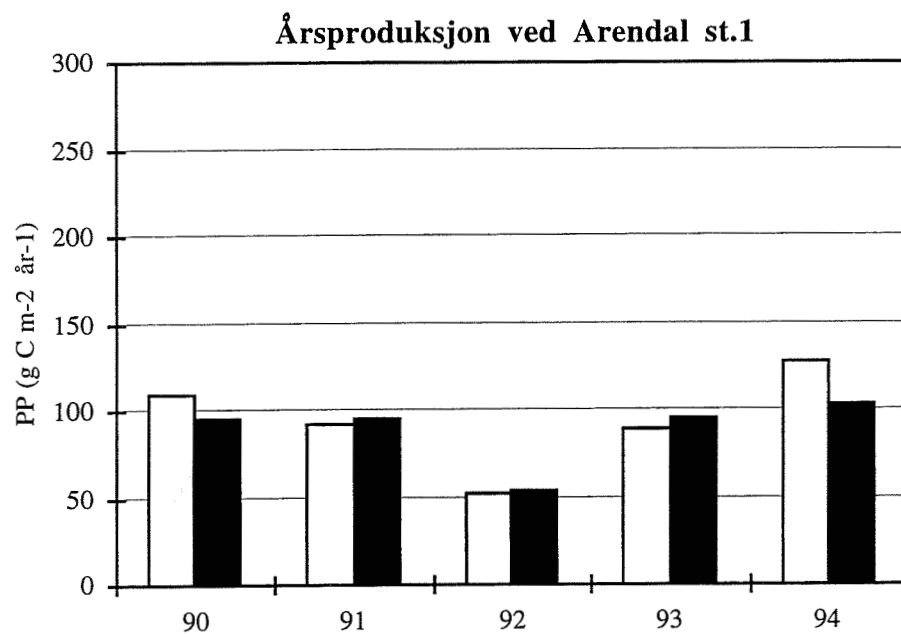


Fig.28

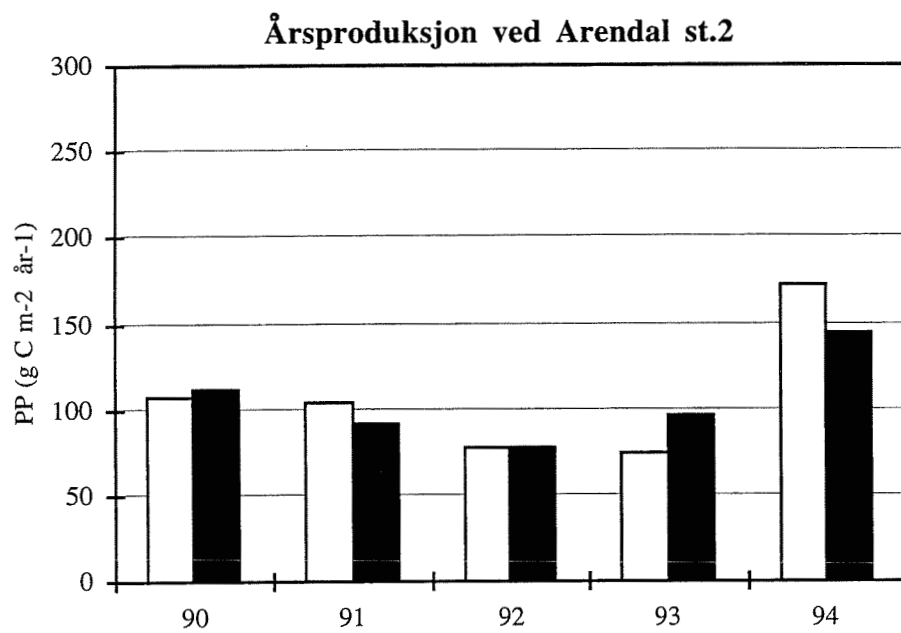


Fig.29

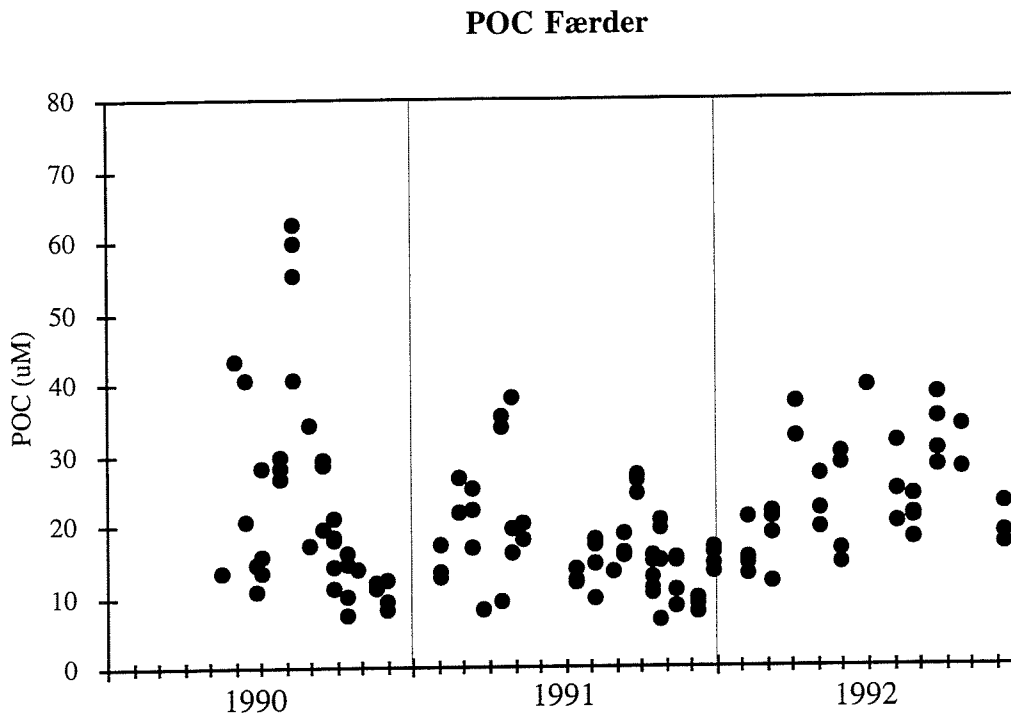


Fig.30

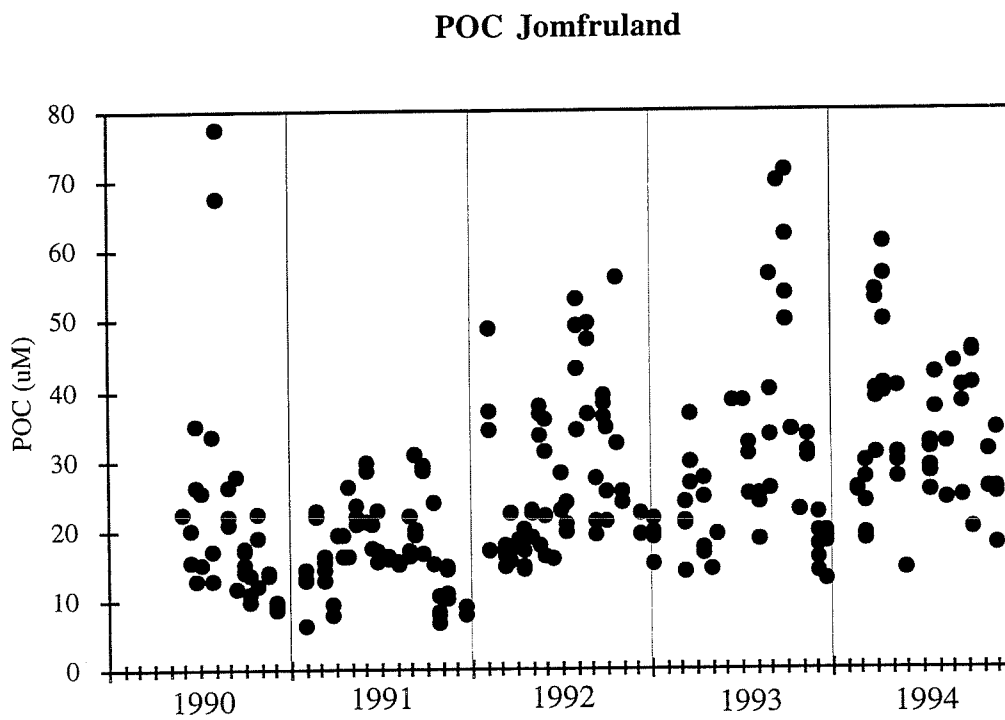
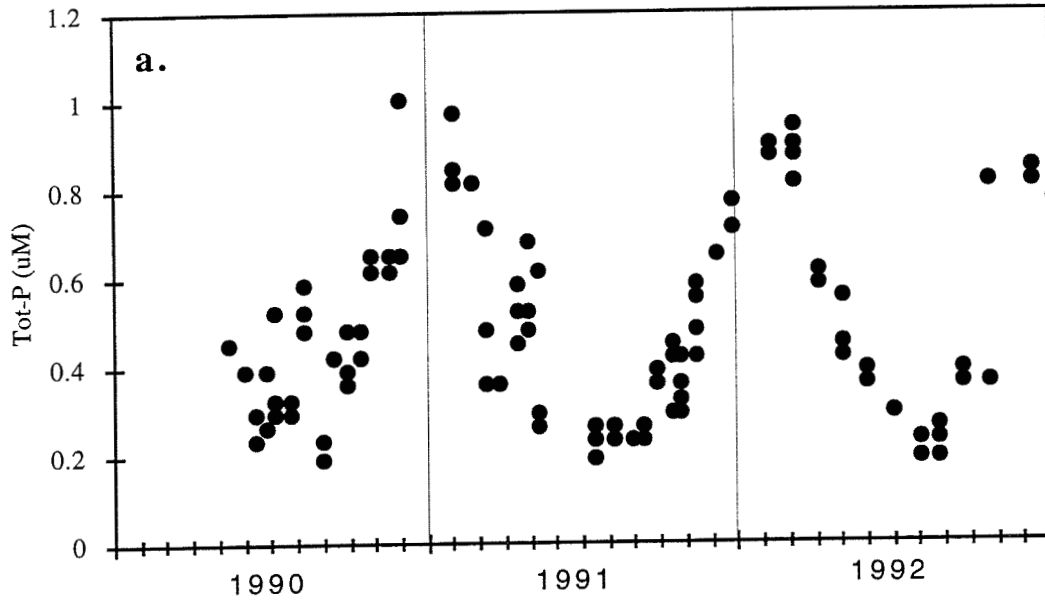


Fig.31

Tot-P Færder



Tot-N Færder

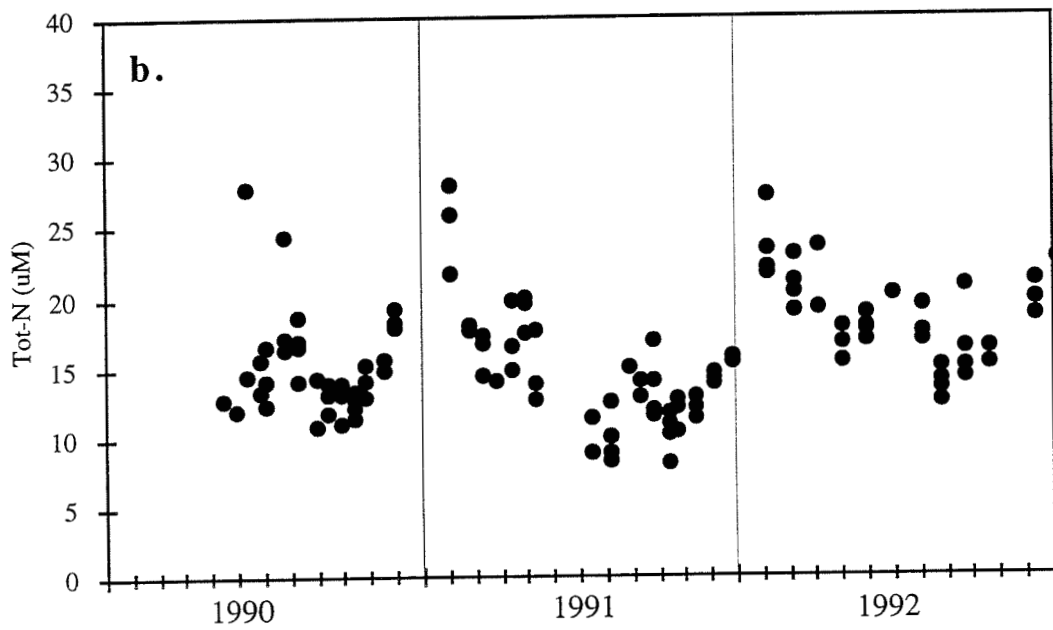
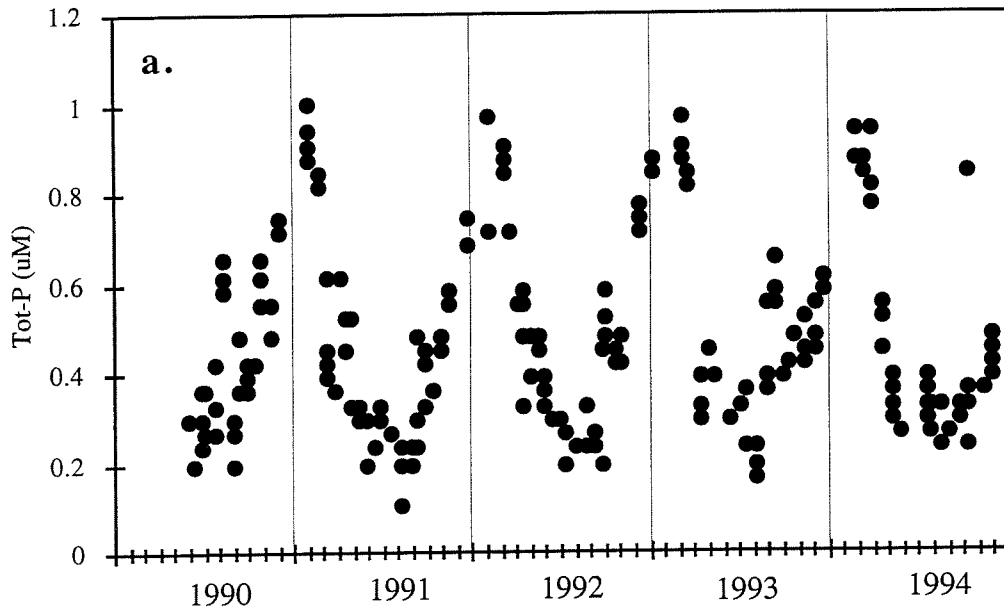


Fig.32

Tot-P Jomfruland



Tot-N Jomfruland

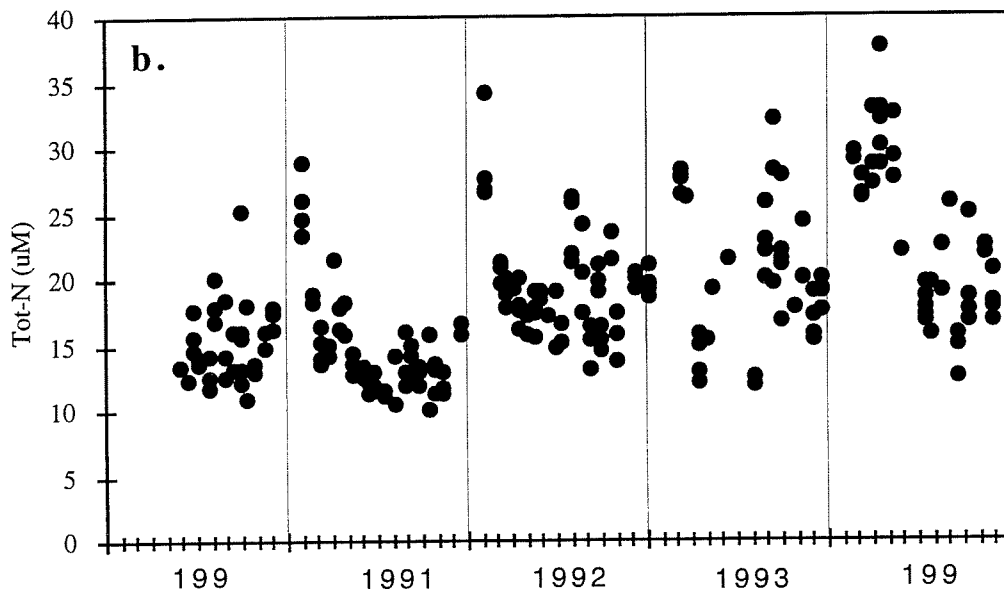
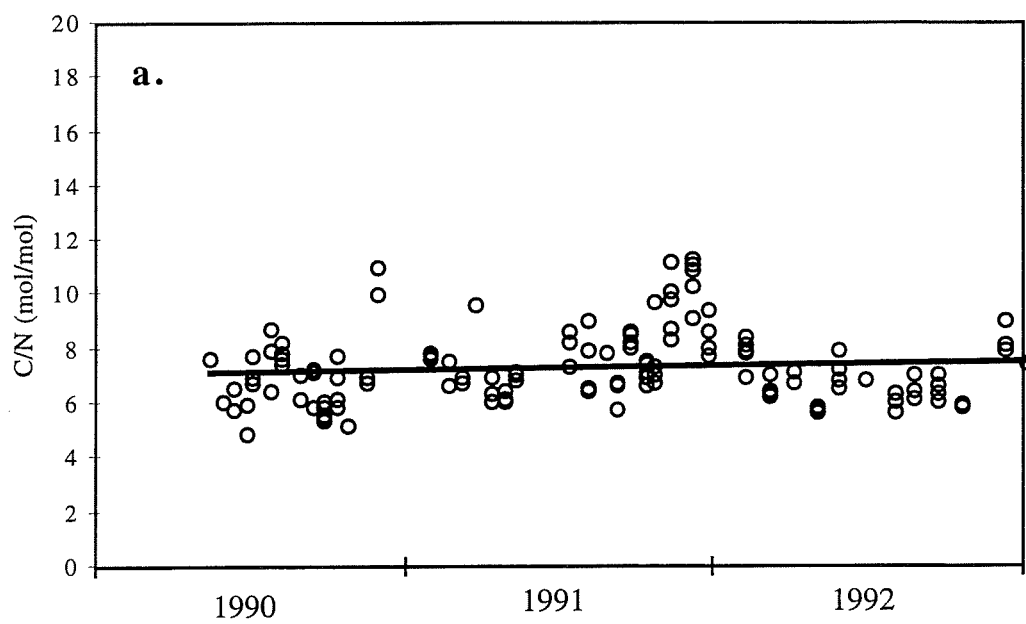


Fig.33

POC/PON Færder



PON/POP Færder

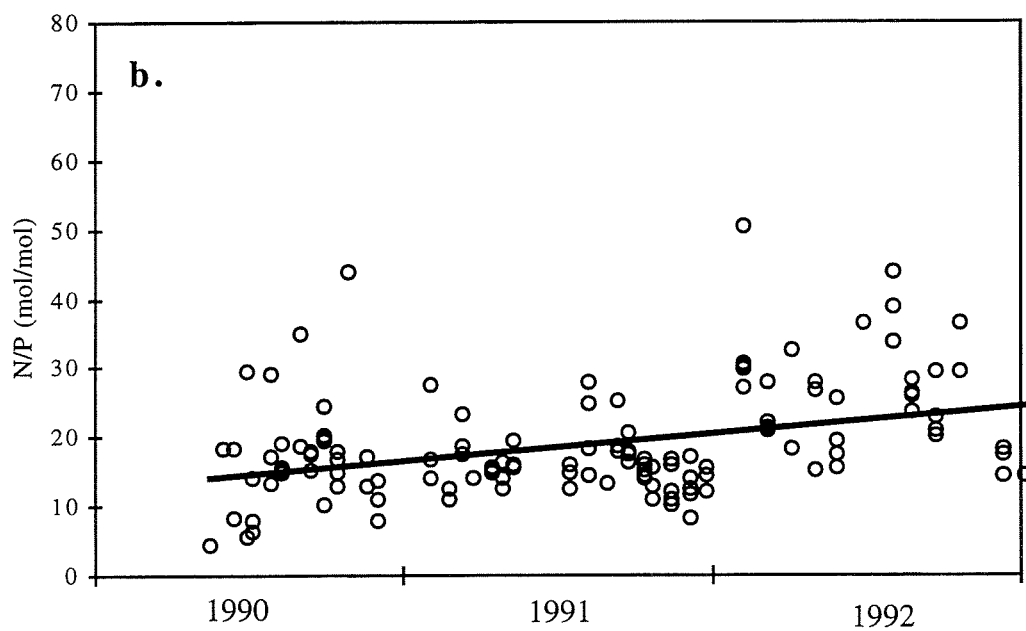


Fig.33

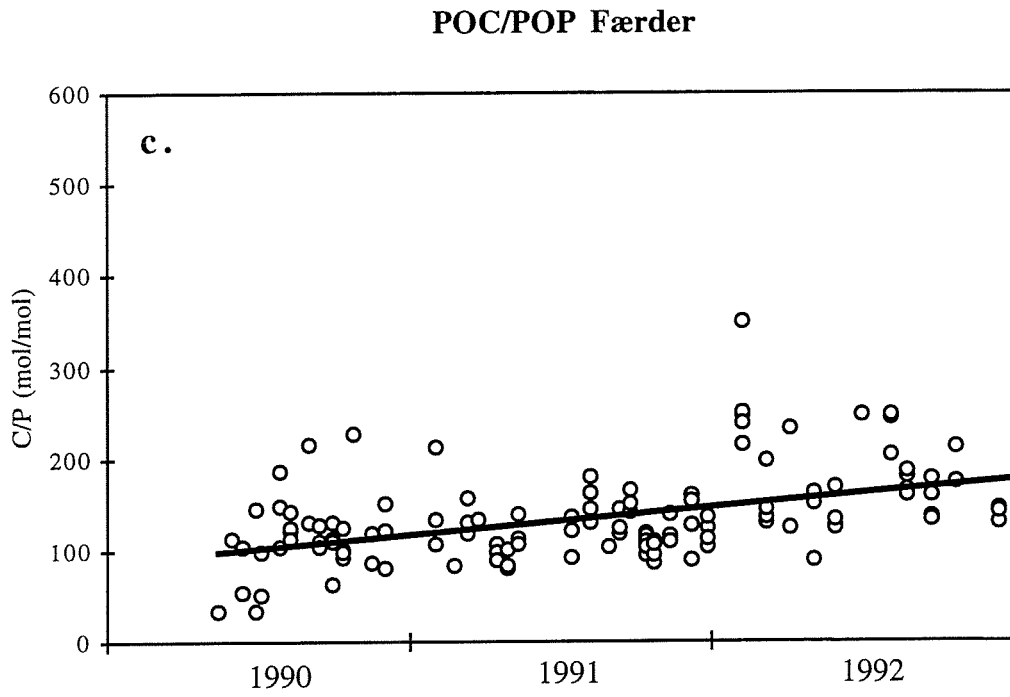


Fig.34

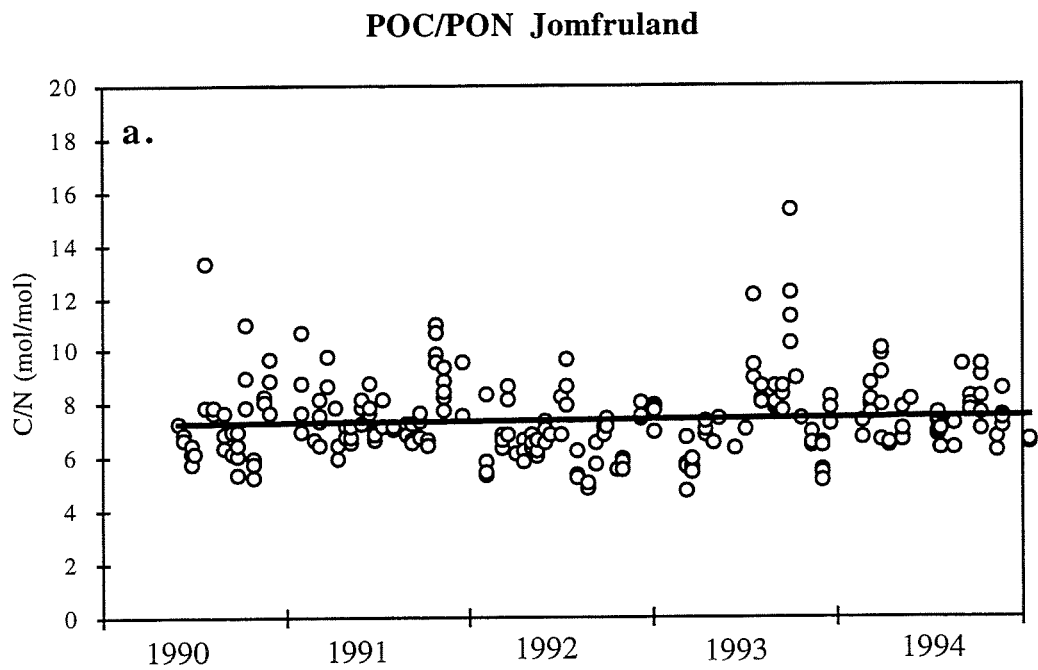
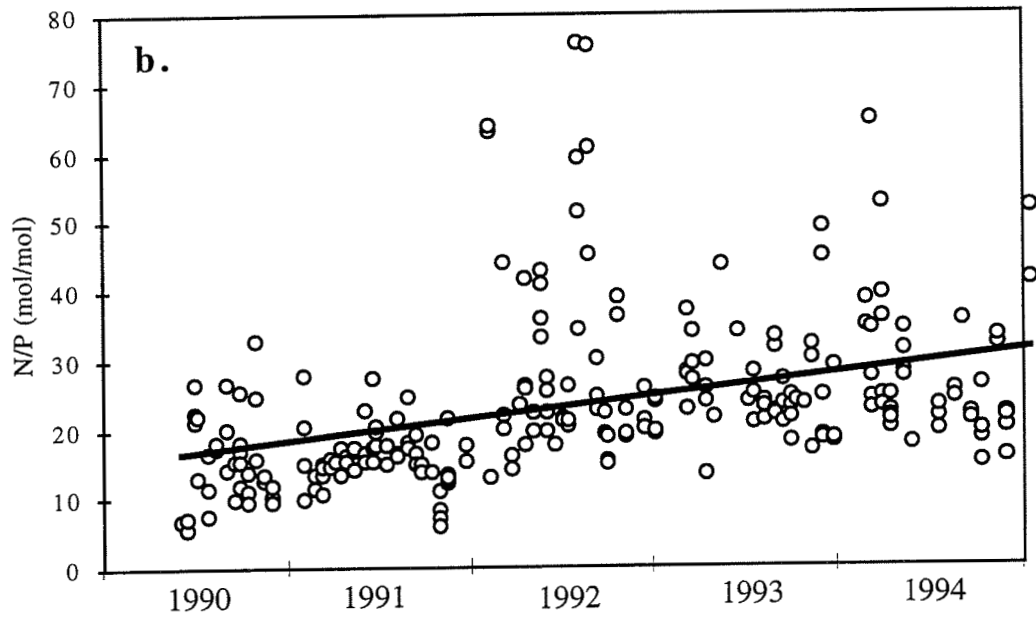


Fig.34

PON/POP Jomfruland



POC/POP Jomfruland

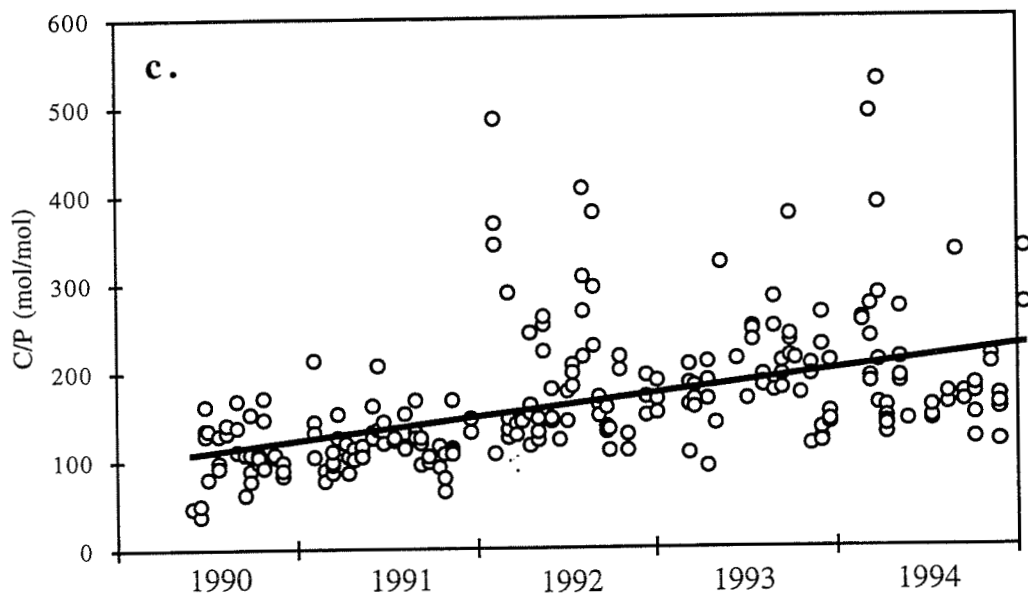
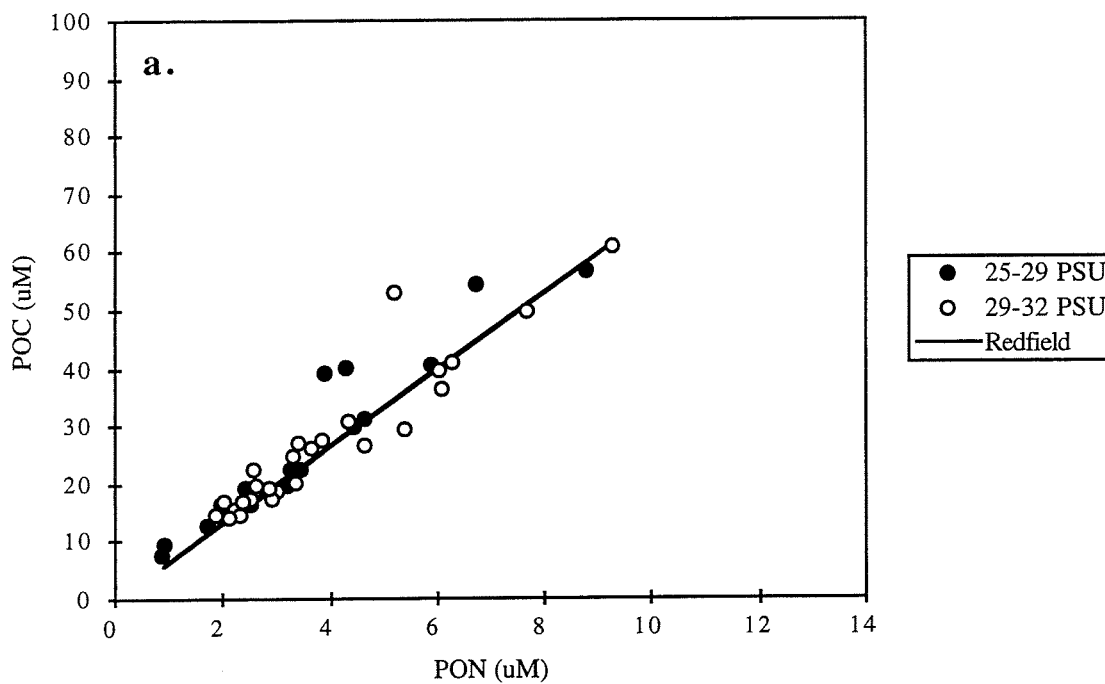


Fig.35

Jomfruland (mars-april)



Jomfruland (mai-juli)

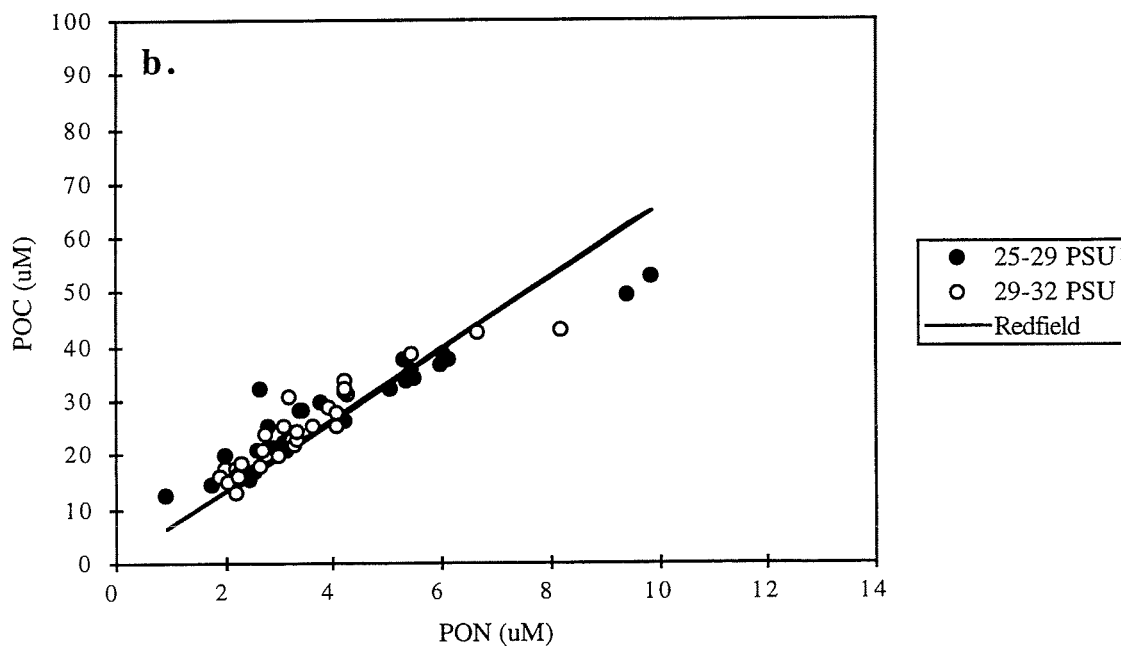


Fig.35

Jomfruland (august-september)

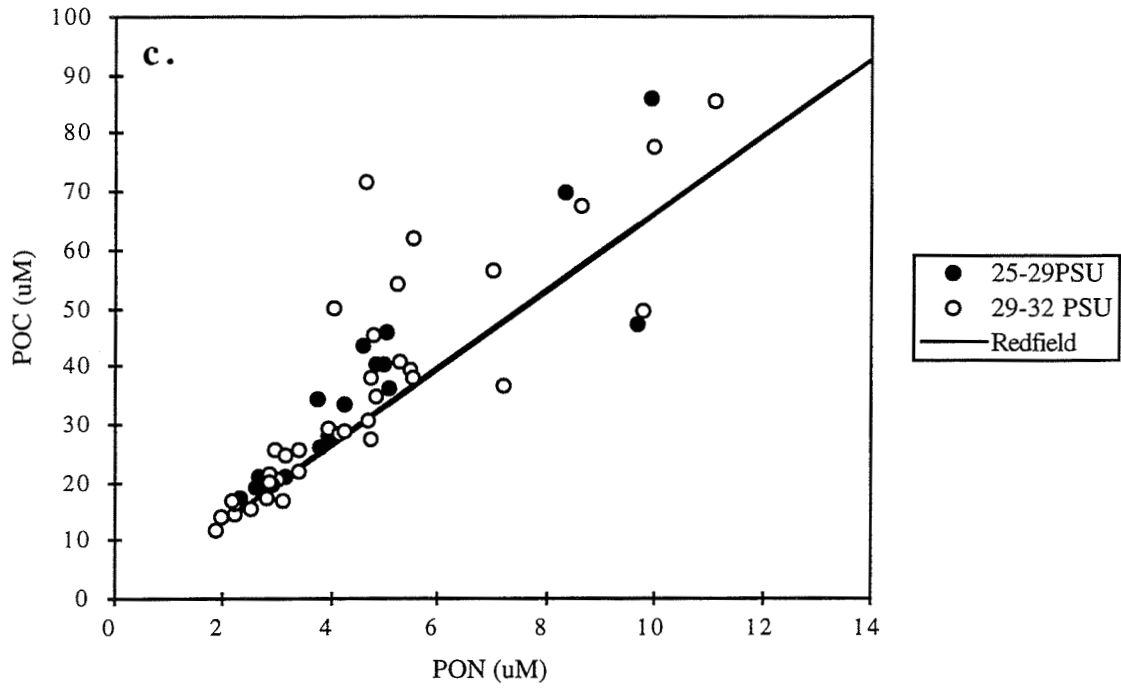


Fig.36

Jomfruland (mars-april)

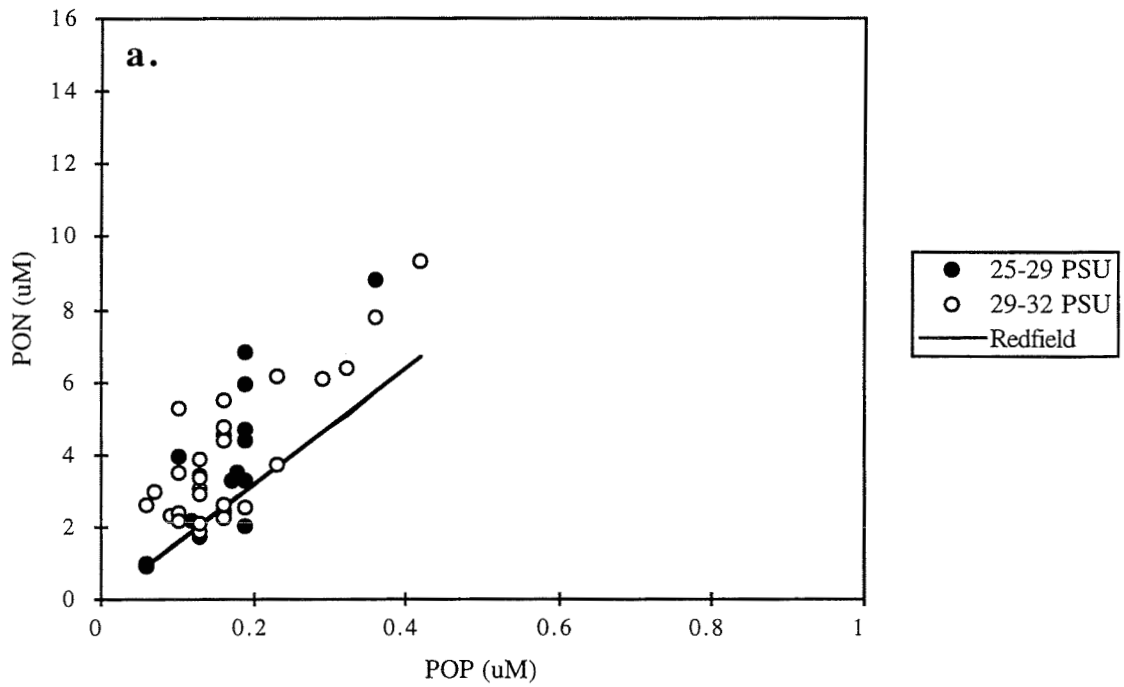
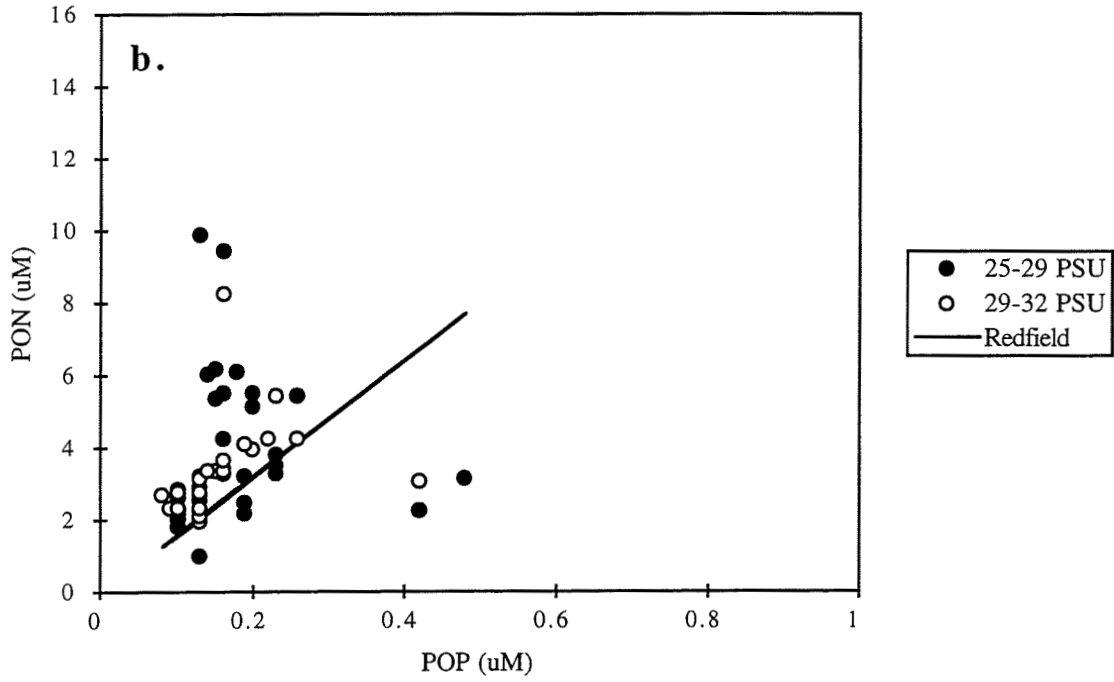


Fig.36

Jomfruland (mai-juli)



Jomfruland (august-september)

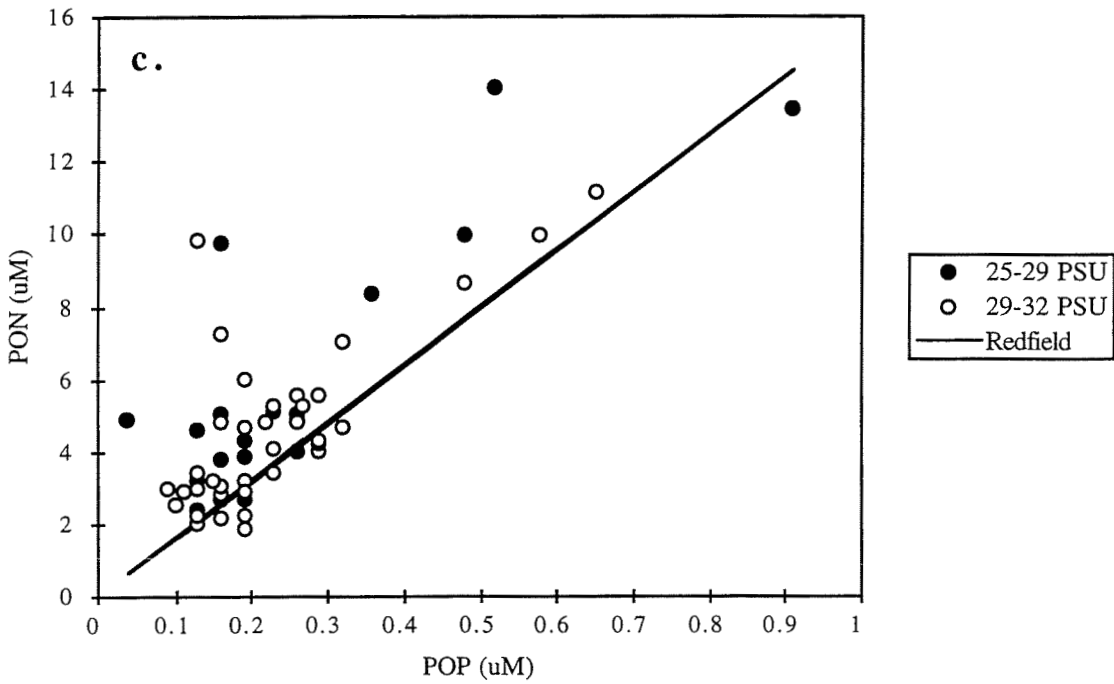
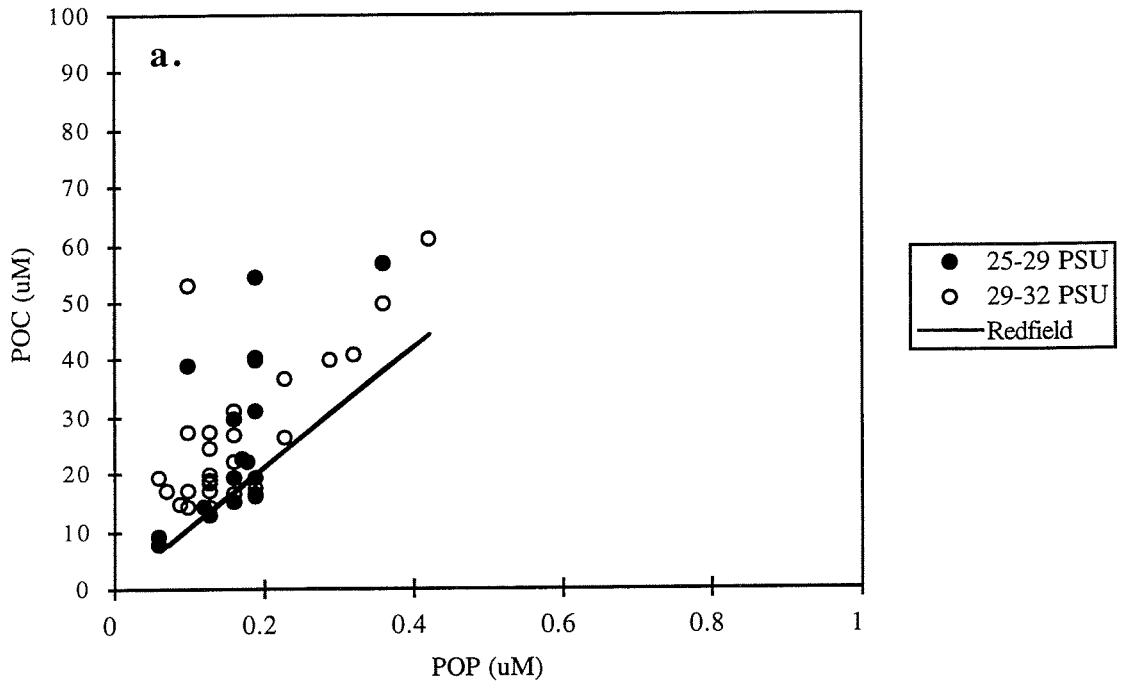


Fig.37

Jomfruland (mars-april)



Jomfruland (mai-juli)

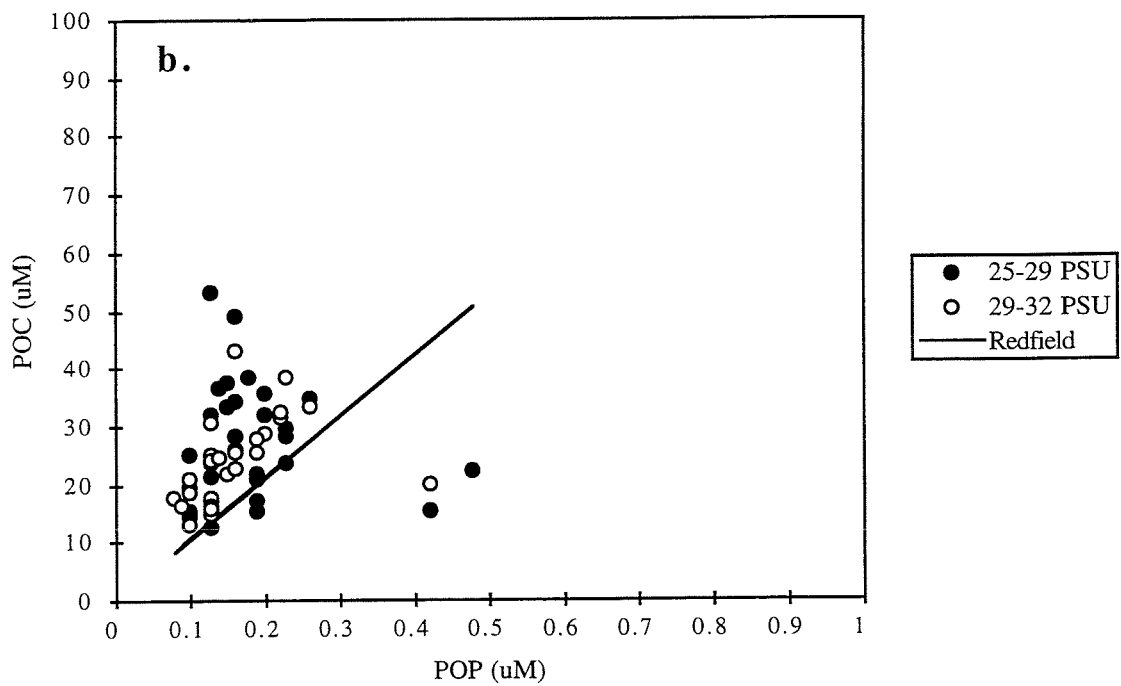


Fig.37

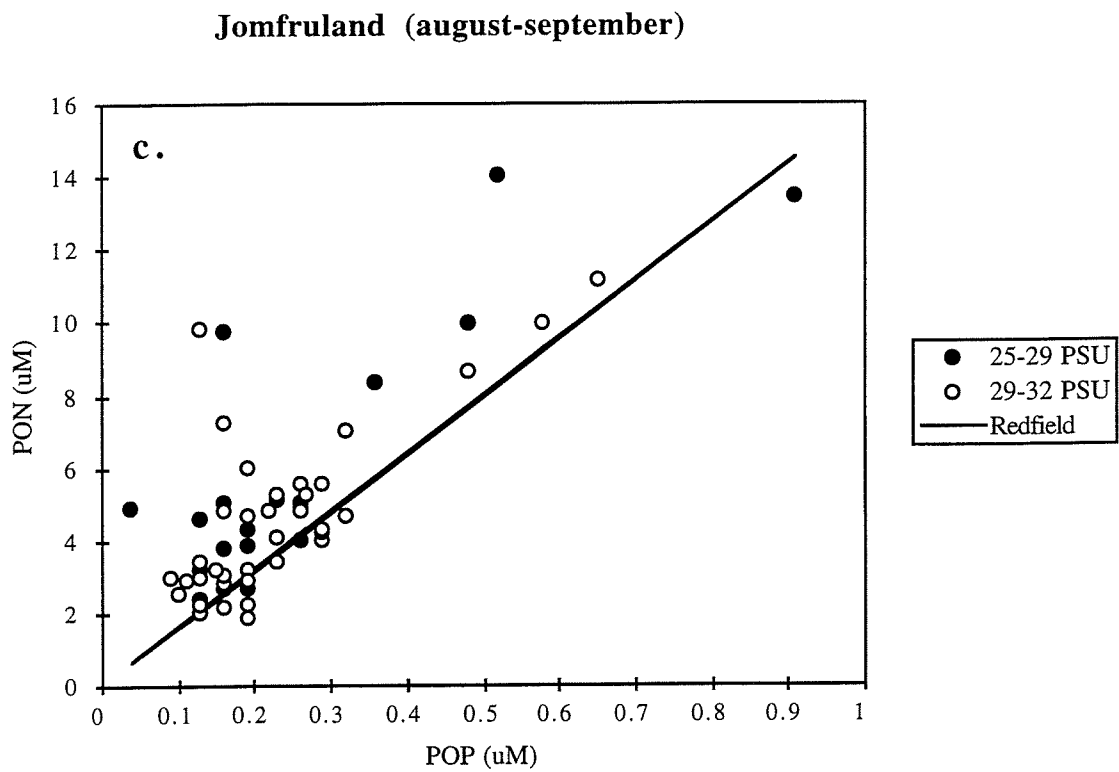


Fig.38

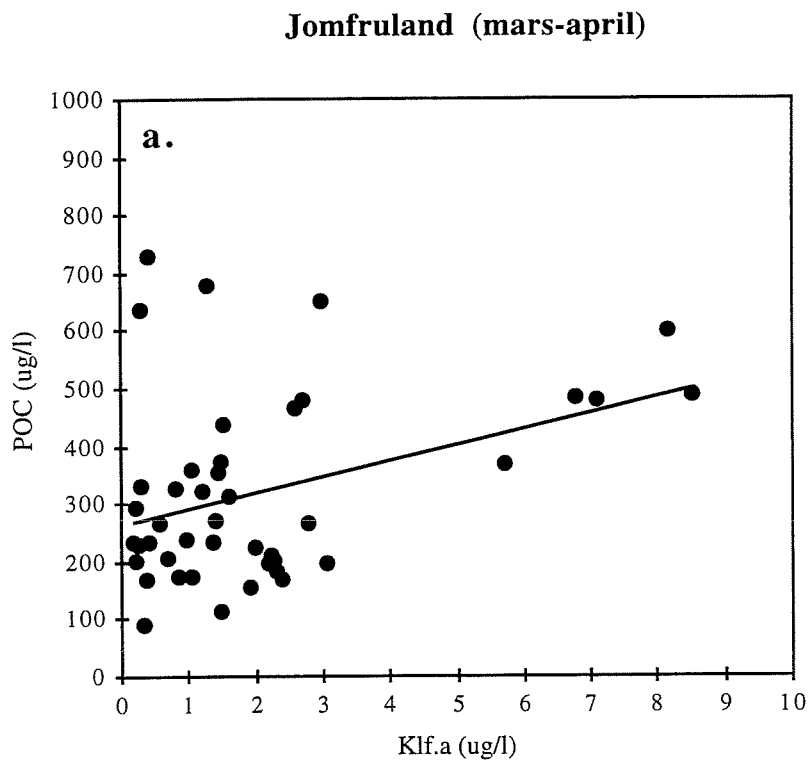
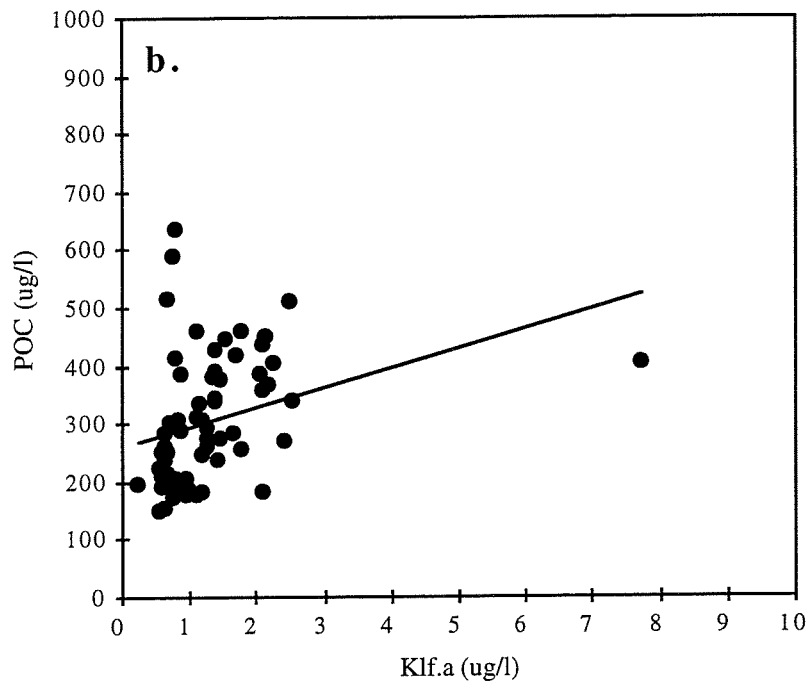


Fig.38

Jomfruland (mai-juli)



Jomfruland (august-september)

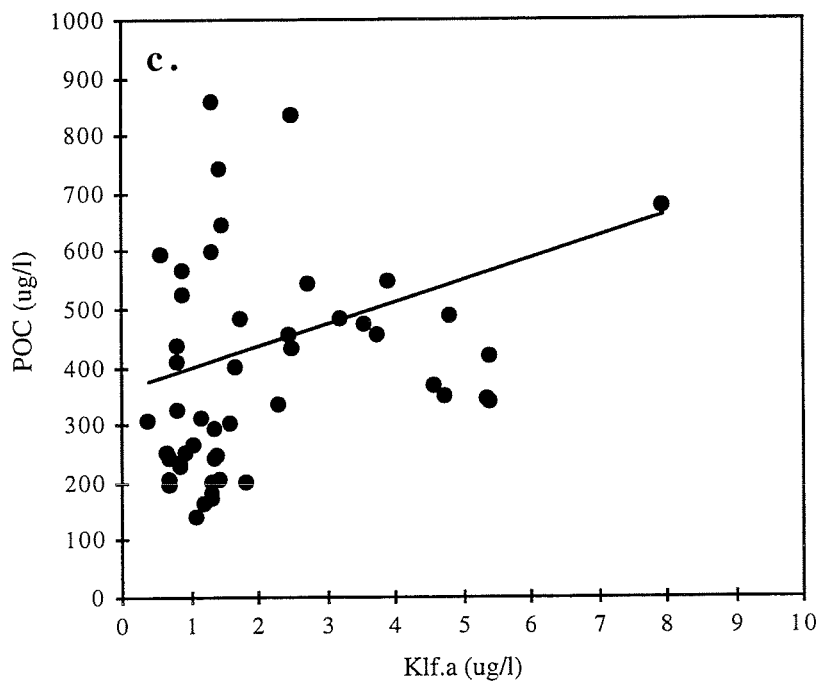


Fig.39

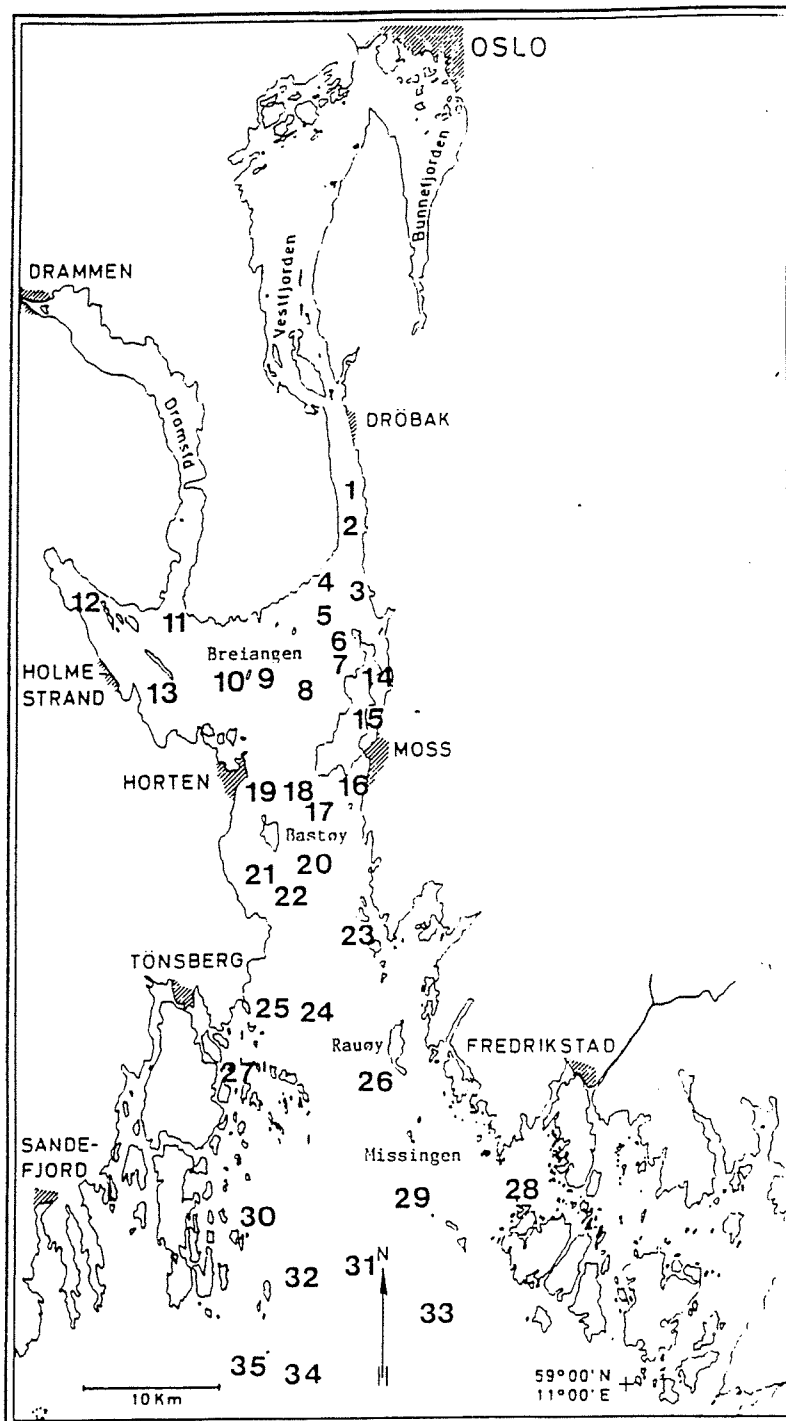


Fig.40

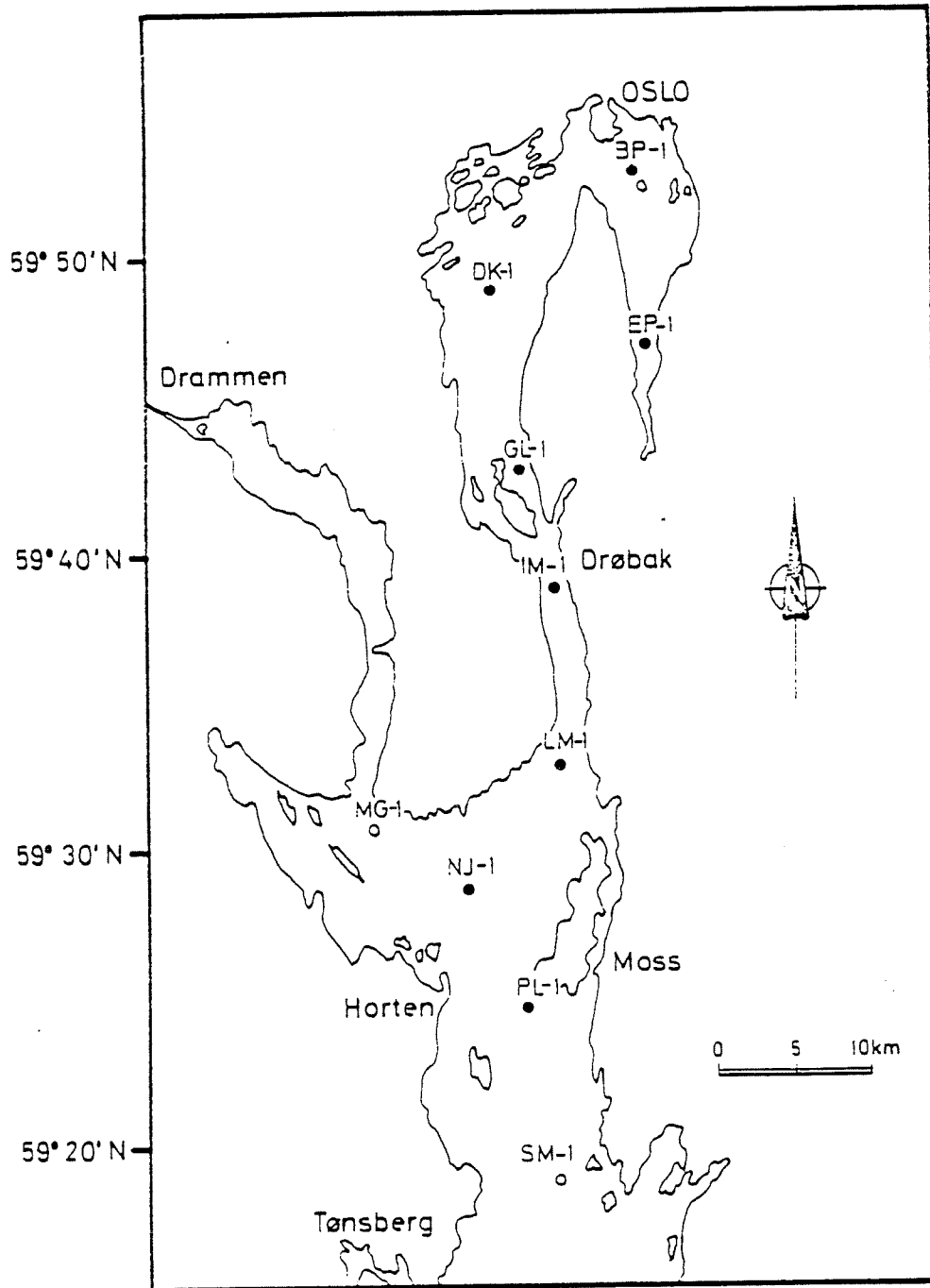


Fig.41

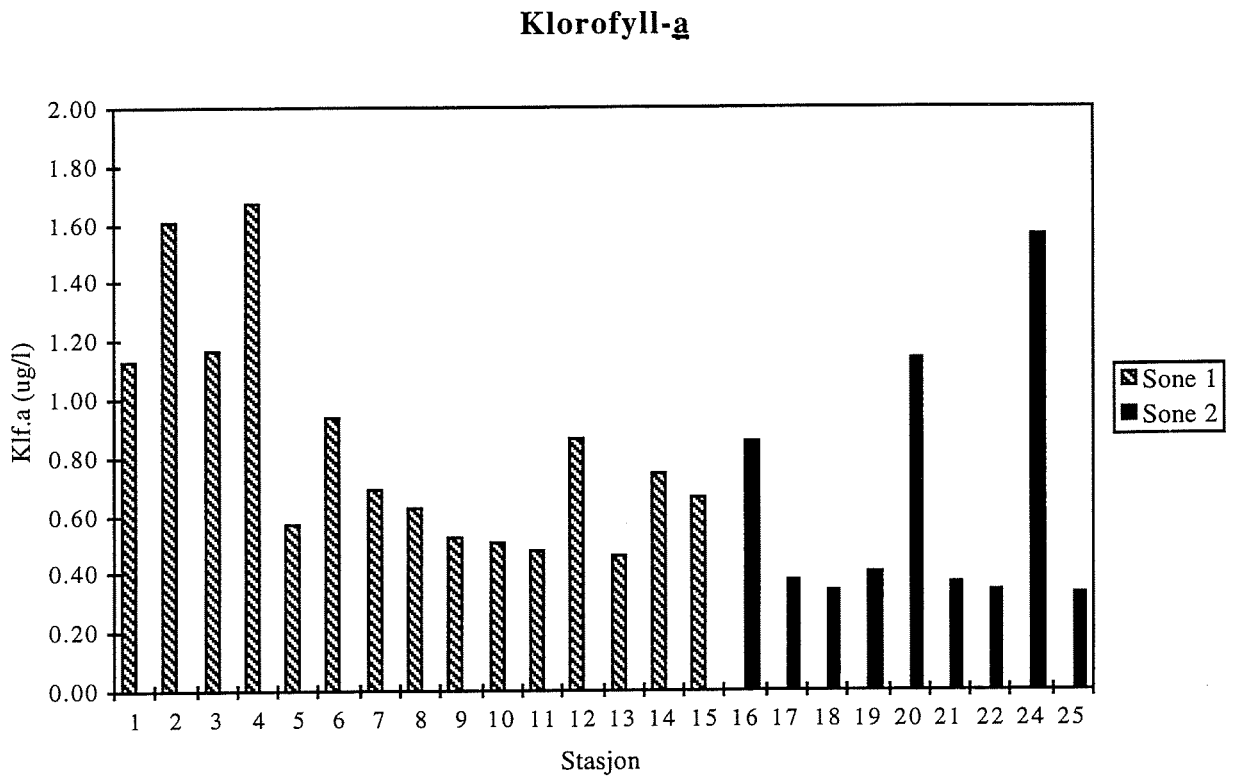


Fig.42

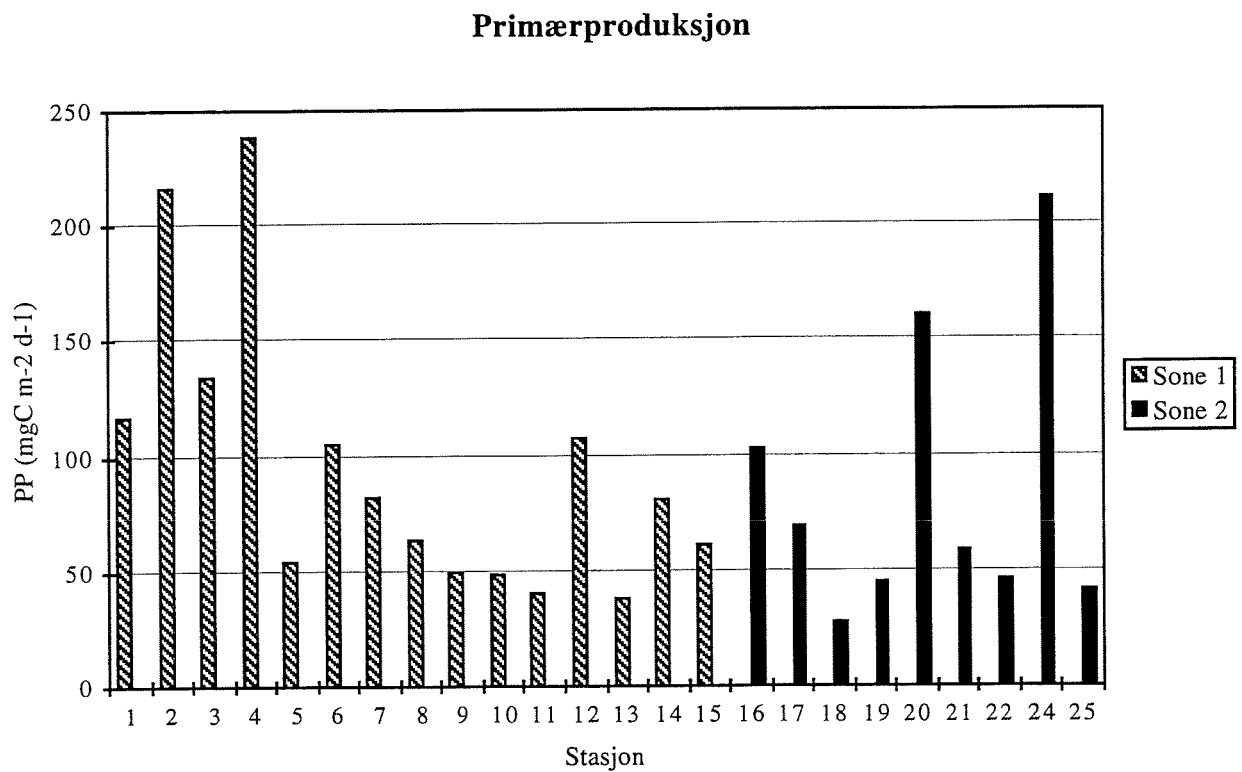


Fig.43

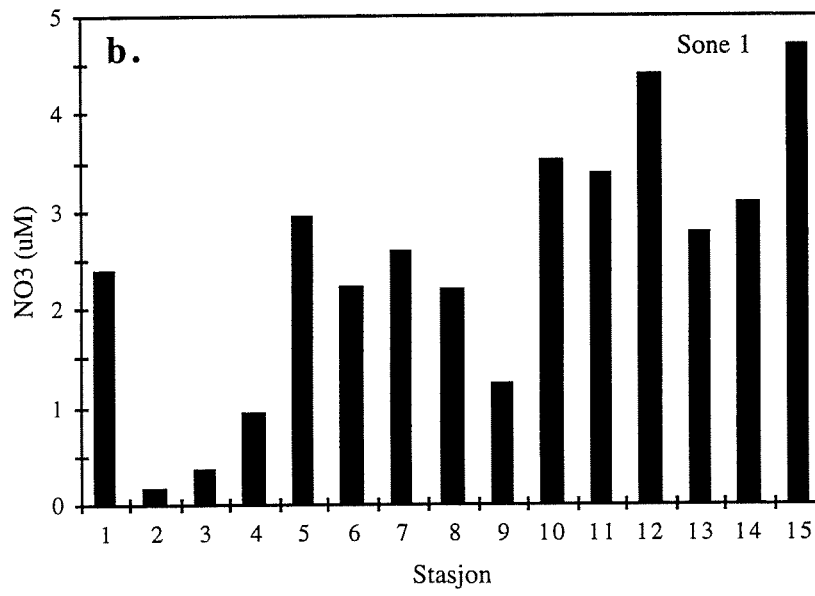
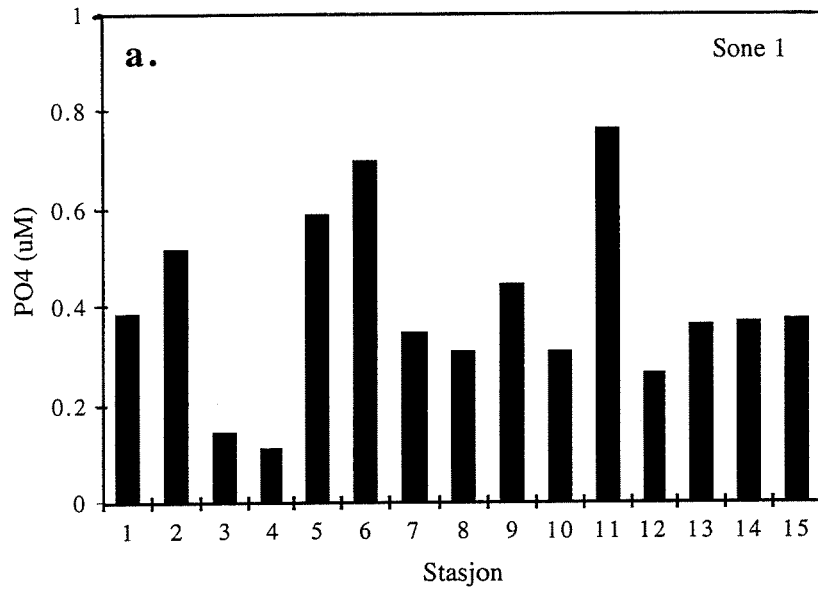


Fig.43

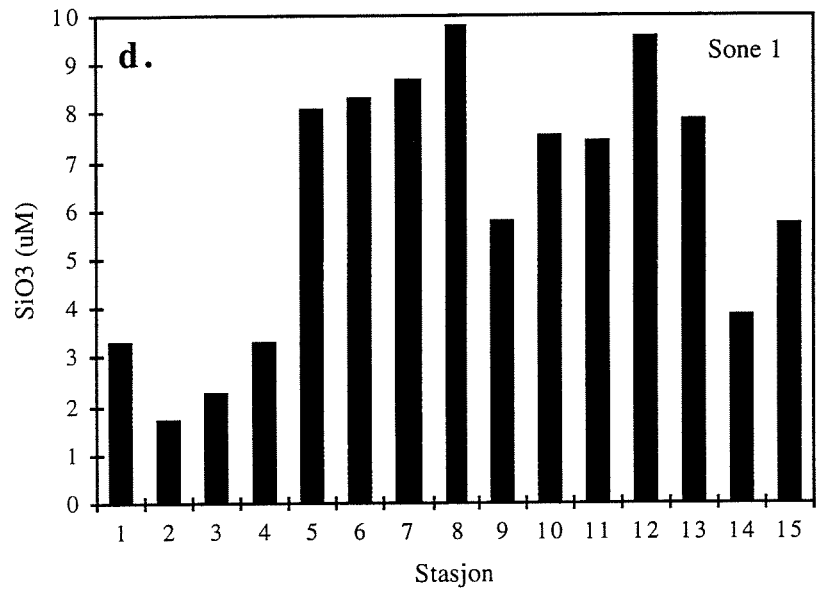
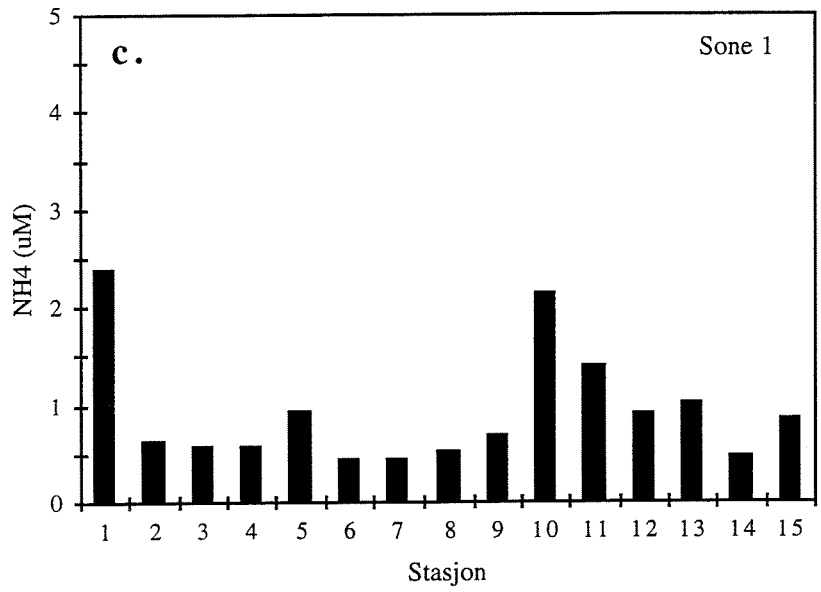


Fig.44

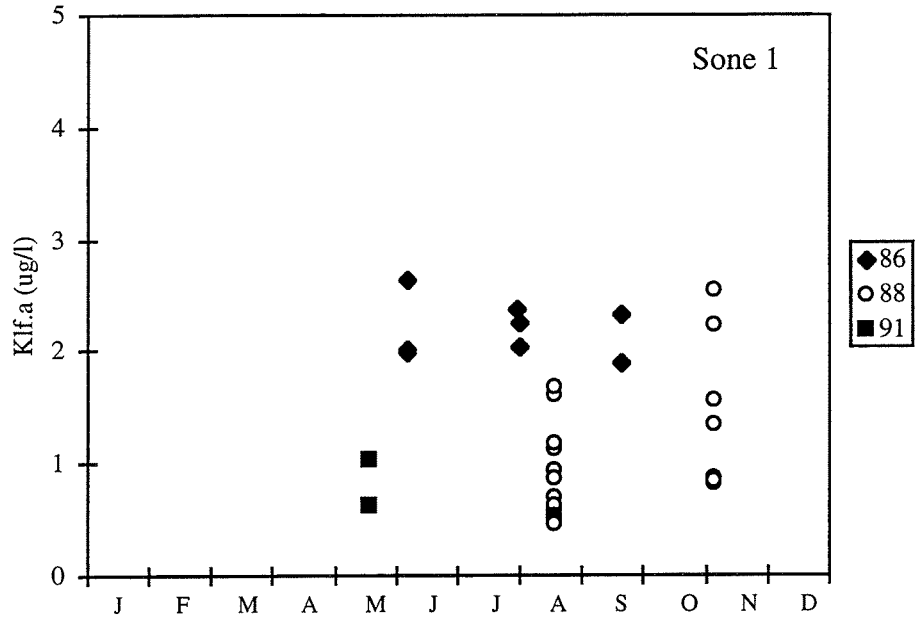


Fig.45

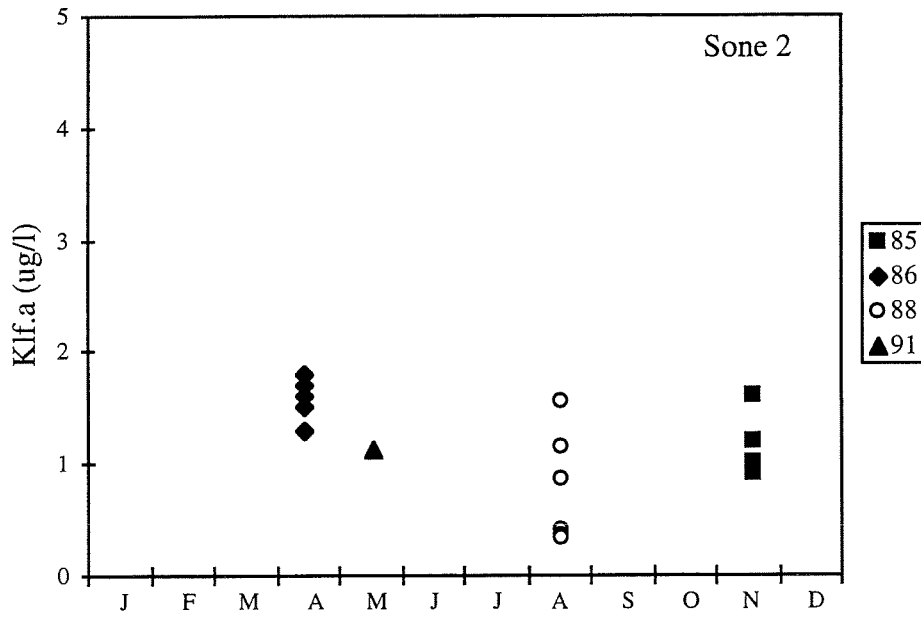


Fig.46

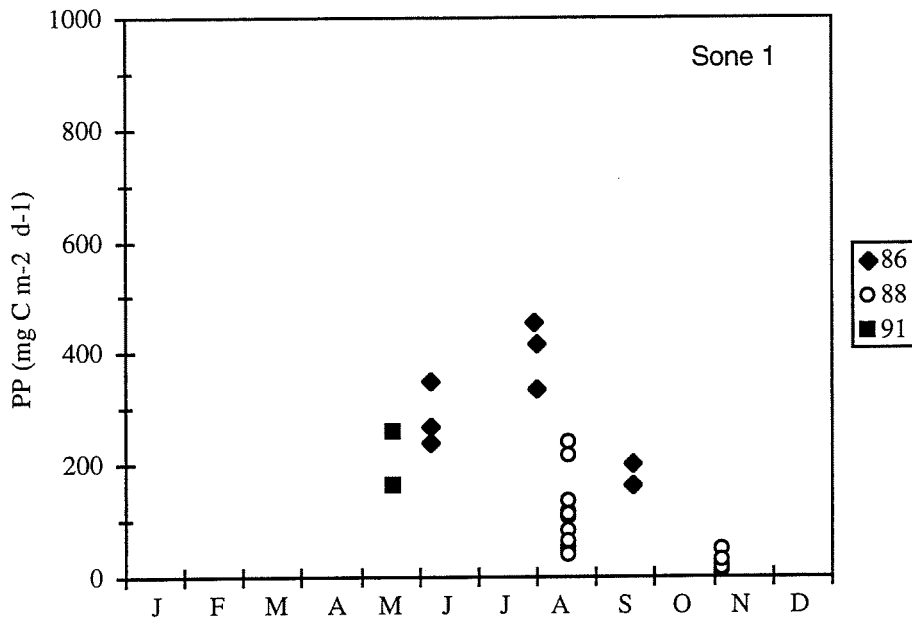


Fig.47

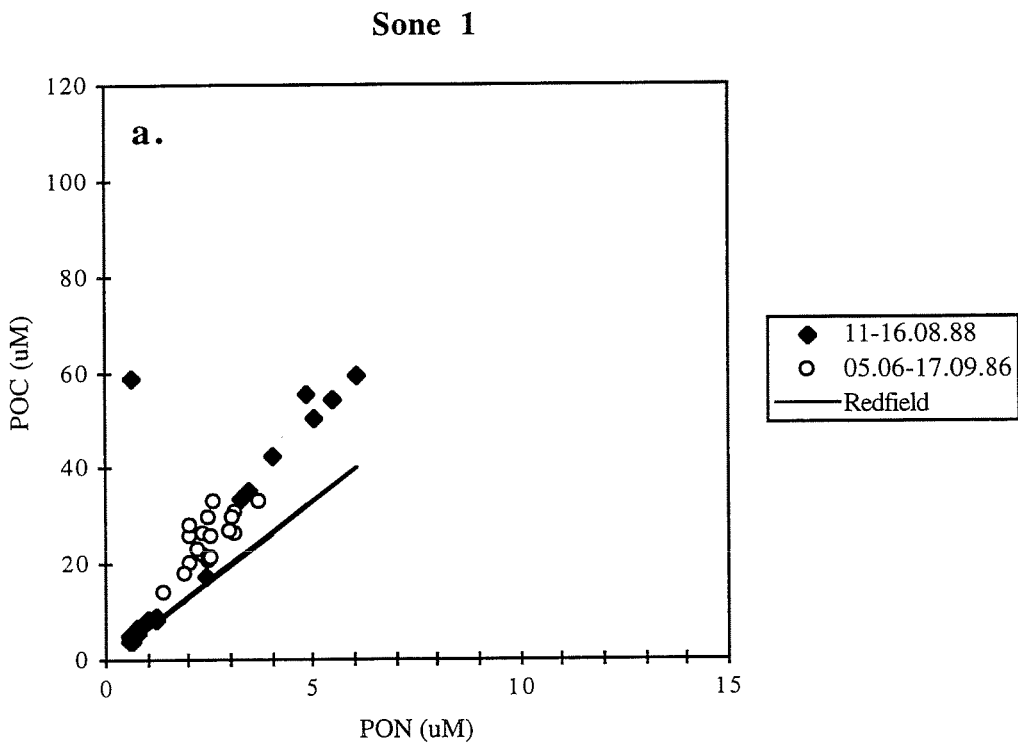


Fig.47

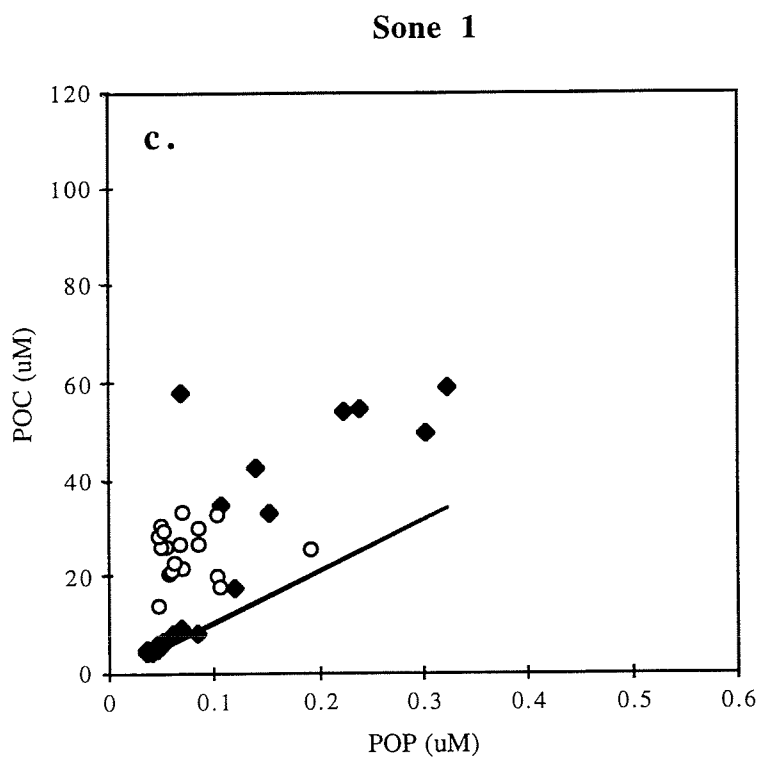
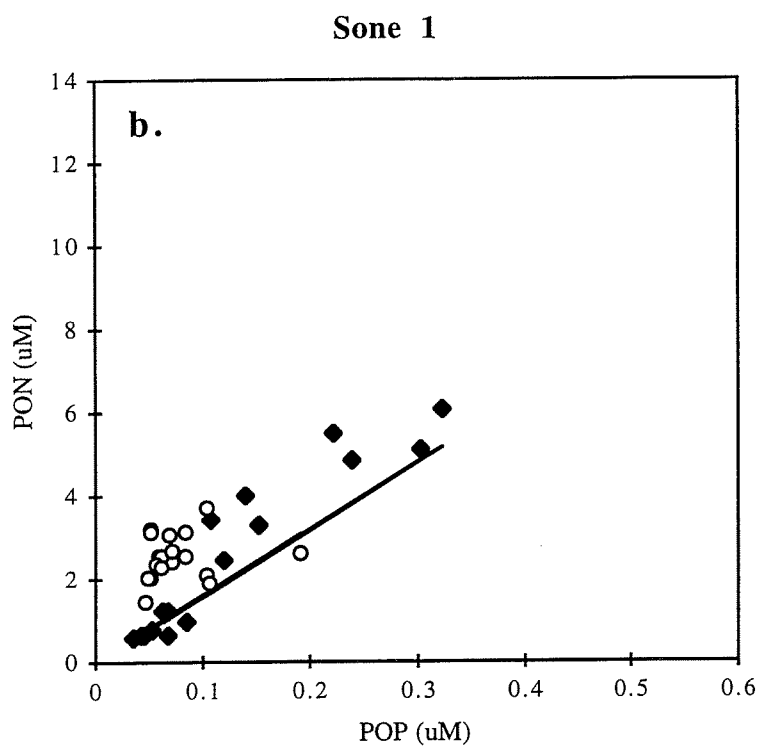


Fig.48

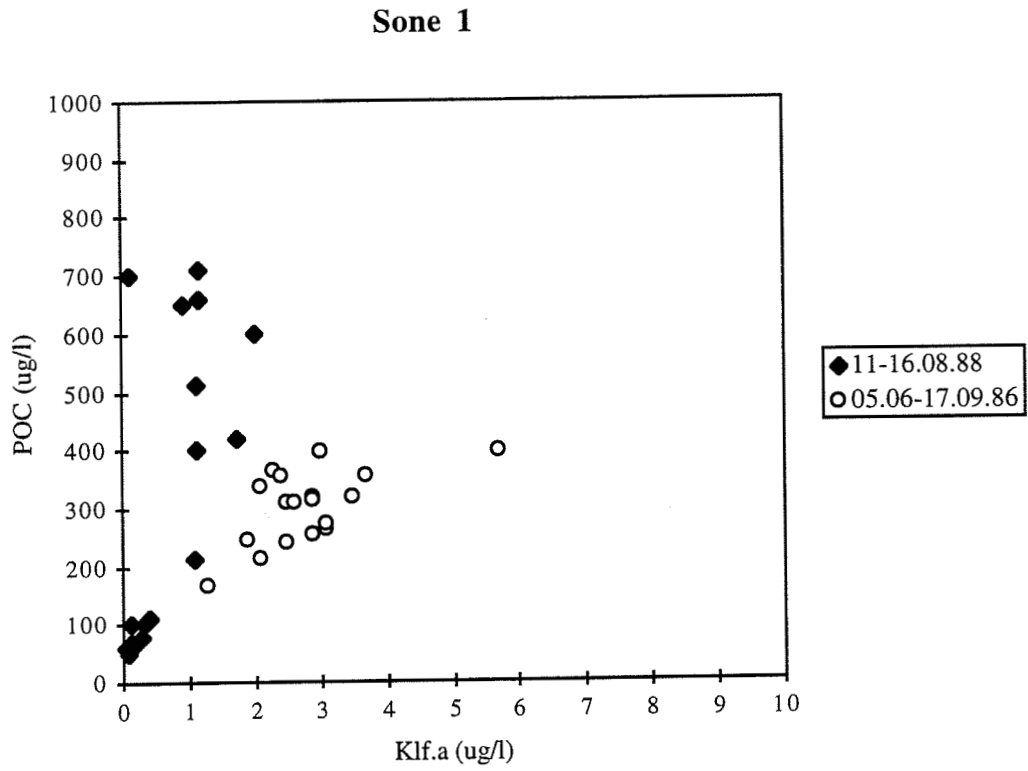


Fig.49

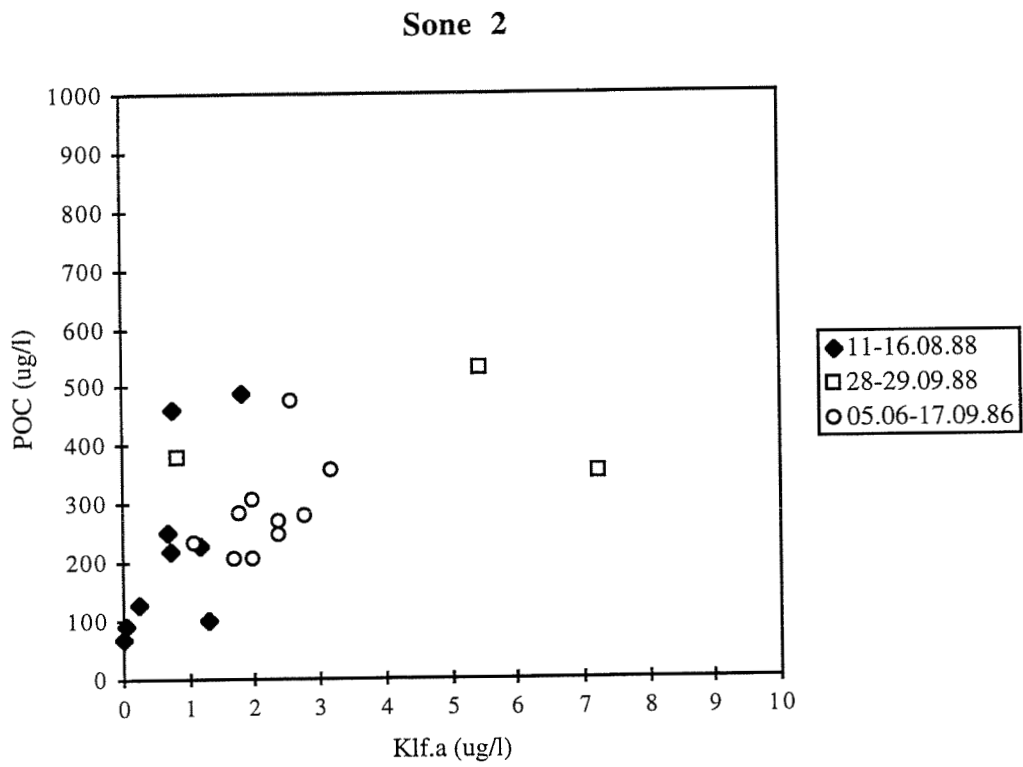


Fig.50

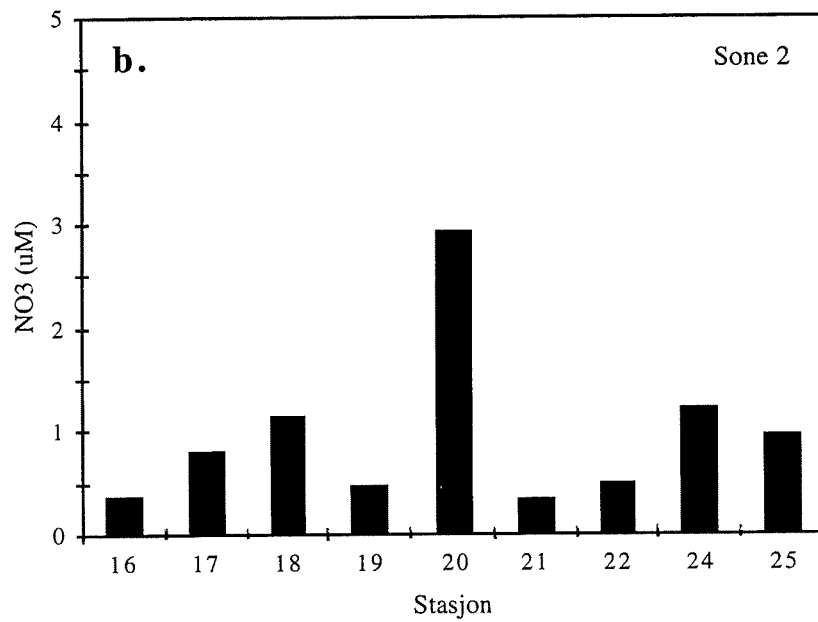
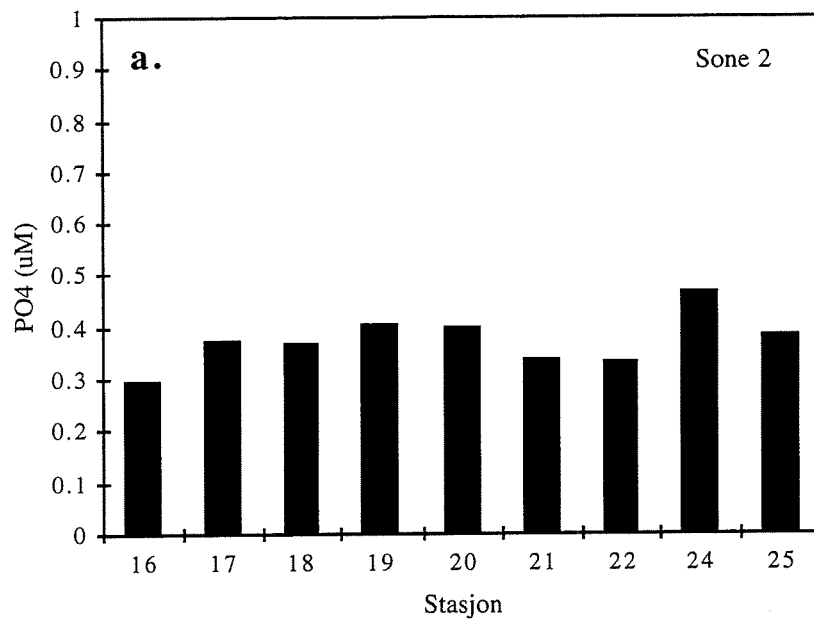


Fig.50

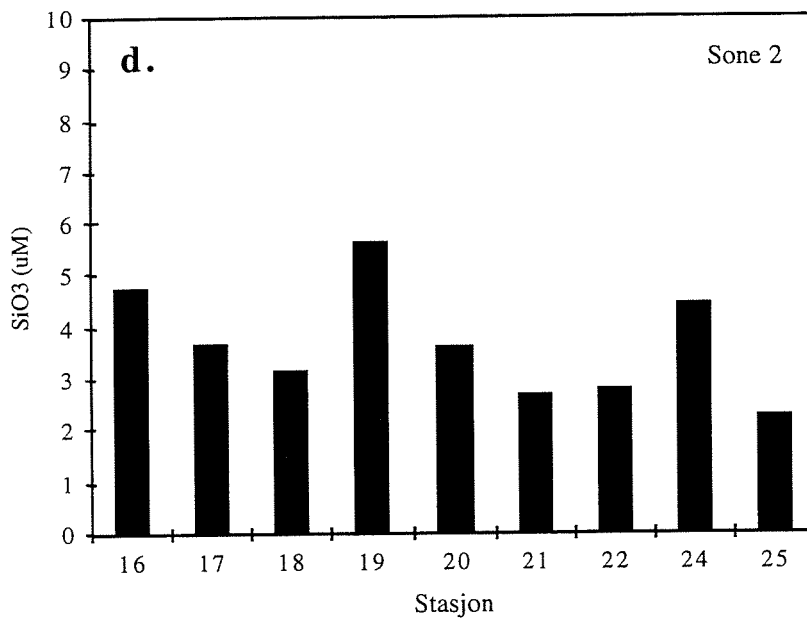
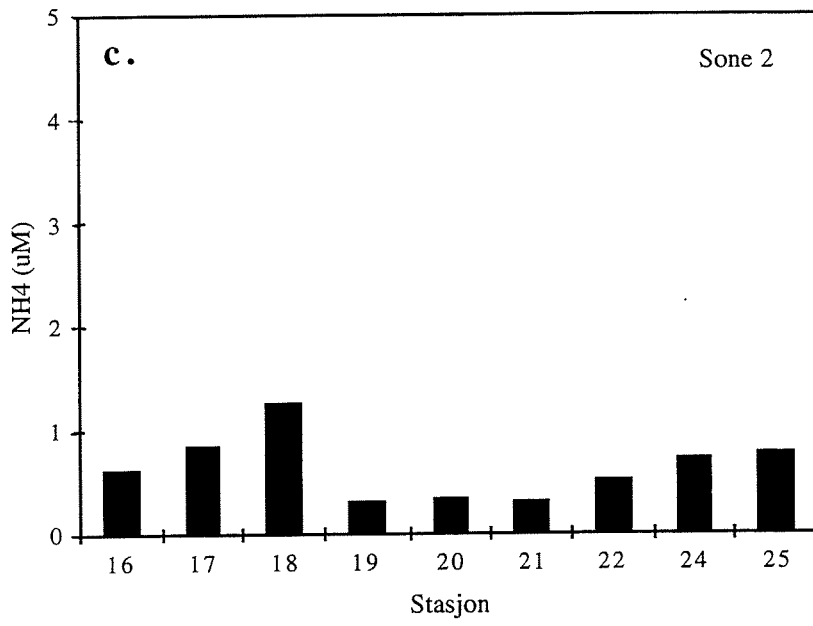
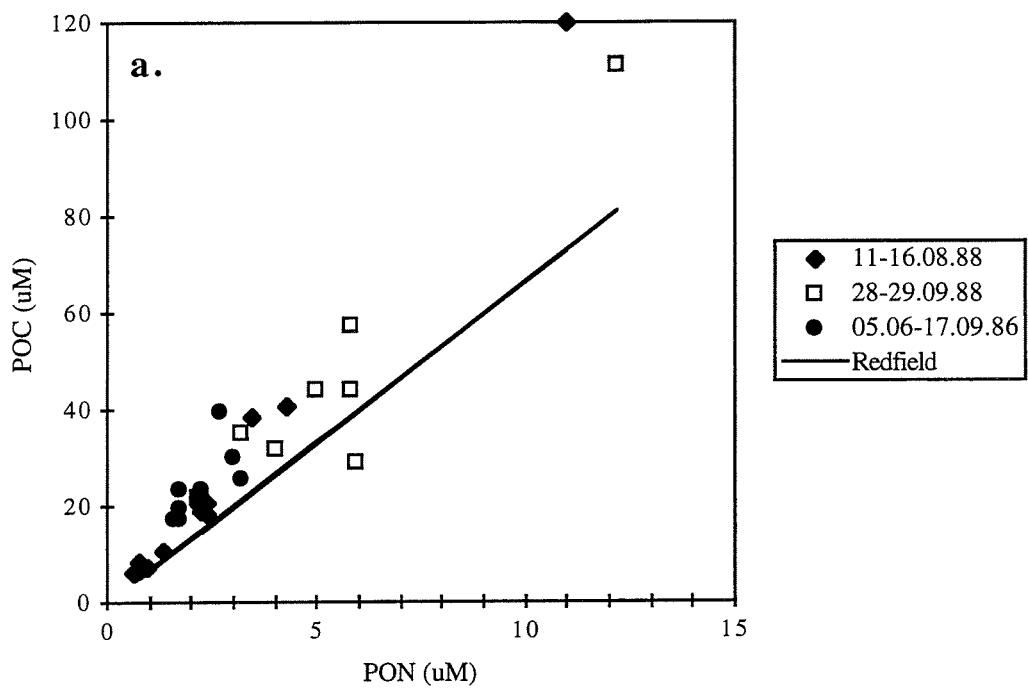


Fig.51

Sone 2



Sone 2

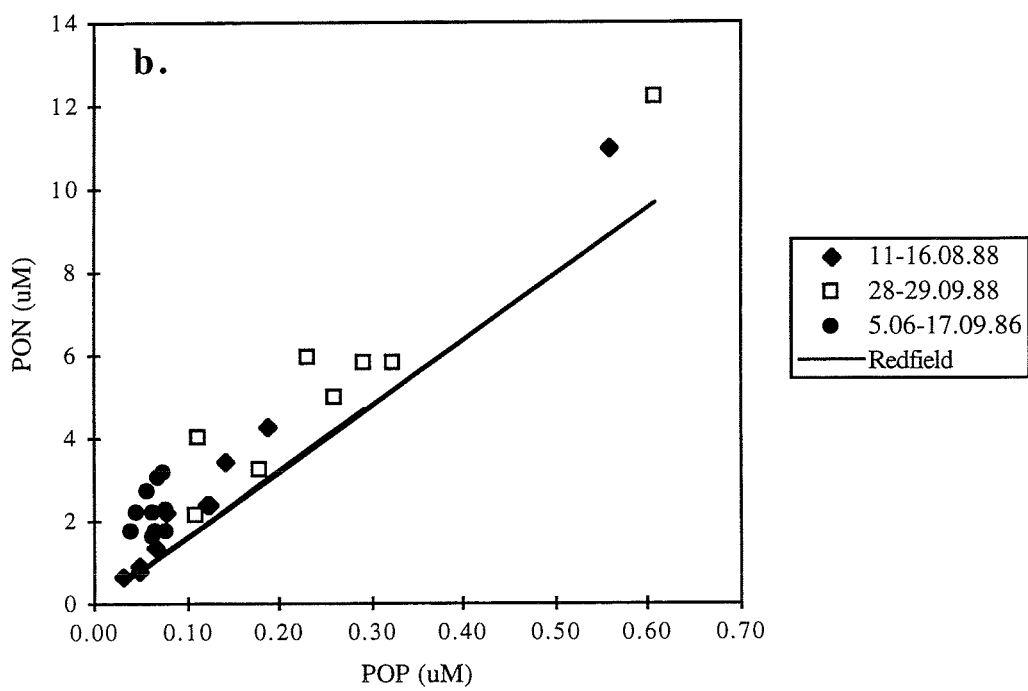


Fig.51

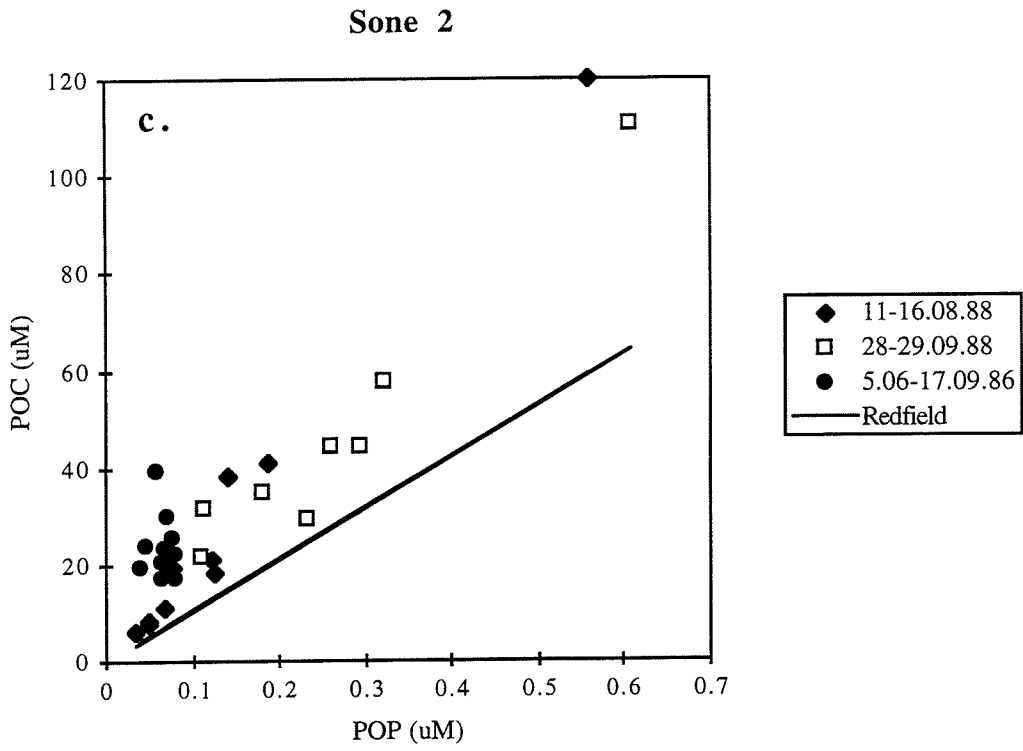


Fig.52

Årsproduksjon ved ulike lokaliteter

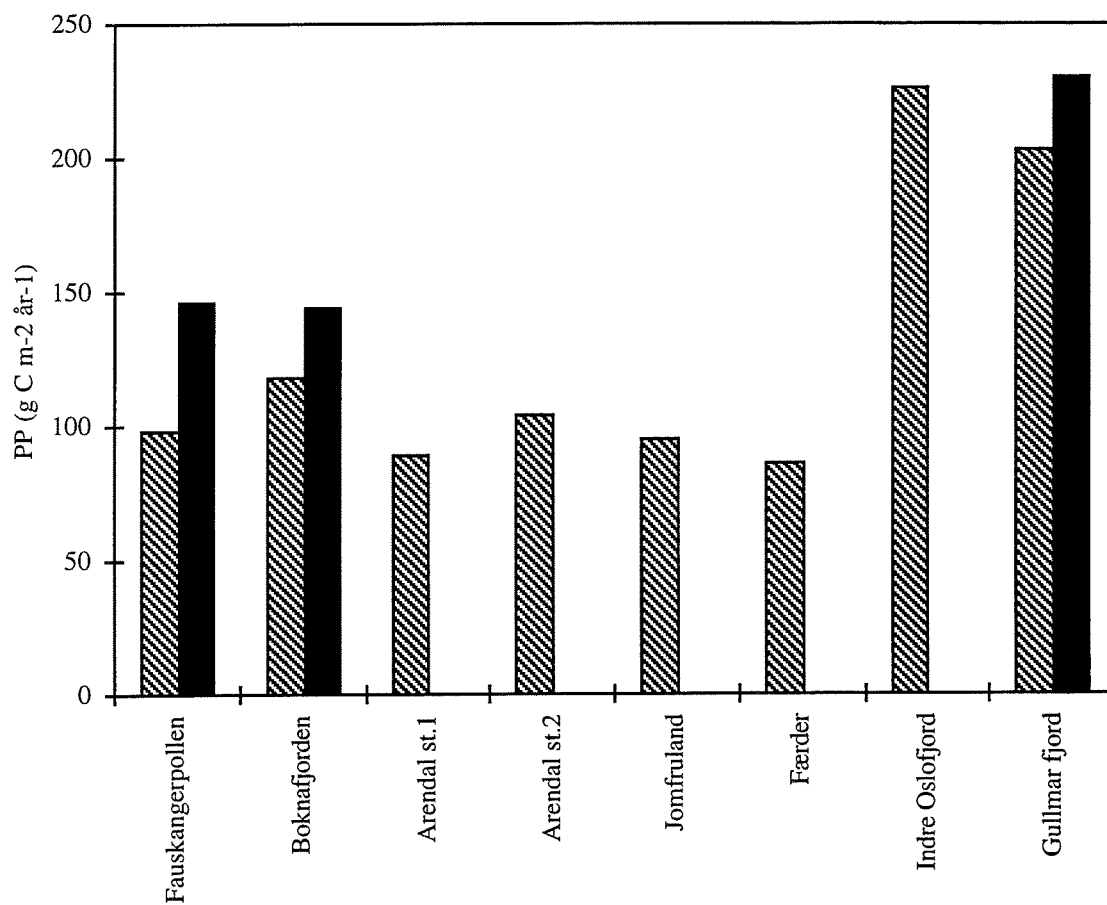


Fig.53

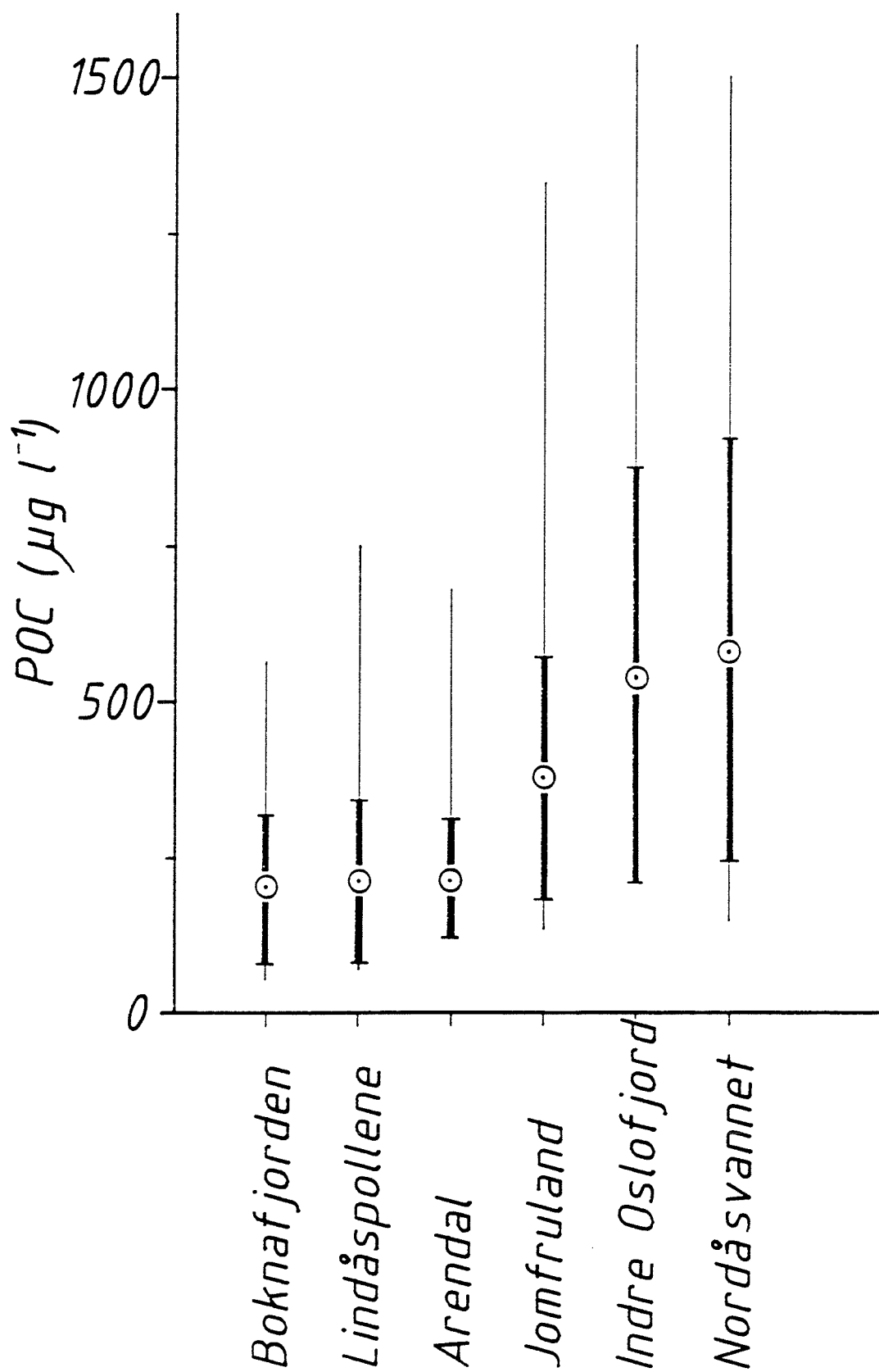
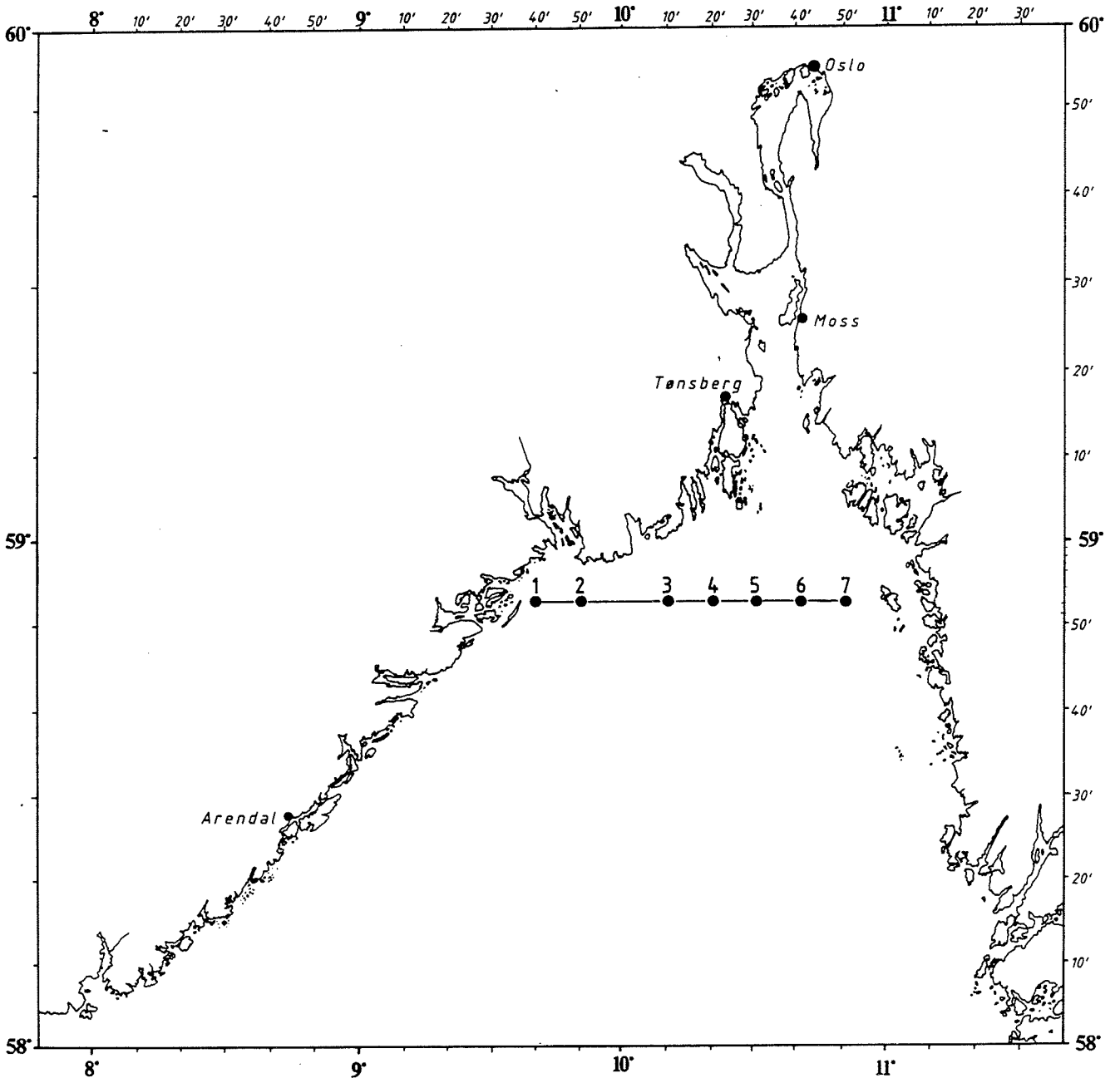


Fig.54



Tabell 2a PP (mgC m⁻² d⁻¹)

Stasjon År	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
1990 28 april	523 (327)	412 (257)	483 (302)	582 (363)	792 (494)	628 (393)	666 (416)
1991 26 april	490 (361)	576 (424)	453 (333)	336 (247)	456 (335)	165 (121)	402 (296)
1992 4 mai	684 (646)	590 (417)	317 (254)	281 (249)	287 (281)	471 (523)	728 (606)
1993 28 april	380 (236)	348 (216)	308 (192)	384 (238)	441 (274)	599 (372)	409 (254)

Tabell 2b Klorofyll-a (µg l⁻¹)

Stasjon År	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
1990 28 april	2	1.6	1.7	2.1	3.1	2.4	2.8
1991 26 april	5.5	3.7	2	1.8	2	2.2	2
1992 4 mai	4.3	3.8	2.1	2.2	1.9	2.9	4.3
1993 28 april	1.5	1.4	1.2	1.6	1.6	1.9	1.6