

**Fagrådet**

for vann- og avløpsteknisk  
samarbeid i indre Oslofjord



Statlig program for  
forurensningsovervåkning

Rapport 565/94

# Overvåkning av forurensnings- situasjonen i indre Oslofjord 1993



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Prosjektnr.:<br>O-71093 | Undernr.:              |
| Løpenr.:<br>3066        | Begr. distrib.:<br>FRI |

|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
| <b>Hovedkontor</b><br>Postboks 173, Kjelsås<br>0411 Oslo<br>Telefon (47) 22 18 51 00<br>Telefax (47) 22 18 52 00 | <b>Sørlandsavdelingen</b><br>Televeien 1<br>4890 Grimstad<br>Telefon (47) 37 04 30 33<br>Telefax (47) 37 04 45 13 | <b>Østlandsavdelingen</b><br>Rute 866<br>2312 Ottestad<br>Telefon (47) 62 57 64 00<br>Telefax (47) 62 57 66 53 | <b>Vestlandsavdelingen</b><br>Thornøhlensgt 55<br>5008 Bergen<br>Telefon (47) 55 32 56 40<br>Telefax (47) 55 32 88 33 | <b>Akvaplan-NIVA A/S</b><br>Søndre Tollbugate 3<br>9000 Tromsø<br>Telefon (47) 77 68 52 80<br>Telefax (47) 77 68 05 09 |
|--|---|--|---|--|

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| Rapportens tittel:<br>Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1993.<br><br>(Overvåkingsrapport nr.565/94). TA-nr. 1081/1994 | Dato: 15.5.94                                  | Trykket: NIVA 1994 |
|   | Faggruppe:<br>Marinøkologisk                   |                    |
| Forfatter(e):<br>Jan Magnusson<br>Torbjørn Johnsen  | Geografisk område:<br>Oslo, Akershus, Buskerud |                    |
|   | Antall sider: 44                               | Opplag: 160        |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Oppdragsgiver:<br>Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord | Oppdragsg. ref.:<br>A.Rosendahl |
|---|---------------------------------|

Ekstrakt: Observasjonene fra 1993 forsterker den positive utvikling som tidligere er registrert for overflatevannets vannkvalitet. De seneste årens forbedringer skyldes imidlertid ikke kun rensetekniske tiltak, men sannsynligvis også gunstige klimaforhold. Den svakt positive oksygenutviklingen i Vestfjordens dypvann fortsetter og ble forsterket i 1993 ved en uvanlig tidlig dypvannsfornyelse. Den negative oksygenutviklingen på mellomnivåer i Vestfjorden fortsetter. Oppsatte mål for oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden ble nådd høsten 1993, men skyldes en tilfeldig tidlig dypvannsfornyelse. I Bunnefjorden var dypvannsfornyelsen i 1993 beskjeden, og oksygenforholdene var de dårligst registrerte på lang tid, dog ikke like dårlig som enkeltår på 1970-tallet. På tross av den dårlige oksygensituasjonen i 1993 synes det som om den negative utviklingen i Bunnefjorden har stoppet opp. De oppsatte mål for oksygenkonsentrasjon i Bunnefjordens dypvann er ikke nådd. I Drøbaksundet er oksygenkonsentrasjonen i dypvannet fortsatt noe lavere enn tidligere (1930-60). De milde vintrene synes å hatt en stor effekt på dypvannsfornyelsen i fjorden.

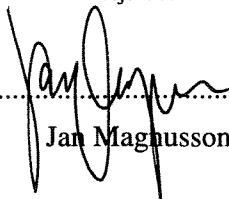
4 emneord, norske

1. Forurensningsovervåking
2. Oslofjorden
3. Hydrografi
4. Planteplankton

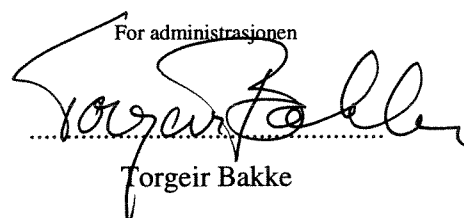
4 emneord, engelske

1. Pollution monitoring
2. Oslofjord
3. Hydrography
4. Phytoplankton

Prosjektleder

  
Jan Magnusson

For administrasjonen

  
Torgeir Bakke

ISBN82-577-2532-3

**FAGRÅDET FOR VANN- OG AVLØPSTEKNISK SAMARBEID I INDRE  
OSLOFJORD**

**OVERVÅKING AV FORURENSNINGSITUASJONEN I  
INDRE OSLOFJORD  
ÅRSRAPPORT 1993**

OSLO DEN 15.5.1994

Prosjektleder: Jan Magnusson

Medarbeidere: Erik Bjerknes  
Unni Efraimsen  
Torbjørn Johnsen  
Frank Kjellberg  
Evy R. Lømsland

## Forord

På oppdrag av **Fagrådet for vann - og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord** utfører Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) overvåkingsundersøkelser i Oslofjorden. Statens forurensningstilsyn (SFT) bidrar økonomisk til undersøkelsen via Fylkesmannen i Oslo og Akershus, som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. Den faglige styringen av overvåkingsundersøkelsene er delegert til Styringsgruppe I, opprettet den 30.5.1978.

Medlemmer i styringsgruppen var i 1993:

|                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Oslo vann- og avløpsverk:          | <b>P.Hallberg</b> (formann) |
| Biologisk Institutt:               | T.Andersen                  |
| Bærum vann- og kloakkvesen:        | H.K.Hoff                    |
| Statens forurensningstilsyn:       | I.Thelin                    |
| Fylkesmannen Oslo og Akershus:     | L.Nilsen                    |
| Norsk institutt for vannforskning: | J.Magnusson (sekretær)      |

Resultater fra overvåkingsprogrammet rapporteres hvert år. Foreliggende rapport fremlegger resultater fra 1993.

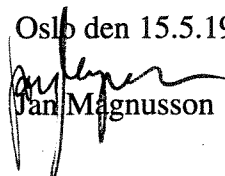
På de hydrografiske toktene er Universitetet i Oslos forskningsfartøy "Trygve Braarud" blitt brukt, og vi vil takke skipperne for godt samarbeid.

Innsamling av overflatedata i Vestfjorden og Bærumsbassenget samt enkelte analyser av materialet er utført av Vestfjordens avløpsselskap og Bærum vann- og kloakkvesen i samarbeide. Oslo vann- og avløpsverk (OVA), seksjon for miljøtilsyn, har deltatt i innsamling og analyse av overflatedata fra Bunnefjorden og Havnebassenget.

I 1993 har også VEAS finansiert prøvetaking fra en stasjon ved renseanleggets utslipp. Observasjonene inngår som en del av forundersøkelsen til den planlagte nitrogenrensingen ved anlegget. Rapporteringen skjer i sammen med den øvrige overvåkingen.

Ved NIVA har Unni Efraimsen og Frank Kjellberg deltatt på de hydrografiske tokter og i bearbeidelsen av data. Erik Bjerknes har hatt ansvaret for gjennomføringen av overflatetoktene sommerstid sammen med OVA. Torbjørn Johnsen og Evy R. Lømsland har analysert planteplankton og skrevet kap. 3.4.3

Oslo den 15.5.1994

  
Jan Magnusson

## INNHOLDSFORTEGNELSE:

|  |    |
|--|----|
| 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....                                      | 4  |
| Konklusjoner.....  | 4  |
| Resultater. ....   | 5  |
| 2. INNLEDNING. ....  | 8  |
| 2.1 Forurensningstilførsler.....   | 8  |
| 2.2 Effekter av forurensningstilførslene. ....                           | 9  |
| 2.3 Gjennomføring av prosjektet. ....                                    | 10 |
| 2.3.1 Hydrografi og vannutskiftning.....                                 | 10 |
| 2.3.2. Overflateobservasjoner. ....                                      | 11 |
| 2.3.3. Fastsittende alger (isskuring). ....                              | 12 |
| 2.3.4. Hyperbenthosundersøkelser av F.Beyer og J.Indrehus, UiO. ....     | 13 |
| 2.3.5. Miljøgiftsundersøkelser i 1992/93. ....                           | 14 |
| 2.3.6. Bløtbunnsfaunaundersøkelser. ....                                 | 14 |
| 3. RESULTATER OG DISKUSJON. ....   | 15 |
| 3.1. Dypvannsfornyelsen. ....  | 15 |
| 3.2. Dypvannsfornyelsen og klima.....                                    | 22 |
| 3.3. Oksygenforhold. ....  | 23 |
| 3.4. Overflatelagets vannkvalitet. ....                                  | 35 |
| 3.4.1. Næringssalter og tilstanden i overflatevannet sommeren 1993. .... | 35 |
| 3.4.2. Siktedyp og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a). ....            | 36 |
| 3.4.3. Planteplanktonet i 1993.....                                      | 42 |
| 4. Litteratur .....  | 43 |

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Overvåkingsprogrammet for indre Oslofjord har som mål å følge forurensningsutviklingen i fjorden. I 1993 ble dypvannsfornyelse og oksygenforhold fulgt opp. Overflatelagets vannkvalitet ble observert ved ukentlige registreringer av siktedyp og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a) i tidsrommet juni-august. Av undersøkelser som ikke skal rapporteres i denne årsrapport, men som det er arbeidet med i perioden skal nevnes hydrokjemiske undersøkelser, hyperbenthosundersøkelser, enklere observasjoner av fastsittende alger på utvalgte stasjoner i Bunnefjorden (isskuringsundersøkelser), samt oppstart av bløtbunnsfaunaundersøkelser og miljøgifter i sedimenter. For samtlige av disse undersøkelser er feltarbeidet gjennomført.

### Konklusjoner.

Overflatelaget i indre Oslofjord har siden begynnelsen av 1980-tallet blitt bedre (Magnusson m.fl.1992). Siktedypet sommertid har økt, og planteplanktonbiomassen (klorofyll-a) har avtatt i fjordens overflate (0-2 meters dyp). Resultatene fra 1993 forsterker tidligere trukne konklusjoner, dvs. det har skjedd en forbedring av forurensnings situasjonen i fjordens overflatelag som følge av gjennomførte rens tiltak, men et forbehold må taes for de spesielle klimatiske forhold de senere år. Siktedyp og planteplanktonbiomasseobservasjonene må sannsynligvis tolkes slik at den ytterlige forbedring disse observasjonene gir i 1991 til 1993 ikke alene kan tilskrives effekten av rens tiltak.

Forandringen i fjorden har vært størst i de nå avlastede bassengene, spesielt Oslo havnebasseng.

Forholdene i Oslofjordens dypvann ble fra 1930-tallet stadig dårligere. Utviklingen synes å ha kuliminert på 1970-tallet. I Vestfjordens dypvann er det en liten, men signifikant økning av oksygenkonsentrasjonen over tidsrommet 1973-93, men i mellomnivåer (ca. 30 meters dyp) har den negative trenden blitt forsterket. I Bunnefjorden har de siste årenes manglende dypvannsfornyelse stoppet den positive utviklingen. En meget beskjeden dypvannsfornyelse i 1993 har ikke gjort forholdene gunstigere. Heller ikke på mellomnivåer (25-50 meters dyp) i Bunnefjorden kan det konstateres noen signifikant negativ eller positiv utvikling. De senere års milde vintre kan ha bidratt til den dårlige dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden de siste årene.

Tilførsel av plantenæringsstoffer er idag ca 3 og 6 ganger større for h.h.v. fosfor og nitrogen sammenlignet med estimerte tilførsler i 1910. Forskjellen i tilførsler mellom nitrogen og fosfor skyldes gjennomførte rens tiltak i tidsrommet 1970-90. De registrerte positive resultater i fjorden skyldes vesentlig reduksjonen av forurensningstilførslene. De dårlige forholdene i Bunnefjorden i 1989-93 skyldes sannsynligvis i hovedsak dårlige dypvannsfornyelser, som i sin tur kan være en funksjon av de milde vintrene i 1989-92.

I Drøbaksundet bekrefter resultatene fra 1993, en negativ oksygentrend om høsten, sammenlignet med observasjoner fra 1930-1960. De lave oksygenkonsentrasjoner i Drøbaksundet senhøsten og tidlig vinter 1992/1993 fikk betydning for indre Oslofjord ved at disse vannmasser deltok i dypvannsfornyelsen.

## **Resultater.**

Dypvannsfornyelsen i indre Oslofjord startet tidlig i oktober 1993. Det var forholdsvis varmt vann som strømmet inn til Vestfjorden ( $> 10^{\circ}\text{C}$ ) og oksygenkonsentrasjonen på det innstrømmende vannet var lavere enn normalt. En ny, større dypvannsfornyelse kom i februar og april, med kaldere og oksygenrikere vann. Den totale fornyelsen av vann mellom 20 meters dyp og bunn var bedre enn normalt i Vestfjorden, men klart mindre (beskjeden) enn normalt i Bunnefjorden. Totalt for fjorden ble vannutsiftningen nesten normal.

Dypvannet i Vestfjorden og Bunnefjorden har de seneste 5 årene blitt varmere og har fått lavere saltholdighet, hvilket gir en stadig lavere egenvekt på vannmassene. Sannsynligvis er denne utviklingen en følge av de milde vintrene i 1989-93. De milde vintrene kan ha hatt betydning for dypvannsfornyelsen større, ved å gjøre den mindre effektiv i Bunnefjorden. Derimot har den kraftigere egenveksreduksjonen i Vestfjorden nå gått så langt at dypvannsfornyelsen i 1992/93 ble bedre enn f.eks. i 1989-90.

Oksygenkonsentrasjonen i det innstrømmende vannet fra Drøbaksundet var klart lavere enn normalt frem til desember 1993, hvilket gav mindre oksygentilførsel til Vestfjordens dypvann. Fra desember til april var derimot oksygenkonsentrasjonen på det innstrømmende vannet normalt høyt.

Oksygenforholdene i Bunnefjorden 1993 var, som følge av den beskjedne dypvannsfornyelsen, meget lav men i stort sett innenfor normalvariasjonen sammenlignet med gjennomsnittet for perioden 1973-82. Oksygenminima som var lavere enn gjennomsnittet ble observert på 16-20 meters dyp.

Det er, på tross av de lave oksygenkonsentrasjonene i Bunnefjorden 1993, ikke noen signifikante trender (negative eller positive) i oksygenutviklingen i fjordens vannmasser i oktober måned 1973-93. De oppsatte mål for oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjordens dypvann er foreløpig ikke nådd, men den negative utviklingen synes å ha stoppet opp.

I Vestfjordens dypvann er oksygentrenden i oktober måned 1973-93 signifikant positiv (dvs. økende oksygenkonsentrasjoner). Imidlertid gir tilsvarende analyse av oksygenutviklingen på mellomdyp (30 meter) en klart negativ trend (avtakende oksygenkonsentrasjoner). Trenden er forsterket av observasjoner etter 1981 og sannsynligvis har kloakkutslippet fra renseanlegget (SRV) bidratt. Imidlertid startet den negative utviklingen før etableringen av dette utslippet og observasjoner ved utslippet i 1993 viser oksygenkonsentrasjoner litt bedre enn ved f.eks. Steilene i Vestfjorden. En forklaring som kan være at nedbrytningen av materiale i utslippet fra VEAS skjer så langsomt at det ikke manifesterer seg som en gradient i Vestfjorden.

De oppsatte mål for oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann om høsten er foreløpig ikke nådd.

Observasjoner fra Drøbaksundet 1993 bekrefter den tidligere konstaterte negative oksygentrenden i området. Som i 1989-90 og i 1992 har den lave oksygenkonsentrasjonen vært av betydning for oksygentilførselen til indre Oslofjord ved dypvannsfornyelser.

Overflatelagets vannkvalitet har blitt bedre siden 1970-tallet. En sammenligning av gjennomsnittlig siktedyp og klorofyll-a i juni til august i 1973-82 med juni-august i 1983-90 viste signifikant økende respektive avtakende middelværdier (ca. 0.5 til 1 meter for siktedypet) i hele indre Oslofjord (Magnusson m.fl. 1992). Forbedringen har vært størst i Oslo havnebasseng, Bunnefjorden og Lysakerfjorden. Resultatene fra sommeren 1991, 1992 og 1993 forsterker denne utviklingen, selv om sommeren 1993 ikke var like bra som de tidligere årene for hele indre Oslofjord. Imidlertid er det ikke sannsynlig at forbedringen 1991 - 1993 kun skyldes rensetiltak, men også spesielle klimaforhold (nedbørfattig juli og august i 1991 og juni 1992 og juni 1993).

Algemengden i indre Oslofjord må i 1993 karakteriseres som moderat. Større oppblomstringer ble registrert i mai og juli til midten av august. Dominerende arten i juli 1993 var *Emiliana huxleyi*. Ingen store blomstringer av giftige alger kunne registreres i prøvene fra 1993, unntatt i oktober måned. Her ble det registrert så store mengder av *Dinophysis acuta* og *Dinophysis norvegica*, som begge produserer DSP (Diarrheic Shellfish Poisoning), at blåskjell i området med stor sannsynlighet innholdt DSP langt over den faregrense som Statens næringsmiddelstilsyn setter. Hvis mennesker spiser blåskjell som har akkumulert DSP, får de sterk diare, magesmerter, kvalme, oppkast og generelt nedsatt allmenntilstand. Giften er dog ikke dødelig.

Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og organismer viser forhøyede konsentrasjoner av bl.a. PCB i indre Oslofjord. På bakgrunn av observasjonene har Statens næringsmiddelstilsyn gitt kostholdsrad for spising av torskelever fanget innenfor Drøbak.

### **Tilrådinge:**

De tilrådinge som her fremstilles er omtrent de samme som i forrige årsrapport.

Oppmerksomheten bør rettes mot:

- De ofte forekommende lave oksygenkonsentrasjonene på mellomdyp i Vestfjorden.
- Siste års meget lave oksygenkonsentrasjoner nær overflaten om høsten i Bunnefjorden.
- Drøbaksundets avtakende oksygenkonsentrasjon, som tidvis gir mindre oksygentilførsel ved dypvannsfornyelsene til indre Oslofjord.
- klimaeffektens innflytelse på dypvannsfornyelsen i fjorden.
- forekomsten av miljøgifter i organismer og sediment.

For å øke kunnskapen om forholdene i indre Oslofjord bør beregningsgrunnlaget forbedres (modellutvikling). Det er fortsatt av betydning å få bedre kjennskap til spredning og fordeling av restutslippene av innlagret rensed avløpsvann i fjorden, samt det innlagrede vannets kjemiske egenskaper.

En forbedring av oksygenforholdene i indre Oslofjord krever ytterligere reduksjoner i den totale forurensningsbelastningen på fjorden, dvs. en reduksjon av næringssalter og organisk stoff. Det bør i tillegg også vurderes ad kunstig vei å øke dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden.



Et slikt tiltak vil ikke kunne erstatte en reduksjon av tilførslene, men i første rekke kunne brukes for å unngå ekstremtilstander, samt å påskynde en forventet naturlig forbedring av forholdene som følge av rens tiltak.

Sett i lyset av at en mildere klimatype gradvis kan forventes, vil trolig de naturlige krefter bak dypvannsfornyelsen kunne svekkes og derved tilførselen av oksygen til fjorden midlertidig bli dårligere. Dette vil stille større krav til rensing og andre tiltak, hvis oppsatte mål skal nås.

For å forbedre oksygenforholdene i Drøbaksundet er det nødvendig med reduksjon av forurensningstilførsler til ytre Oslofjord, spesielt tilførslene til Mossesundet - Breidangen og Drammensfjorden.

## 2. INNLEDNING.

Overvåkingsprogrammet er fokusert på forholdene i indre Oslofjord, begrenset i sør av sørlige delen av Drøbaksundet (Filtvedt).

Formålet med overvåkingen er:

- følge utvikling og tilstand i fjorden over tid
- gi løpende informasjon om forurensningstilstanden
- utvide kjennskap til prosesser i fjorden ved sammenligning av observasjoner i nåtid og fortid
- vurdere effekten av rens tiltak og det eventuelle behovet for ytterligere reduksjoner av tilførsler

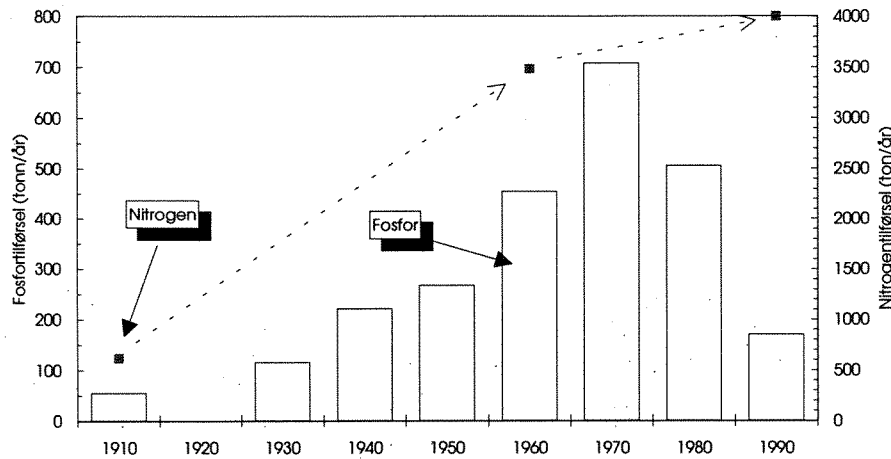
I 1993 bestod overvåkingsprogrammet av fem deler: Overvåking av oksygenforholdene og overvåking av dypvannsfornyelsen, hydrokjemiske undersøkelser (forundersøkelser til planlagt nitrogenrensing på renseanleggene), overflatelagets vannkvalitet målt ved siktedyp og klorofyll a (planteplanktonbiomasse), undersøkelse av horisontalutbredelsen av fastsittende alger i enkelte deler av Bunnefjorden (isskuringsundersøkelser), sedimentundersøkelser på miljøgifter (koordinert med et miljøgiftsprosjekt finansiert av STF), samt undersøkelser av dyresamfunnet nær bunnen (hyperbenthos) og bløtbunnsfaunaundersøkelser. Hyperbenthosundersøkelsene ble gjennomført i sin helhet av F.Beyer ved Biologisk institutt, (UiO), og vil bli rapportert i 1994. Bløtbunnsfaunaundersøkelsene gjennomføres av John Gray og Frode Olsgard ved Biologisk institutt, UiO og vil bli rapportert i 1995. Sedimentundersøkelsene vil bli rapportert våren 1994.

Fjorden er foruten resipient for ca. 670 000 personer også et attraktivt friluftsområde for befolkningen og har også et ikke ubetydelig yrkesfiske. Det er klare konflikter mellom de ulike brukerinteressene.

### 2.1 Forurensningstilførsler.

Den dominerende forurensningstilførslen til indre Oslofjord er kommunalt og industrielt spillvann. Dagens tilførsler (1991) er ca. 170 tonn fosfor, 4000 tonn nitrogen og ca. 12 000 tonn organisk stoff (TOC) pr. år. Sammenlignet med beregnede utslipp for året 1910 (Holtan 1989) er fosfortilførslen ca. 3 ganger større og nitrogentilførslen ca 6.5 ganger større. Renseanleggene ved fjorden fjerner i hovedsak fosfor og en del organisk stoff, men lite nitrogen. Utbyggingen av renseanlegg startet i begynnelsen av 1970-tallet, og det siste store renseanlegget ble tatt i full drift år 1983 (Sentralrenseanlegg Vest).

Figur 1 viser en enkel beregning av fosfor-og nitrogentilførslen fra 1930-90 (Bergstøl m.fl 1981, Baalsrud m.fl. 1986). Figuren viser i store trekk utviklingen gjennom årene med en topp rundt 1970 for fosfortilførslen og at nitrogentilførslen ikke har avtatt.



Figur 1. Landbasert fosfor- og nitrogentilførsel til indre Oslofjord 1930-1988. (Fra Bergstøl m.fl., 1981 og Baalsrud m.fl. 1986).

## 2.2 Effekter av forurensningstilførslene.

Overvåkingsprogrammet konsentrerer seg i første rekke om eutrofi-effektene i fjorden, men i 1993 ble også miljøgiftsituasjonen i fjorden kartlagt (miljøgifter i sedimenter og organismer).

Den store næringssalttilførselen gir en økt primærproduksjon og en større planteplankton-biomasse enn naturlig. Gjennomsnittligheten i vannet avtar (lavt siktedyp). Den organiske belastningen på fjordens dypere vannmasser blir stor når planteplankton synker ut av fotosyntesesonen. Planteplanktonet nedbrytes av bakterier ved oksygenforbrukende prosesser og det livsviktige oksygenet i fjordens dypvann kan til tider (spesielt om høsten) bli så lavt at det får negative følger for fjordens dyreliv. Enkelte ganger blir oksygenet helt brukt opp og det dannes hydrogen-sulfid (råttent vann), en dødelig gift for nesten alt marint liv.

I Bærumsbassenget og til dels Bekkelagsbassenget har det hittil blitt dannet hydrogen-sulfidholdige vannmasser hvert år. I Bunnefjorden og Lysakerfjorden kan det enkelte år bli registrert til dels store mengder råttent vann. I Vestfjorden blir oksygenkonsentrasjonen normalt lav om høsten, men foreløpig er det her ikke registrert hydrogen-sulfid unntatt i enkelte lokale dyphull. De store variasjonene gjennom året og variasjonene fra år til år skyldes i all vesentlighet variasjonen i dypvannsfornyelsene vinterstid som tilfører fjorden oksygenrikt vann fra ytre Oslofjord. I den senere tid er det også registrert periodevis noe reduserte oksygenkonsentrasjoner i Drøbaksundet, noe som kan gi mindre tilførsel av oksygen til indre Oslofjord.

Overgjødningen av fjorden forandrer fjordens økosystem. Den begunstiger arter som har evne til å dra nytte av det forandrede miljøet, som eksempelvis hurtigvoksende grønnalger langs strendene i fjorden. Konkurransforholdet mellom de fastsittende alger er blitt forandret (Bokn 1979) og det er registrert færre arter av zooplankton, og store bunnområder er uten liv (Beyer 1967). Lokalt har dessuten industriutslipp forringet fjordmiljøet f.eks. ved Slemmestad (støvutslipp som dekker fjordbunnen) og ved Sætre (nedsatt pH og høye nitrogen-

konsentrasjoner i vann). I tillegg er den diffuse tilførsel av miljøgifter fra industri og andre kilder et problem for fjorden. Høsten 1991 ble det observert store miljøgifts-konsentrasjoner i sedimentene i havnebassenget i Oslo (Koniczny 1992). I undersøkelsene fra 1993 er det vist at problemet ikke kun er begrenset til Oslo havnebasseng, selv om det bare unntaksvis er registrert like høye konsentrasjoner av miljøgifter i andre deler av fjorden.

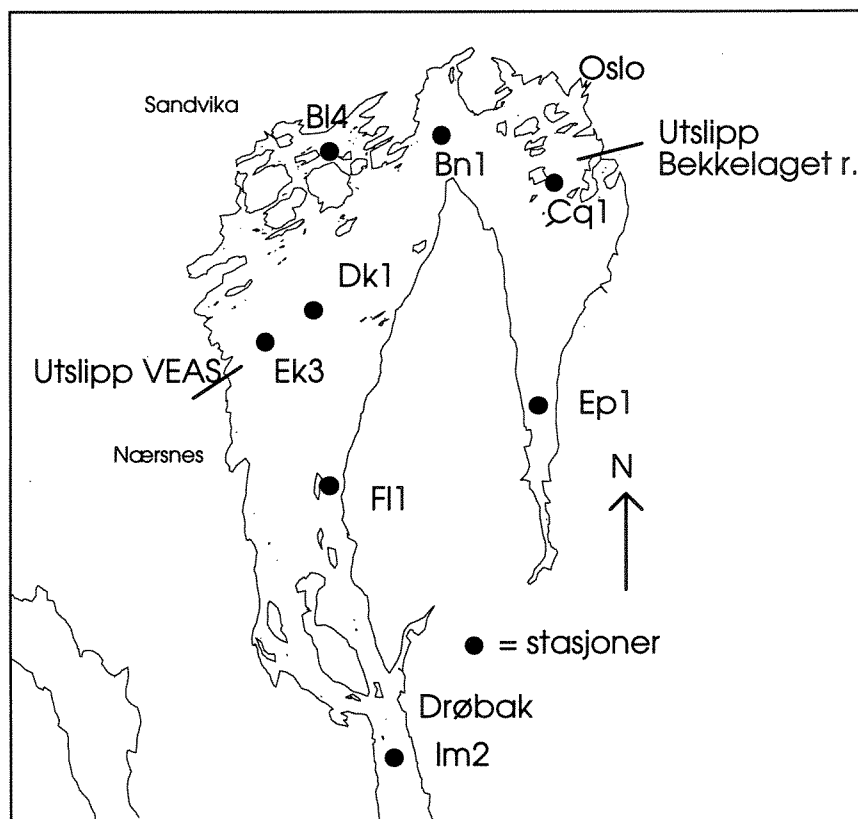
### 2.3 Gjennomføring av prosjektet.

Stasjonsnett og toktvirksomhet fremgår av figur 2 og tabell 1.

Prosjektet gjennomføres etter en langtidsplan for overvåkingen av fjorden (1984-94). Den praktiske utførelsen deles mellom ulike institusjoner, først og fremst mellom Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo og NIVA. Av undersøkelser utført i 1993 har Biologisk institutt ved Fredrik Beyer ansvar for hyperbenthosundersøkelser og John Gray for bløtbunnsfaunaundersøkelser.

#### 2.3.1 Hydrografi og vannutskiftning.

Toktvirksomheten fremgår av tabell 1 og stasjonsnett av figur 2.



Figur 2. Hydrografiske stasjoner i 1993.

Tabell 1. Tokt og observasjoner i Oslofjorden 1993.

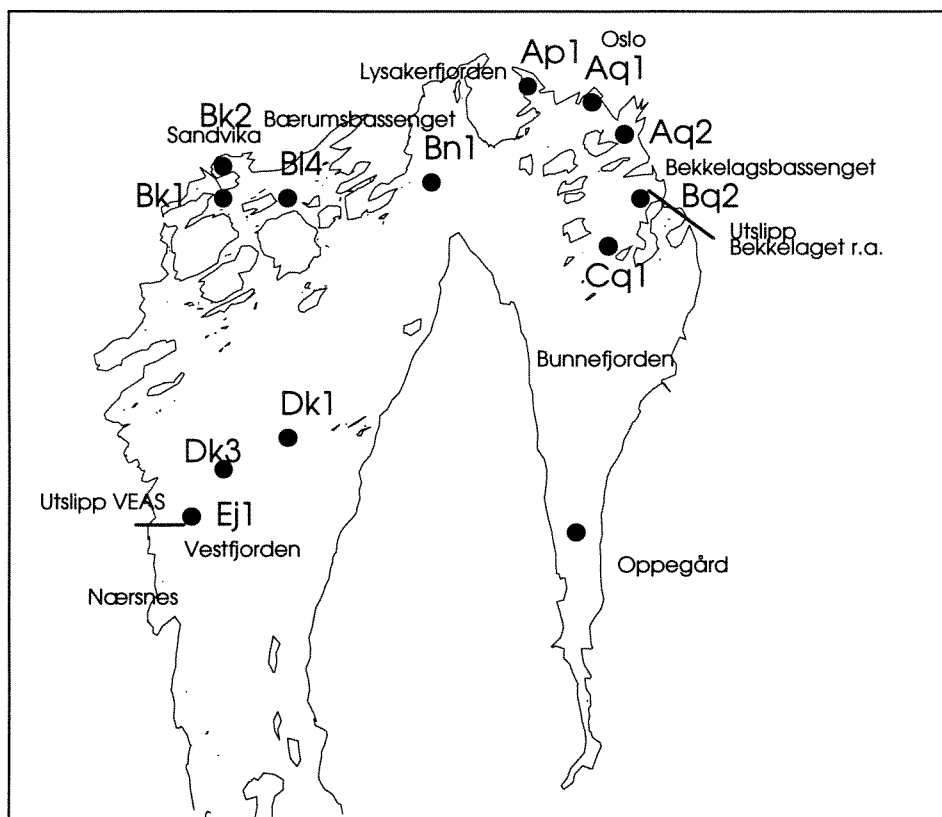
| Dato<br>Stasjoner                               | Dato<br>Stasjoner                                |
|---|--|
| 22.2.1993<br>Bn1,Cq1, Dk1,Ep1,<br>Fl1,Im2       | 16.8.1993<br>Bl4,Bn1, Cq1,Dk1, Ep1,<br>Fl1, Im2  |
| 1.4.1993<br>Bn1,Cq1, Dk1, Ep1,<br>Fl1, Im2      | 18.10.1993<br>Bl4,Bn1, Cq1,Dk1, Ep1,<br>Fl1, Im2 |
| 18.5.1993<br>Bl4,Bn1, Cq1,Dk1, Ep1,<br>Fl1, Im2 | 13.12.1993<br>Bl4,Bn1, Cq1,Dk1, Ep1,<br>Fl1, Im2 |

Vannprøver ble innsamlet fra overflaten og i 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 og 150 meters dyp. På enkelte stasjoner ble det tatt ytterligere et par dyp. Temperatur og salt-holdighet ble observert med Neil Brown CTD (Mark IIIb). På noen stasjoner i de dypeste områdene ble også vannprøver innsamlet til analyse på laboratoriet for å kontrollere ctd-observasjonene. Videre ble siktedypet observert og klorofyll-a analysert på vann fra 0-2 meters dyp, samt oksygen fra samtlige standarddyp. Fra overflaten på samtlige stasjoner og på standarddyp på tre stasjoner (Ep1, Dk1 og Im2) ble vannet analysert på næringssaltinnhold (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Analysemetodene er beskrevet i tidligere rapporter. I tillegg ble det tatt observasjoner som ved stasjon Dk1 også ved utslippet til VEAS på tre tokter (august-, oktober- og desembertoktene).

### 2.3.2. Overflateobservasjoner.

Det er gjennomført et mindre tokt i februar 1993 (1.2.93), hvor det ble tatt overflateprøver av næringsalter. Toktet ble gjennomført for å innsamle opplysninger om vinterkonsentrasjoner av næringsalter i overflaten før planlagte nitrogenreduksjoner. Overflateobservasjoner fra flere stasjoner i fjorden ble også innsamlet desember 1993.

I tidsrommet juni-august ble det gjennomført omtrent ukentlige tokter til 14 stasjoner i indre Oslofjord (figur 3). Det ble tatt prøver til analyse av planteplankton og klorofyll-a, observert siktedyp, samt foretatt analyser av næringsalter (Tot-P, PO<sub>4</sub>-P, Tot-N, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Si). Kvantitative planteplanktonprøver ble tatt fra 0-2 meters dyp og konserverte med formalin. Kvalitative overflateprøver av planteplankton ble tatt med håv (10 µ) og konserverte med formalin. Vannprøver og observasjoner ble tatt av Vestfjordens avløpselskap (VEAS) og Bærums vann- og kloakkvesen (BVK) (Vestfjorden og Bærumsbassenget) samt av Oslo vann- og avløpsverk (OVA) og NIVA (Lysakerfjorden, havnebassenget, Bekkelagsbassenget og Bunnefjorden). Tabell 2 viser gjennomførte tokter i 1993. Planteplanktonprøver ble kun innsamlet på stasjonene Ap2, Bl4, Bn1, Bq2, Dk1 og Ep1. Analyser er gjennomført på kvantitative prøver fra stasjon Dk1



Figur 3. Stasjonsnett for overflateobservasjoner, juni-august 1993.

Tabell 2. Overflateobservasjoner juni til august i 1993 (Næringssalter, siktedyp og klorofyl-a).

|   |  |
|---|--|
| <b>Stasjoner:</b><br>Ap1, Ap2, Bn1, Bq2, Cq1,<br>Ep1, Aq1 og Aq2.                                   | <b>Stasjoner:</b><br>Bk1, Bk2, B14, Ej1,<br>Dk1, Dk3.  |
| Observatør: OVA og NIVA   | Observatør: BVK og VEAS  |
| <b>DATO:</b><br><b>1993:</b><br>7.6, 14.6, 21.6, 28.6, 5.7, 13.7, 20.7, 27.7, 3.8, 10.8, 16.8, 23.8 | <b>DATO:</b><br><b>1993:</b><br>11.6, 16.6, 23.6, 30.6, 8.7, 14.7, 23.7, 29.7, 5.8, 13.8, 18.8, 26.8 |

### 2.3.3. Fastsittende alger (isskuring).

Undersøkelsen er en oppfølging av enkelte stasjoner i Bunnfjorden, hvor det er blitt registrert en reduksjon i mengden av fastsittende alger. Reduksjonen kan forårsakes av isskuring. For å få avklart dette problem har det derfor vært et mindre program for registrering av fastsittende alger før islegging og etter isløsning i 1991-93. Undersøkelsene ble gjort på et utvalg av stasjoner.

Observasjonene de siste to år med milde vintre uten isskuring har ikke ført til nyetablering av tang. Sommeren 1993 ble tangplanter flyttet fra Vestfjorden til Bunnefjorden. Forsøkene viste at sterk sneglbeiting kan være en mulig forklaring til manglende tangvekst.

For å få avklart den manglende tangveksten skyldes sneglbeiting, ble det for 1994 planlagt å studere gjenvekst av tang transplantert til Bunnefjorden og beskyttet for sneglbeiting. Det vil også bli foretatt utsetting av unge planter. Undersøkelsen vil finansieres av NIVA med støtte fra Fagrådet.

#### **2.3.4. Hyperbenthosundersøkelser av F.Beyer og J.Indrehus, UiO.**

Undersøkelsene gjennomføres av Fredrik Beyer og Jane Indrehus ved Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo. Feltarbeidet er avsluttet og store deler av materialet er analysert og bearbeidet. Utkast til rapport foreligger og rapporten vil bli trykket 1994. Følgende hovedkonklusjoner kan foreløpig gjengis:

Det er en ekstremt iøynefallende gradient fra en særdeles rikholdig fauna ved Færder til en bunn helt, eller nesten fullstendig, uten dyreliv og med opphoping av råtnende organisk materiale i Bunnefjorden. Det skarpeste skille i faunaens mangfold går for tiden ved Drøbakerskelen.

Videre viser undersøkelsene at det over tid har foregått, og fremdeles foregår, dramatiske forandringer i faunaens mengde og sammensetning. Slike forandringer har i vår tid gjort seg sterkest gjeldende i Vestfjorden, der faunaen har vist seg å være meget følsom for de forandringer i bunnvannets oksygeninnhold som følger av variasjoner i meteorologiske-hydrografiske forhold gjennom året, fra år til annet og fra en årsperiode til en annen.

Med det siktepunkt å se etter mulige effekter av den storstilte omleggingen av kloakksystemet (økt resning, samt nytt hovedutlipp i Vestfjorden (VEAS)) ble materialinnsamlingen med bunnslede foretatt fra 1981-1993. Det viste seg imidlertid straks at faunaen i hele Vestfjordområdet ikke var til å kjenne igjen fra slik vi kjente den fra før, og det har vært av fundamental betydning for vurderingen at vi har kunnet foreta sammenlikninger med funn som tidligere er gjort med bunnslede i samme område.

Av en slik sammenlikning fremgår blant annet at en re-etablering av faunaen på en lokalitet etter en bunnvannsfornyelse både tok vesentlig lenger tid og var mindre omfattende i 1980-årene enn i 1960-årene. Det utpeker seg to årsaker til dette. For det første har faunaødeleggelsen i senere tid hatt større geografisk omfang med reduserte rekrutteringsmuligheter som følge. For det andre har sedimentet blitt sterkere preget av langvarig belastning med oksydert organisk materiale. Det er blitt merkbart løsere, og for en del arter med intim kontakt med underlaget synes sedimentet å være blitt mindre akseptabelt.

1973 var et år med ekstra dårlige oksygenforhold og tilsvarende elendig fauna. 1984, et år etter at VEAS-anlegget var kommet i full drift, var et påfallende dårlig år for faunaen i Vestfjorden til tross for gode oksygenforhold. Fra slutten av 1980-årene har det vist seg flere tegn som kan peke mot en varig forbedring av forholdene i Vestfjordområdet så langt inn som til Steilene, men ikke innenfor.

### 2.3.5. Miljøgiftsundersøkelser i 1992/93.

Parallelt med at Fagrådet etter langtidsprogrammet skulle foreta en undersøkelse av miljøgiftsituasjonen i fjorden i 1992/93, kom det et ønske fra Miljøverndepartementet og SFT om tilsvarende undersøkelser. Det var avsløringen av høye konsentrasjoner av PCB og tjærestoffer og noen tungmetaller i sedimentet i Bispevika som var grunnen til statens interesse. De to undersøkelsene ble samordnet for å få mest mulig ut av arbeidet.

Rapporteringen av undersøkelsene er startet opp. Det foreligger trykket tre rapporter, og ytterligere tre i utkastform. Sluttrapporten beregnes ferdig august 1994.

Foreløpige resultater viser forhøyde miljøgiftkonsentrasjoner i sediment og organismer også utenfor Bispevika. Undersøkelser av miljøgifter i organismer (Green og Knutzen, 1993) viste markert forhøyede konsentrasjoner av PCB og DDT i blåskjell og torsk; opp til 10 ganger overkonsentrasjon for PCB i blåskjell ved Akershuskaia. Funnene samsvarer med tidligere påvist sterk PCB-forurensning i sediment fra havneområdet. Lengre ut i fjorden var skjellene bare moderat påvirket. Det ble også konstatert over-konsentrasjoner av PCB på hhv. 5-6 og 3 ganger i lever og filet fra torsk fra Vestfjorden. Også av  $\Sigma$ -DDT (uttrykt som sum av hovedmetabolittene) ble det i blåskjell og torskelever registrert forhøyede verdier, men i svakere grad enn for PCB (overkonsentrasjoner på mindre enn 2 ganger). Med forbehold om begrenset referensemateriale ble det også funnet forhøyede verdier av PCB og  $\Sigma$  - DDT i rødspette.

Det ble også funnet overkonsentrasjoner av PAH på minimum 5-6 ganger i blåskjell fra indre havn, i mindre grad på stasjonene lengre ut.

Svake overkonsentrasjoner av bly og kadmium ble funnet i blåskjell (mindre enn 2 ganger) og kvikksølv i torskefilet lå bare svakt over antatt bakgrunnsnivå.

På bakgrunn av de observerte overkonsentrasjonene av PCB i torskelever har Statens næringsmiddelstilsyn gitt ut kostholdsrad for konsum av torskelever fanget innenfor Drøbak.

Det er sannsynlig at det fortsatt er tilførsel PCB til indre Oslofjord, i tillegg til utlekking og oppvirvling fra de forurensede sedimentene.

### 2.3.6. Bløtbunnsfaunaundersøkelser.

Undersøkelsen gjennomføres under ledelse av John Gray og Frode Olsgard ved Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo. Innsamling av prøver ble utført i mars 1993. Bearbeidelse av materialet vil bli utført i 1993 og rapport vil foreligge i 1995.



### 3. RESULTATER OG DISKUSJON.

#### 3.1. Dypvannsfornyelsen.

Vannkvaliteten i indre Oslofjord er avhengig av tilførte forurensninger fra land i området og tilført mengde og kvalitet på "nytt" vann fra ytre Oslofjord/Skagerrak. Kloakkutslippene fra renseanleggene, som dominerer tilførslene av plantenæringsstoffer og organisk stoff fra land, er tilnærmet konstante over året, unntatt ved stor nedbør og vårflom. Dypvannsfornyelsene er normalt begrenset til november-juni og mest vanlig i januar-april. Vannkvaliteten i Oslofjorden vil derfor variere over året med de "beste" forhold i tiden etter en dypvannsfornyelse vinterstid og de dårligste forhold på senhøsten. Imidlertid er det bare i Vestfjorden det normalt er årlige dypvannsfornyelser. I Bunnefjorden kan det gå flere år mellom hver større vannutskiftning, men årlig vil alltid litt vann også tilføres Bunnefjorden på mellomnivåer og gjennom diffusive prosesser også i noen grad til dypvannet.

Det innstrømmende vannet fra ytre Oslofjord har normalt et betydelig høyere oksygeninnhold og lavere næringssaltkonsentrasjoner enn det gamle dypvannet inne i fjorden. Når det nye dypvannet strømmer inn over Drøbakerskelen blandes det med gammelt fjordvann. Stor tetthetsforskjell og i tid lange, sammenhengende, innstrømninger er gunstige i det en da får liten innblanding og effektiv utskiftning. Variasjoner fra år til år i selve utskiftningsprosessen kan således gi forskjellig utgangskvalitet på dypvannet i fjorden. Slik vil naturlige variasjoner gi årlige variasjoner i Oslofjordens vannkvalitet uten at forurensningsbelastningen i vesentlig grad forandres.

Dessverre har det vist seg at oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet om høsten har avtatt gjennom de siste 50 årene. På tross av at den midlere reduksjonen er relativt beskjeden, vil den være av betydning for tilførslen av oksygen til indre Oslofjord. Også ved normal dypvannsfornyelse vil fjorden idag tidvis tilføres mindre oksygen fra ytre Oslofjord enn tidligere.

Den årlige dypvannsfornyelsen, dvs. vannfornyelsen på dyp større enn 20 meter, er beregnet ut fra hydrografiske observasjoner i Bunnefjorden (Ep1), Vestfjorden (Dk1 og F11) og Drøbaksundet (Im2)(se figur 2). Beregningen bygger på sporing av vannmasser i temperatur/saltholdighetsdiagrammer (T/S-diagrammer), og hvert resultat kontrolleres mot oksygen og totalfosforkonsentrasjoner. Ettersom de sistnevnte parametere ikke er konservative vil det ikke oppnås fullstendig overensstemmelse. Dessuten er vannutskiftningen basert på enkelte stasjoner som F11 og Dk1 for hele Vestfjorden og vil derfor gi lavere volumer enn reelt. Således er de beregnede dypvannsfornyelsene å betrakte som relative tall.

Beregningen av dypvannsfornyelser følger ikke kalenderår. Isteden brukes tidsrommet 1.10 - 30.9. Den hydrografiske utviklingen i 1993 fremgår av figurene 4 - 6, som viser variasjonen av vannets temperatur, saltholdighet og oksygen i Vestfjorden og oksygenvariasjonen i Bunnefjorden og Drøbaksundet. Figur 7 og 8 viser oksygenforholdene på de 6 toktene i 1993.

Dypvannsfornyelsen startet i oktober 1992. Dette er den tidligste registrerte dypvannsfornyelsen siden overvåkingsprogrammet startet. Sannsynligvis er det den lave egenvekten på dypvannet i Vestfjorden som muliggjorde en større innstrømning, men de ytre forhold i Skagerrak og ytre Oslofjord må også ha vært gunstige for en dypvannsfornyelse.

Som vanlig ved tidlige høstinnstrømninger var temperaturen på det innstrømmende vannet høy (10-11 °C). Oksygenkonsentrasjonen var noe lav (4.6-5.0 ml/l og ca. 75-80 % metning). Innstrømningen var begrenset til Vestfjorden og var fortsatt igang under toktet. I desember hadde også dypvannsfornyelsen nådd Steilene (Dk1), men kun lite vann hadde nådd Bunnefjorden på 40-50 meters dyp.

I februar 1993 ble det registrert en ny dypvannsfornyelse. Det innstrømmende vannet fra Drøbaksundet var nå kaldere enn i oktober 1992. Temperaturen var ca. 6 °C og oksygenkonsentrasjonen var vel 6 ml/l. Det ble kun registrert en mindre vannfornyelse av Bunnefjorden (20-40 meters dyp).

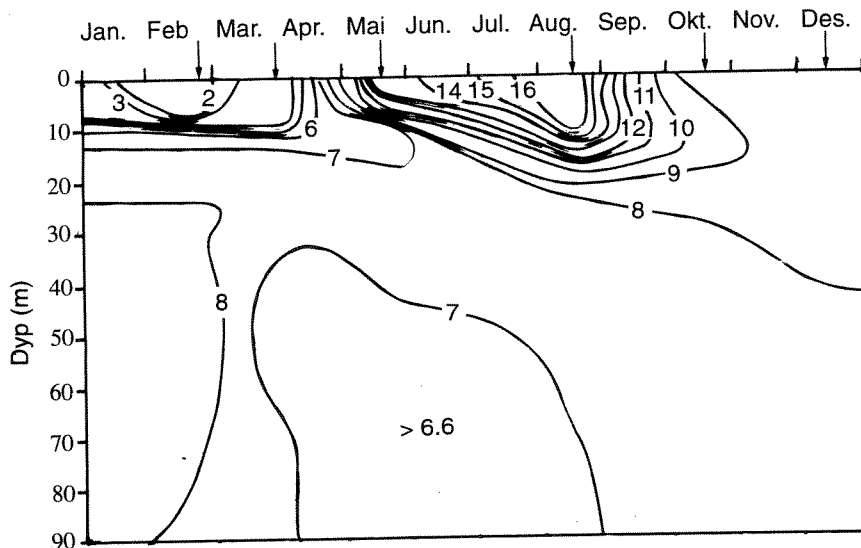
Fra februar til april ble det også registrert en dypvannsfornyelse. Det innstrømmende vannet var nå betydelig kaldere enn i februar (ca. 5.5 °C) og med oksygenkonsentrasjoner på ca. 6.5 ml/l. Dypvannsfornyelsen var som de foregående fornyelsene i stort sett begrenset til Vestfjorden. I Bunnefjorden ble litt vann på 30-60 meters dyp fornyet.

Fra april til mai ble det kun registrert en meget liten dypvannsfornyelse på 125-150 meters dyp i Vestfjorden og en liten fornyelse av vann mellom 25-50 meters dyp i Bunnefjorden. Etter mai var det ikke noen dypvannsfornyelse før oktober 1993.

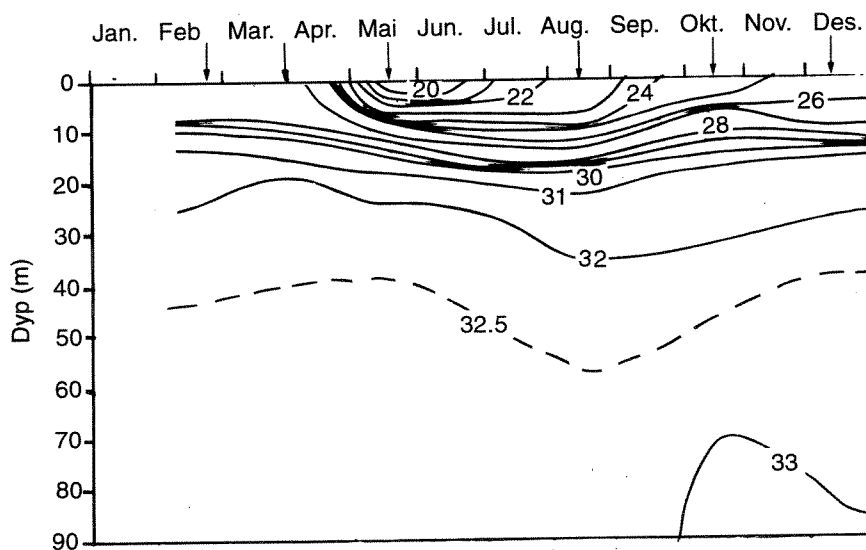
Figur 9 viser den beregnede dypvannsfornyelsen i oktober 1992 til oktober 1993 for Vestfjorden og Bunnefjorden. Mens vannfornyelsen i Vestfjorden var bedre enn "normalt" var den meget dårlig i Bunnefjorden. Totalt sett blir allikevel ikke dypvannsfornyelsen dårlig i 1992/93, men dette skyldes således fornyelsen i Vestfjorden.

I Vestfjorden ble ca.  $4500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  dypvann utskiftet. Dette er mer en 115 % av vannvolumet mellom 20 meters dyp og bunn i Vestfjorden. I Bunnefjorden ble kun ca. 30 % av vannet mellom 20 meter og bunn utskiftet. Totalt for indre Oslofjord ble dypvannsfornyelsen mellom 20 meters dyp og bunn ca.  $4800 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , eller ca 80 % av vannet mellom 20 meters dyp og bunn (tabell 3 og figur 10).

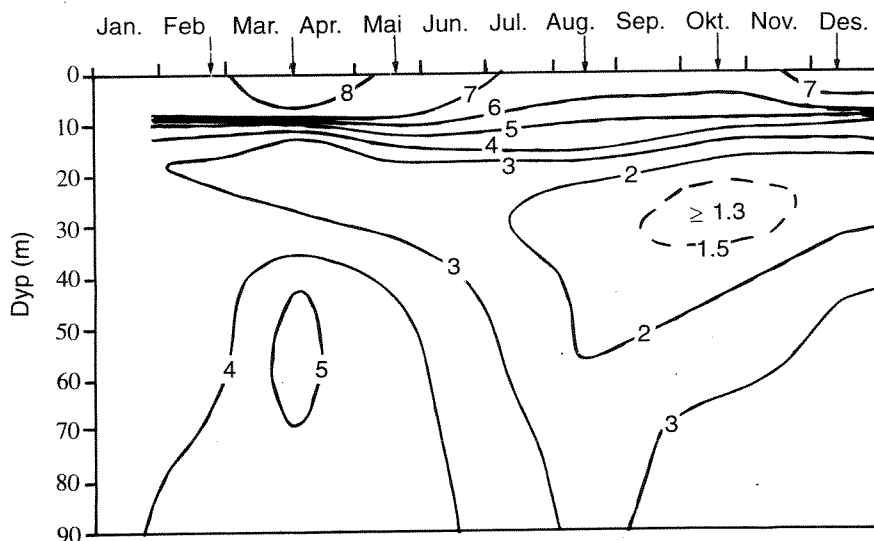
(DK1) Temperatur 1993



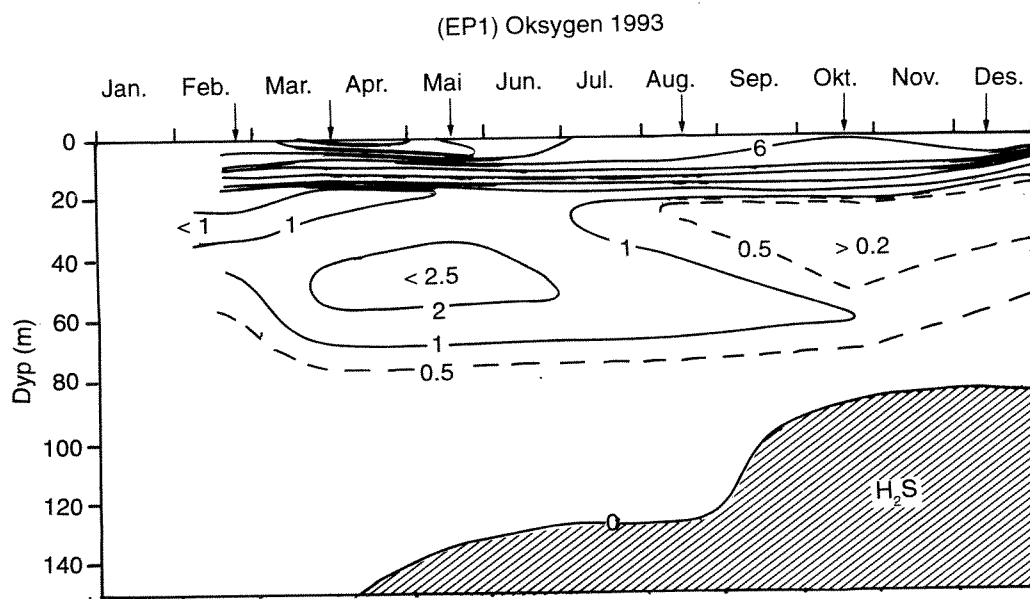
(DK1) PSU 1993



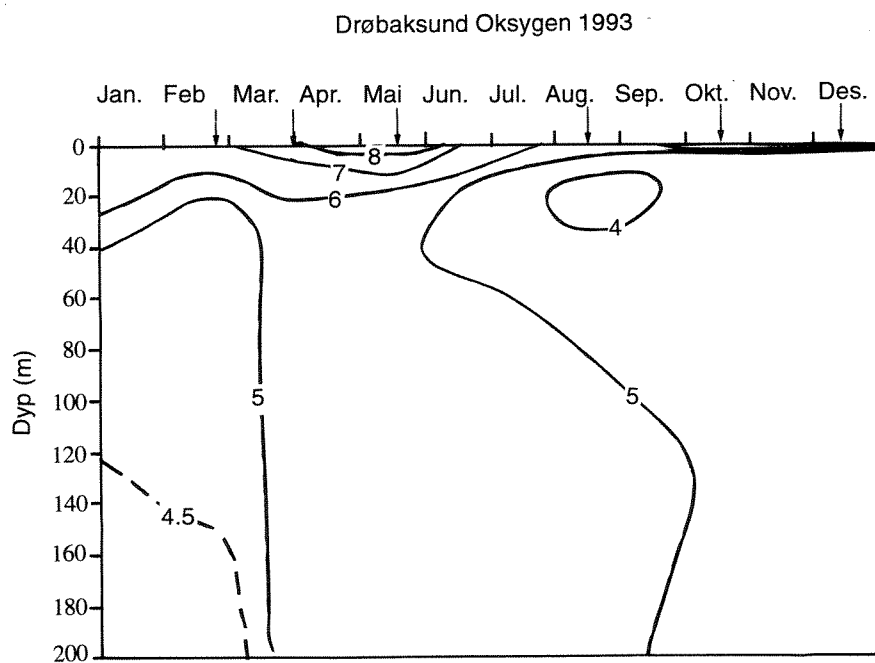
(DK1) Oksygen 1993



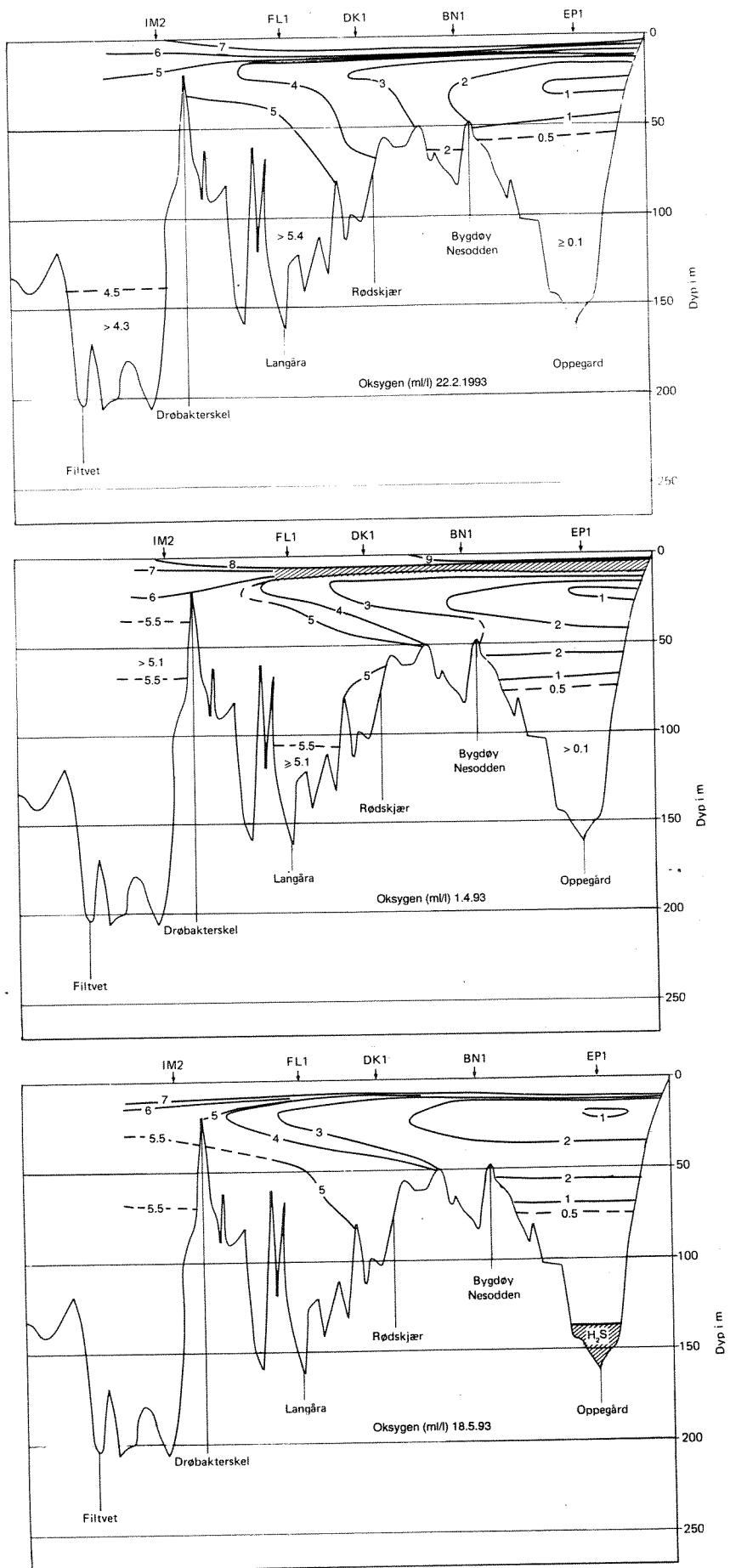
Figur 4. Temperatur (°C), saltholdighet (PSU) og oksygenvariasjonen (ml/l) i Vestfjorden (Dk1) i 1993.



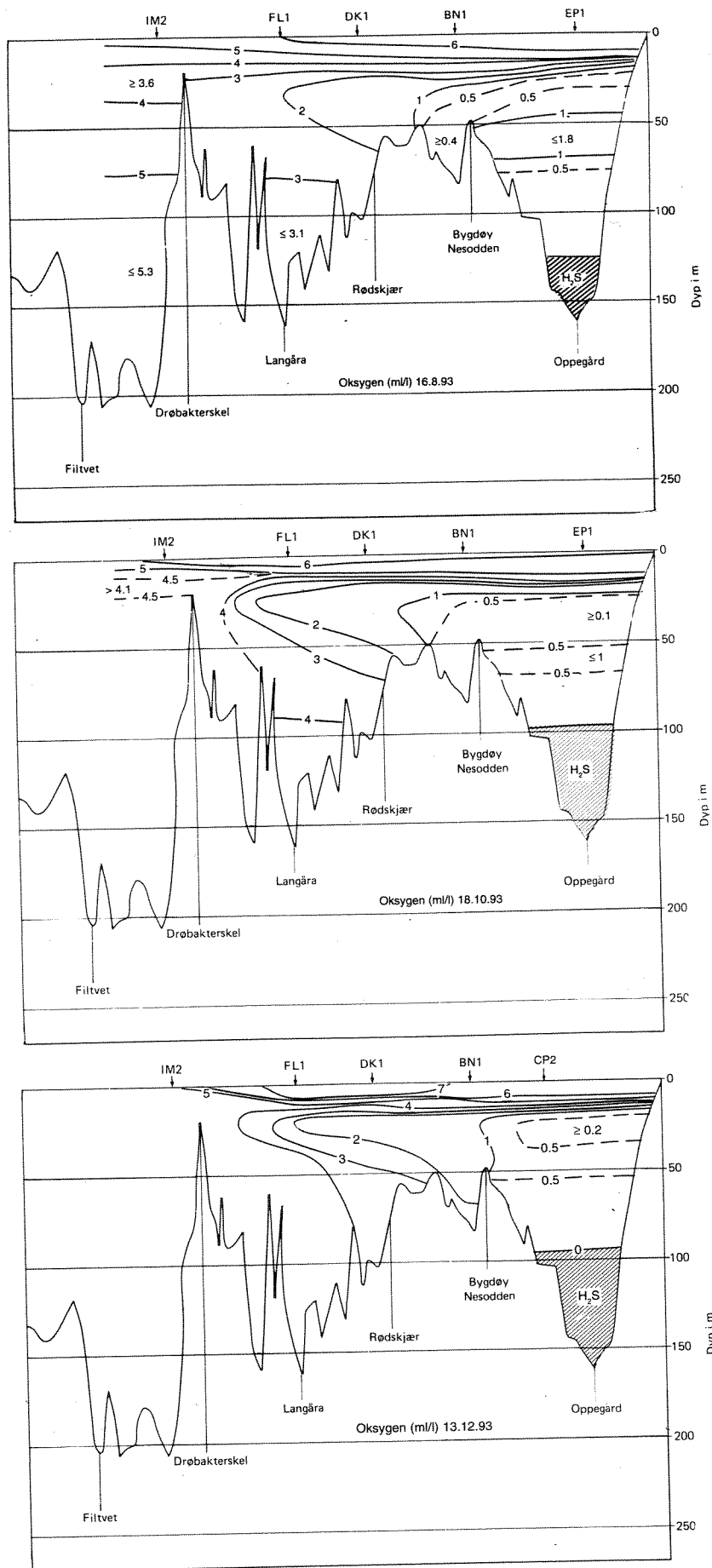
Figur 5. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Bunnefjorden (Ep1) i 1993.



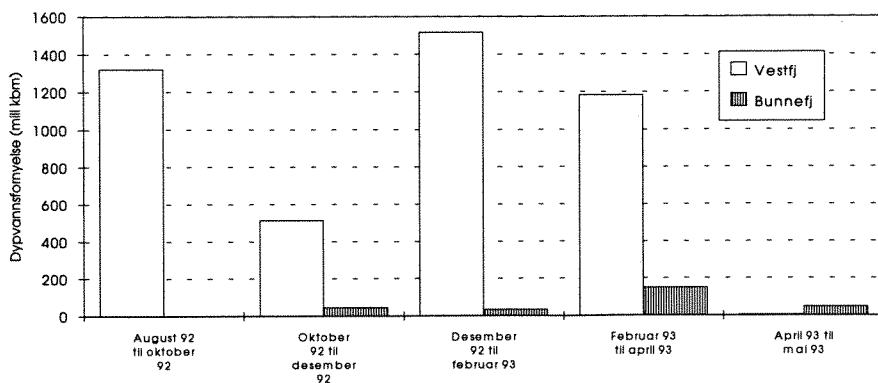
Figur 6. Oksygenvariasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (Im2) i 1993.



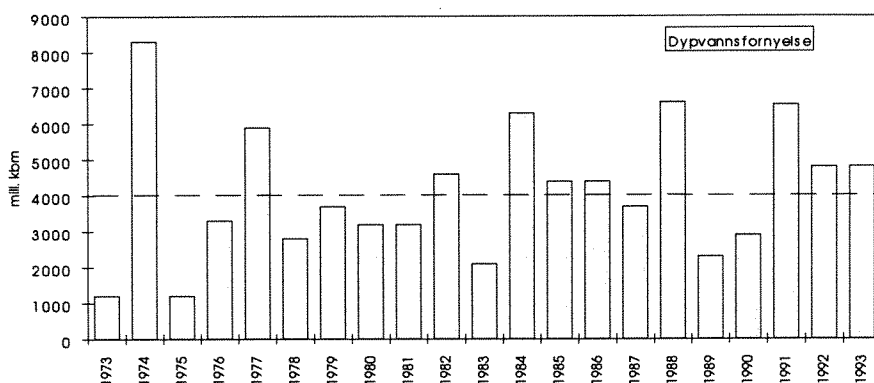
Figur 7. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i indre Oslofjord på tokter i februar, april og mai 1993.



Figur 8. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i indre Oslofjord på tokter i august, oktober og desember 1993.



Figur 9. Beregnet dypvannsfornyelse i Vestfjorden og Bunnefjorden oktober 1992 til mai 1993.



Figur 10. Dypvannsfornyelsen (20 meters til bunn) i indre Oslofjord 1973-93. (Stiplet linje er middelverdi 1973-92).

Tabell 3. Beregnet dypvannsfornyelse for hele indre Oslofjord 1973-93.

| År   | Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp) | År   | Dypvannsfornyelse (*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Dypvannsf. (% av vol. 20 - 150 m dyp) |
|------|--|---------------------------------------|------|--|---------------------------------------|
| 1973 | 1200   | 20                                    | 1983 | 2100   | 35                                    |
| 1974 | 8300   | 140                                   | 1984 | 6300   | 106                                   |
| 1975 | 1200   | 20                                    | 1985 | 4400   | 74                                    |
| 1976 | 3300   | 55                                    | 1986 | 4400   | 74                                    |
| 1977 | 5900   | 100                                   | 1987 | 3700   | 62                                    |
| 1978 | 2800   | 45                                    | 1988 | 6600   | 110                                   |
| 1979 | 3700   | 60                                    | 1989 | 2300   | 39                                    |
| 1980 | 3200   | 54                                    | 1990 | 2900   | 50                                    |
| 1981 | 3200   | 54                                    | 1991 | 6530   | 110                                   |
| 1982 | 4600   | 77                                    | 1992 | 4800   | 80                                    |
|      |  |                                       | 1993 | 4810   | 80                                    |

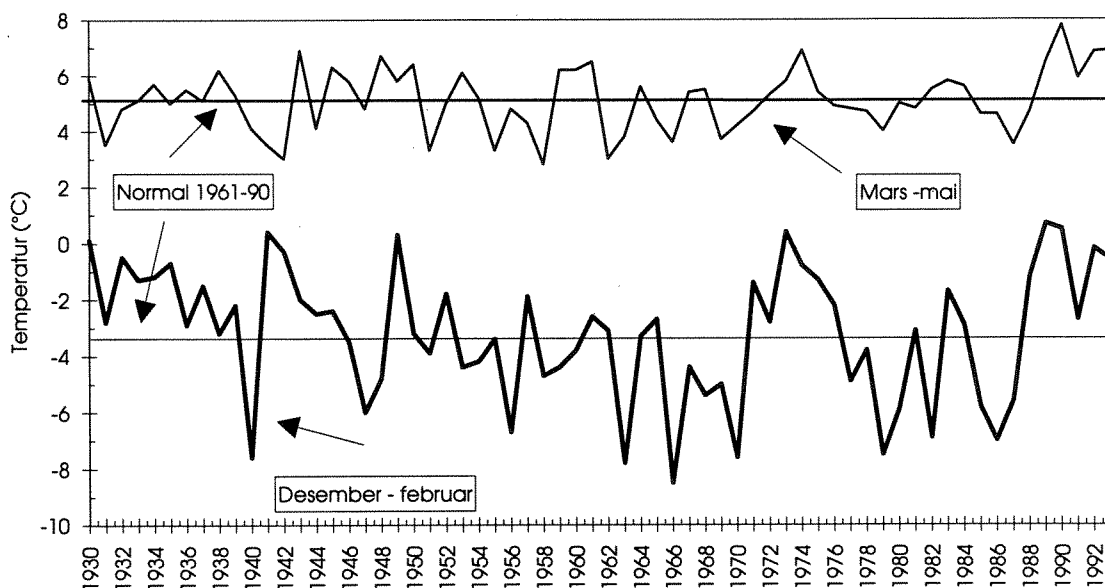
Gjennomsnittlig fornyelse 1973-92: ca. 4000\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

### 3.2. Dypvannfornyelsen og klima.

I årsrapport 1991 ble det vist at klimaforholdene har innflytelse på dypvannsfornyelsen i indre Oslofjord. Dette gjelder spesielt de milde vintrene. Figur 11 viser sesongsmiddeltemperatur ved Blindern 1930-93. Siden 1989 har vintrene vært mildere enn normalt. Tidligere er det vist (Magnusson 1990) at varme vintre sannsynligvis gir høyere temperaturer og lavere saltholdighet på dypvannet i Vestfjorden. Dette er tolket som at milde vintre gir større ferskvannsavrenning til Oslofjordområdet vinterstid samtidig som overflatelaget får en høyere temperatur. Det innstrømmende vannet til Vestfjorden vil derfor ha lavere saltholdighet og høyere temperatur. Dette gir en lavere egenvekt på dypvannet i fjorden.

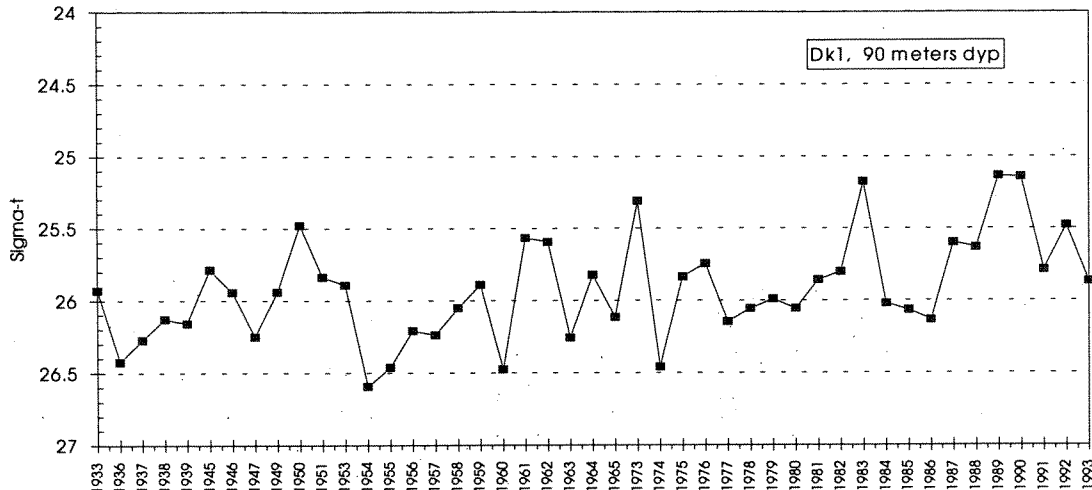
Figur 12 og 13 viser at egenvekten ( $\sigma_t$ ) i Vestfjordens dypvann var lavere i 1987-93 enn tidligere i perioden 1933-86, unntatt enkeltår som 1945, 1950, 1961, 1962, 1973, 1976, og 1983. Også disse årene var vintrene milde. Noen av disse årene har dypvannsfornyelsen vært mindre enn normalt. Dette gjelder for 1973, 1983 og 1989-90. Klimaforholdene (ferskvannsavrenning og vindstress) synes derfor å være av betydning for dypvannsfornyelsens størrelse.

Imidlertid viser årets dypvannsfornyelse i Vestfjorden, at når egenvekten synker tilstrekkelig vil en ny dypvannsfornyelse genereres. At dypvannsfornyelsen nesten ikke påvirket Bunnefjorden kan ha sin forklaring i at egenvektsreduksjonen i Bunnefjorden ikke går like raskt som i Vestfjorden, og at en forutsetning for dypvannsfornyelse i Bunnefjorden er at egenvekten på vannet på ca. 50 meters dyp i Vestfjorden overstiger dypvannets egenvekt i Bunnefjorden. Hvis de milde vintrene fortsetter vil også Bunnefjorden til slutt komme i en ny balanse med dypvannsfornyelser, men med gjennomgående lavere egenvekt enn tidligere. I mellomtiden vil dypvannsfornyelsen fortsatt være dårlig.

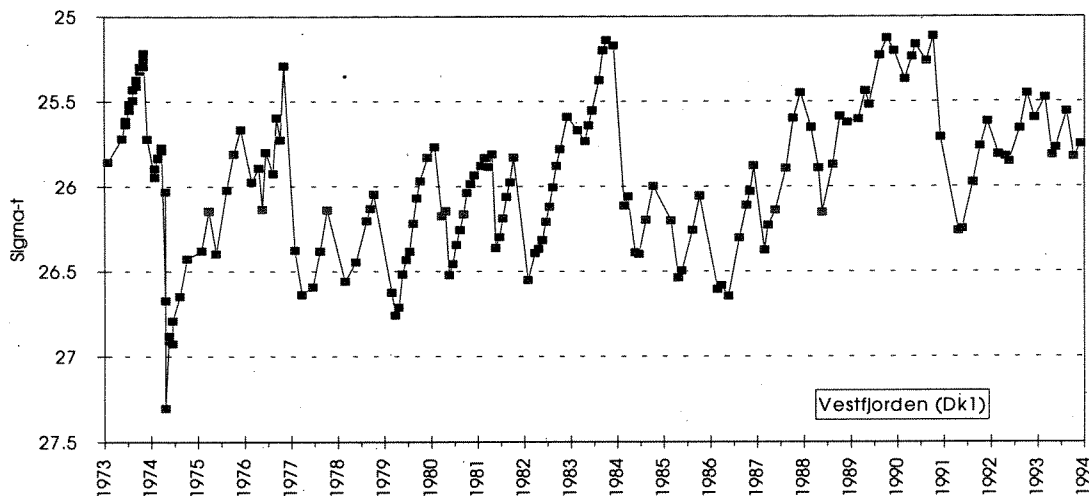


Figur 11. Midlere lufttemperatur, Blindern, desember- februar og mars-mai 1930-93 (Data fra Meteorologisk institutt)





Figur 12. Egenvekten (sigma-t) på 90 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) oktober måned 1933-93.



Figur 13. Egenvekten (sigma-t) på 80 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) 1973-93.

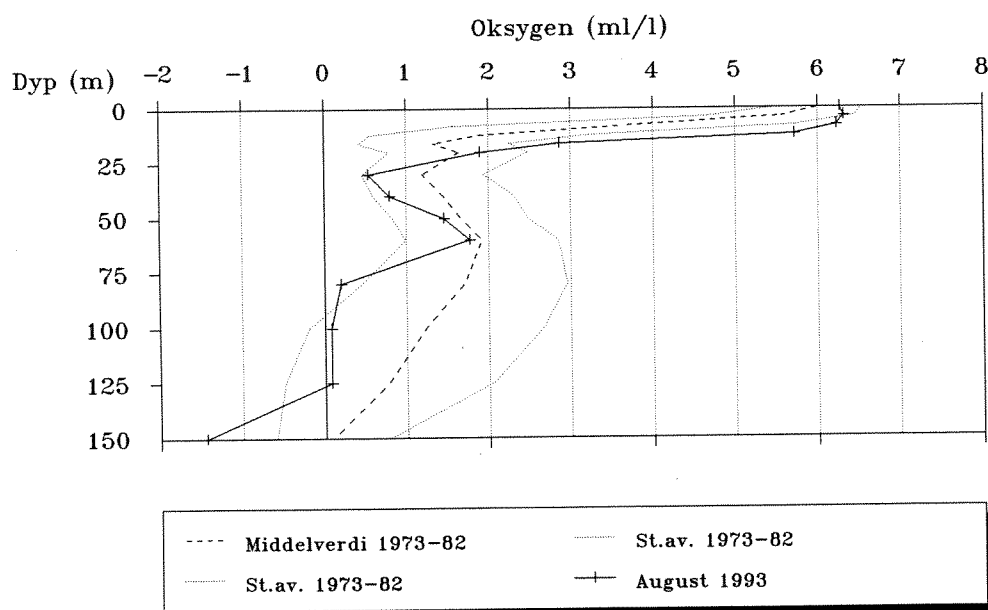
### 3.3. Oksygenforhold.

#### Bunnefjorden (EP1)

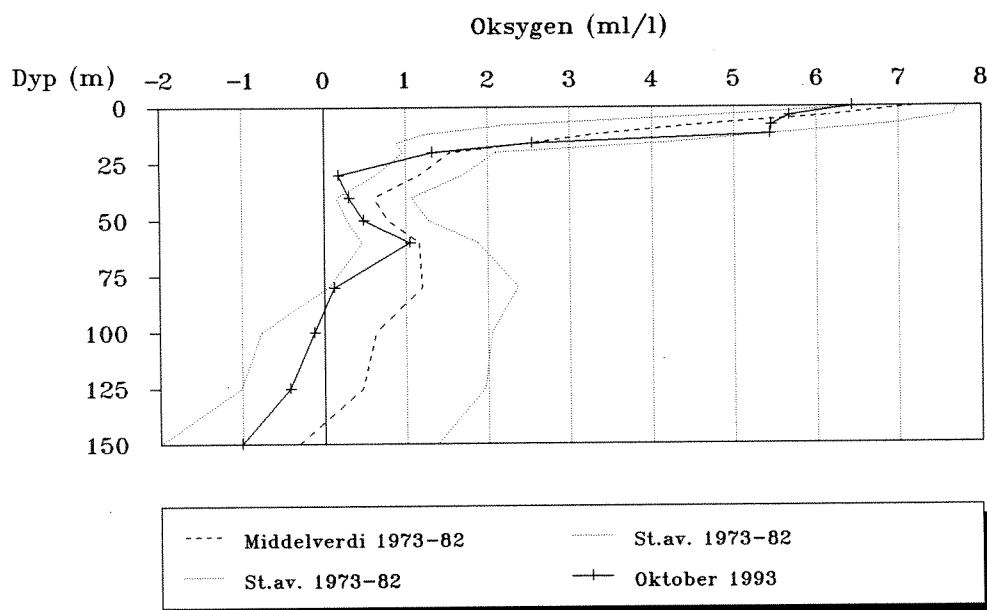
Den beskjedne dypvannsfornyelsen i Bunnefjorden vinteren 1993 ga hydrogensulfidholdige vannmasser ved bunn i mai 1993. I desember var det "råttent" vann fra ca. 90 meters dyp til bunn (figur 5). Senest det ble registrert større mengder hydrogensulfidholdig vann i Bunnefjorden var februar 1992.

Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden høsten 1993 var lavere enn gjennomsnittet for perioden 1973-82, men i stort sett innenfor det som var normalvariasjonen i 1973-82 (figur

14 og 15). 1993 var således et meget dårlig år for Bunnefjorden, men ikke like dårlig som enkelte år på 1970-tallet.



Figur 14. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden august 1993 sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjonen i perioden 1973-82 (st.av.=standardavvik).



Figur 15. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden oktober 1993 sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjonen i perioden 1973-82 (st.av.=standardavvik).

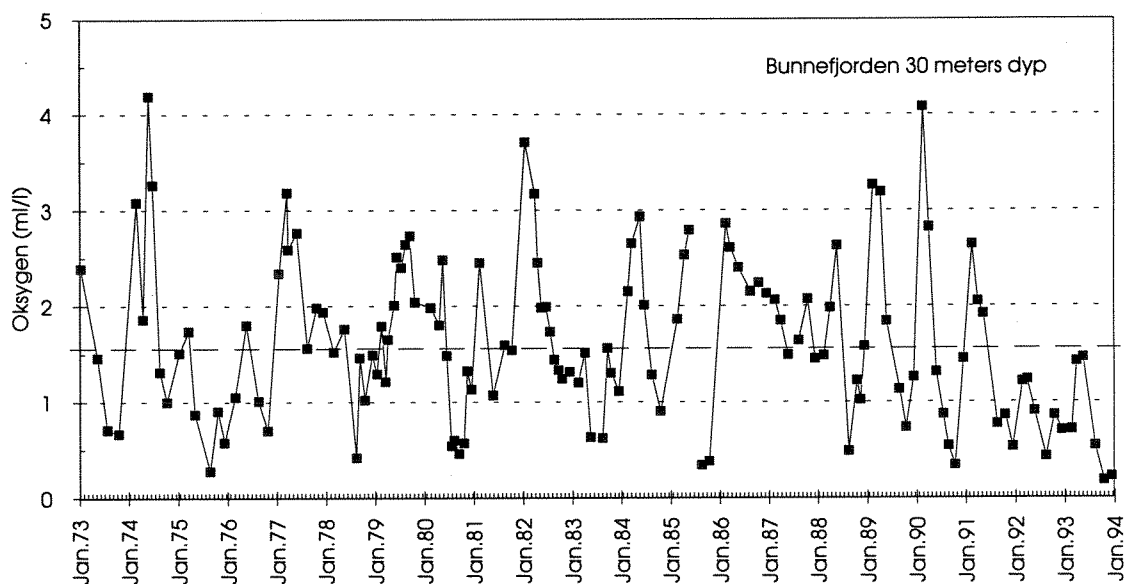
Figur 16 og 17 viser oksygenkonsentrasjonen på 30 og 80 meters dyp 1973-93. På 30 meters dyp har oksygenkonsentrasjonen vært lavere enn gjennomsnittet for hele perioden 1973-93 de siste to årene. Dette er den lengste sammenhengende periode med så lav oksygenkonsentrasjon på dette dyp som er registrert. Figur 14 og 15 viser også at lave oksygenkonsentrasjoner så høyt opp i vannmassene ikke er helt uvanlige, men at de siste årene har vært ekstreme.

På 80 meters dyp (figur 17 og 18) er det også de siste 2 år som har meget lave oksygenkonsentrasjoner. Også 1987-1991 var en periode med like lave oksygenkonsentrasjoner. Så

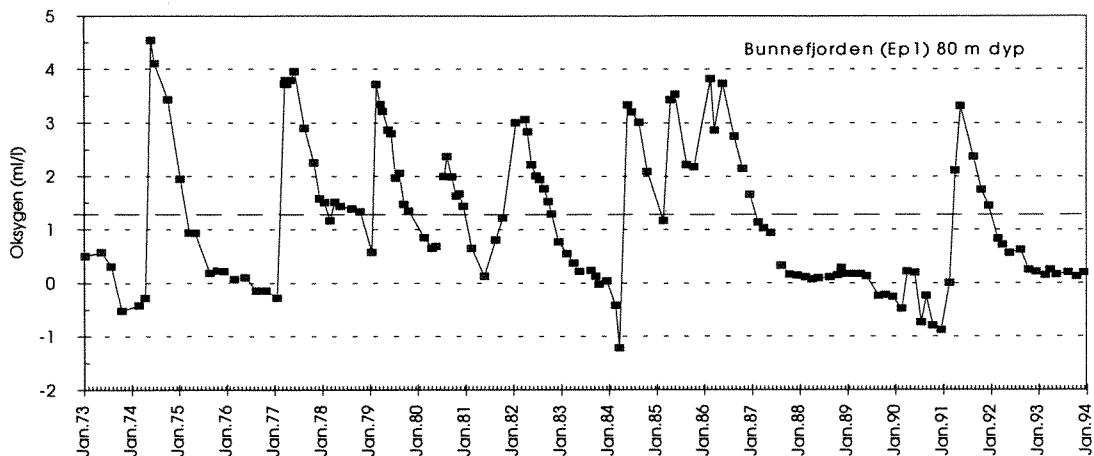
lange sammenhengende perioder med lav oksygenkonsentrasjon forekom ikke på dette dypet på 1970-tallet.

Årsaken til de observerte forhold i Bunnefjorden kan være økt organisk belastning på vannmassene eller dårligere dypvannsfornyelse. Figur 19-21 viser at starten av perioden med lave oksygenkonsentrasjoner på 80 meters dyp sammenfaller med andre forandringer. Temperaturen på dypvannet øker gjennom hele perioden fra ca. 6 °C til vel 7.5 °C, salt-holdigheten avtar fra 33.5 til 32.8 PSU og dypvannets egenvekt reduseres derved gjennom hele perioden fra 1987 til 1993.

Det er nærliggende å henvise til figur 11 som viser midlere lufttemperatur ved Blindern. Vintertemperaturene i tidsrommet 1988/89 til 1993 var gjennomgående høyere enn gjennomsnittstemperaturen 1961-90. De milde vintrene, og de klimatiske forhold som disse fremkaller, kan være en forklaring til forholdene i Bunnefjorden, dvs. at dypvannsforyelsen i Bunnefjorden har vært dårligere enn normalt, slik at den organiske belastningen får større effekt.



Figur 16. Oksygenkonsentrasjonen på 30 meters dyp i Bunnefjorden 1973-93. (Stiplet linje er middelerdi for perioden).



Figur 17. Oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp i Bunnefjorden 1973-93. (Stiplet linje er middelværdi for perioden).

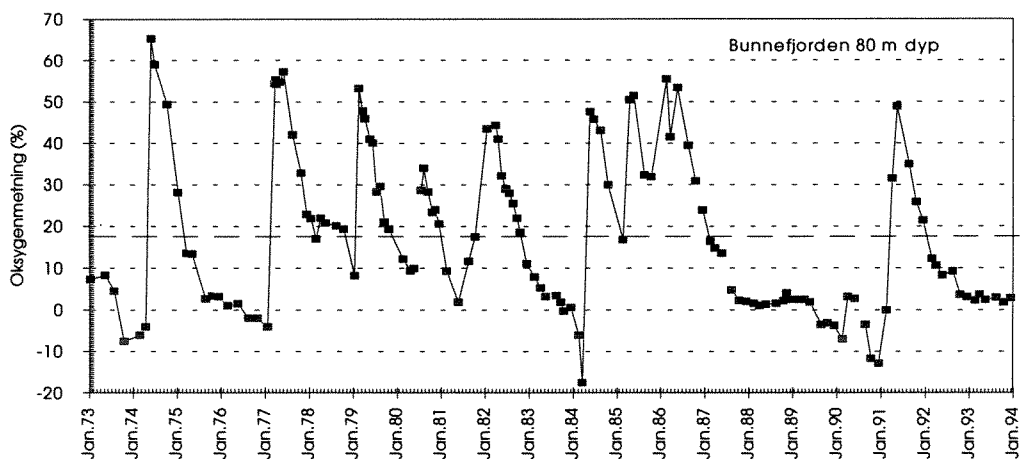
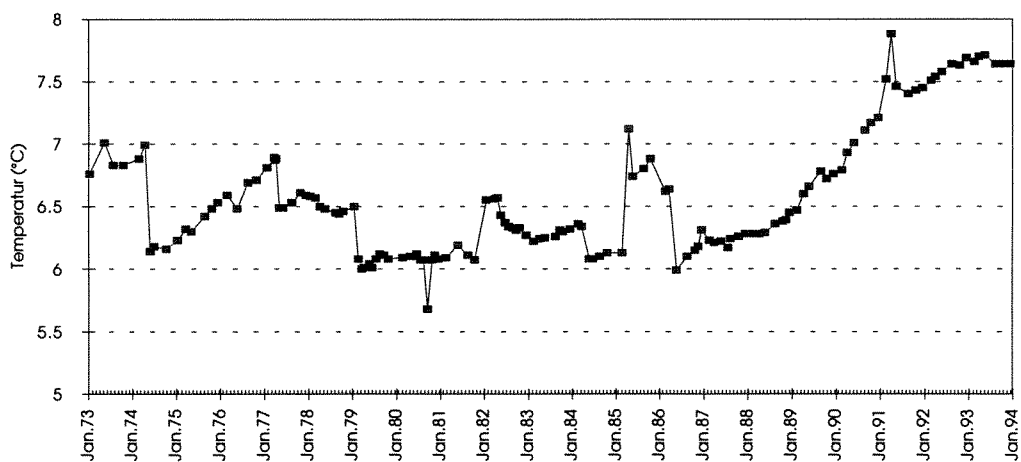
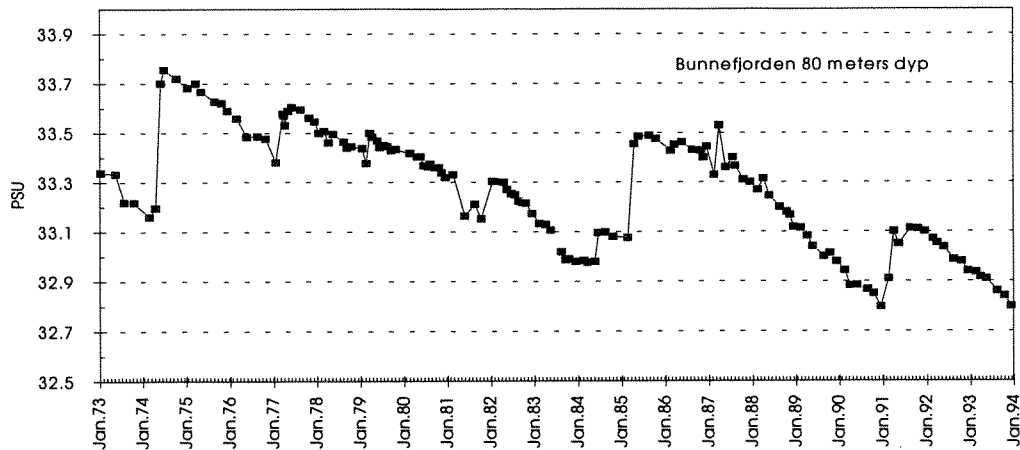


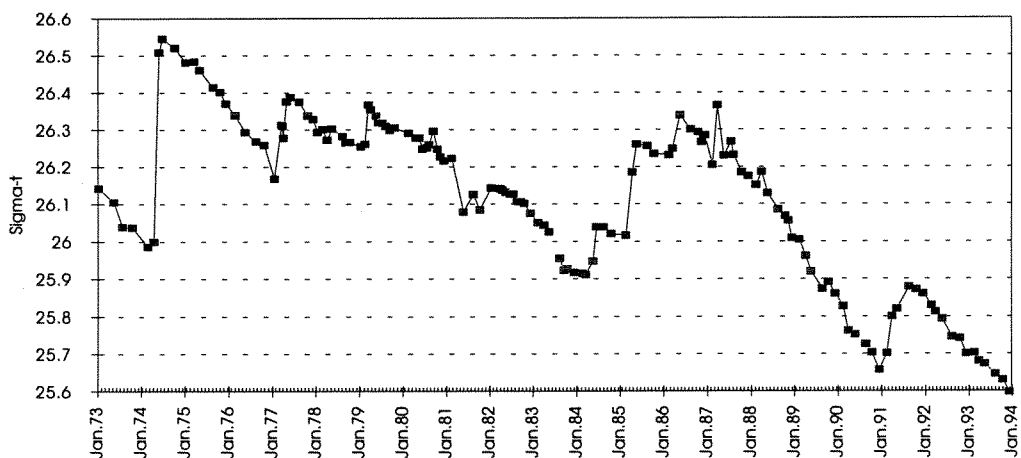
Fig 18. Oksygenmetning (%) i Bunnefjorden (80 meters dyp) 1973-93.(Stiplet linje er middelværdi for perioden).



Figur 19. Temperatur på 80 meters dyp i Bunnefjorden (Ep1) 1973-93.



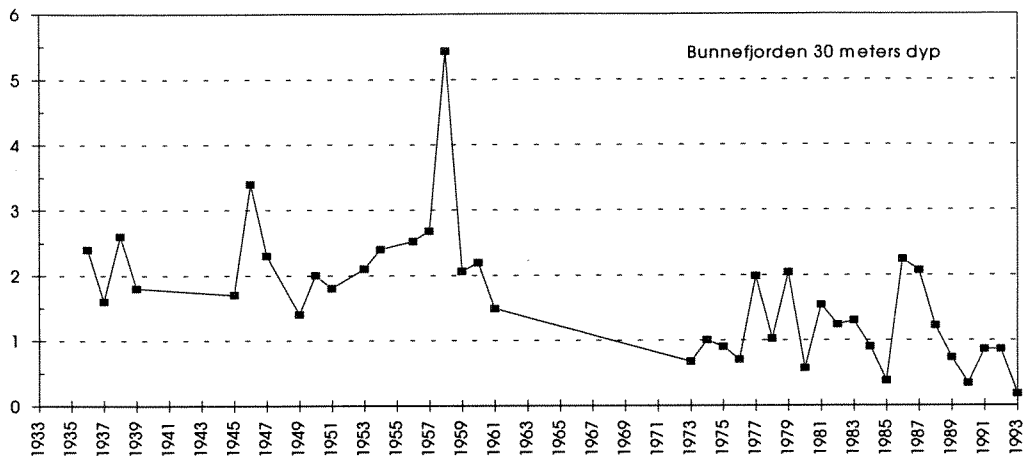
Figur 20. Saltholdighet (PSU) på 80 meters dyp i Bunnefjorden (Ep1) 1973-93.



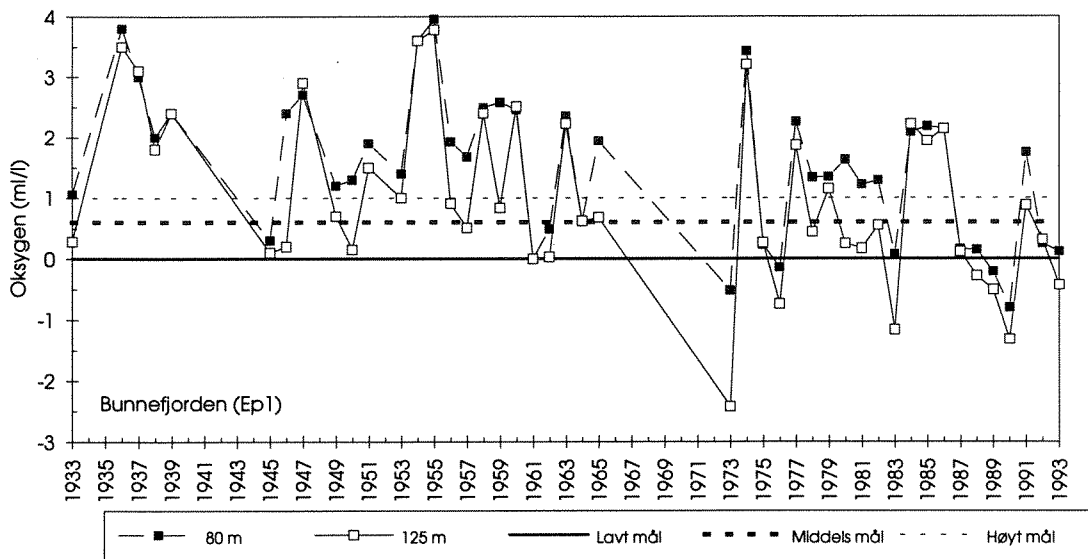
Figur 21. Egenvekt (sigma-t) på 80 meters dyp i Bunnefjorden (Ep1) 1973-93.

Utviklingen over lengre tid viser for oktober måned en negativ trend for oksygenkonsentrasjonen fra 1933-92 på 30, 80 og 125 meters dyp (figur 22 og 23). For perioden 1973-92 var den beregnede regresjonslinjen svakt positiv, men ikke signifikant, for de samme dypene (Magnusson m.fl., 1992). En regresjonsanalyse for 1973-93 viser fortsatt ikke noen signifikant utvikling, men regresjonslinjenes helning er nå gjennomgående negative. Således er oksygenkonsentrasjonen svakt nedadgående for hele perioden 1933-93, men det er ikke påvist noen ytterligere nedgang i perioden 1973-93. 1993 har dog ikke bidratt med noe positivt for oksygenutviklingen i Bunnefjorden. Oksygenreduksjonen fra mai til august og august til oktober viser ikke noen signifikant forskjell fra 1973-82 til 1983-1993, unntatt på 50 meters dyp for august til oktober, hvor oksygenreduksjonen har avtatt. På tross av oksygensituasjonen i Bunnefjorden 1993 er det således ennå ikke grunn for å konkludere annerledes enn i tidligere årsrapporter - at den negative oksygenutviklingen i Bunnefjorden synes å ha stoppet opp.

Sammenlignet med de mål som er satt opp for oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden (Baalsrud m.fl. 1986) viser figur 23 at konsentrasjonen i 1993 var omtrent lik det laveste målet for 80 meters dyp og klart lavere enn dette på 125 meters dyp. Målene er definert som konsentrasjonen om høsten over tid. Konklusjonen fra tidligere årsrapporter er derfor fortsatt gyldig, dvs. at belastningen på Bunnefjorden er for stor i relasjon til oppsatte mål.



Figur 22. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden (EP1) på 30 meters dyp i oktober måned 1973-93. Data fra Braarud og Ruud (1937), Dannevig (1945), Beyer og Føyn (1951), Havforskningsinstituttets forskningstasjon Flødevigen (1945-77) og NIVA (1963-93).



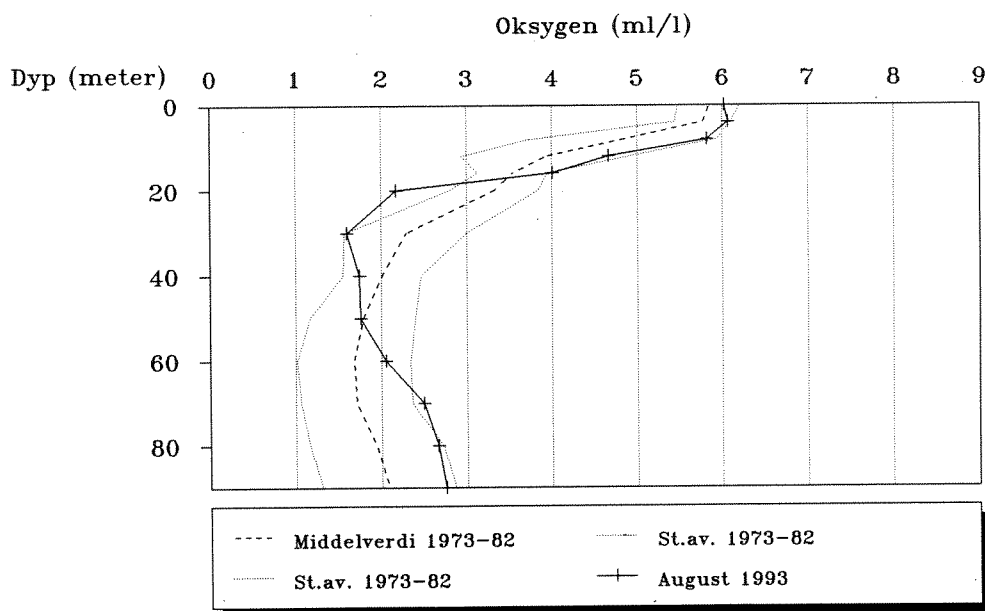
Figur 23. Oksygenkonsentrasjonen på 80 og 125 meters dyp i Bunnefjorden (EP1) oktober måned 1933 til 1993, samt tentative mål for Bunnefjorden. Data fra Braarud og Ruud (1937), Dannevig (1945), Beyer og Føyn (1951), Havforskningsinstituttets forskningstasjon Flødevigen (1945-77) og NIVA.

### Vestfjorden (Dk1)

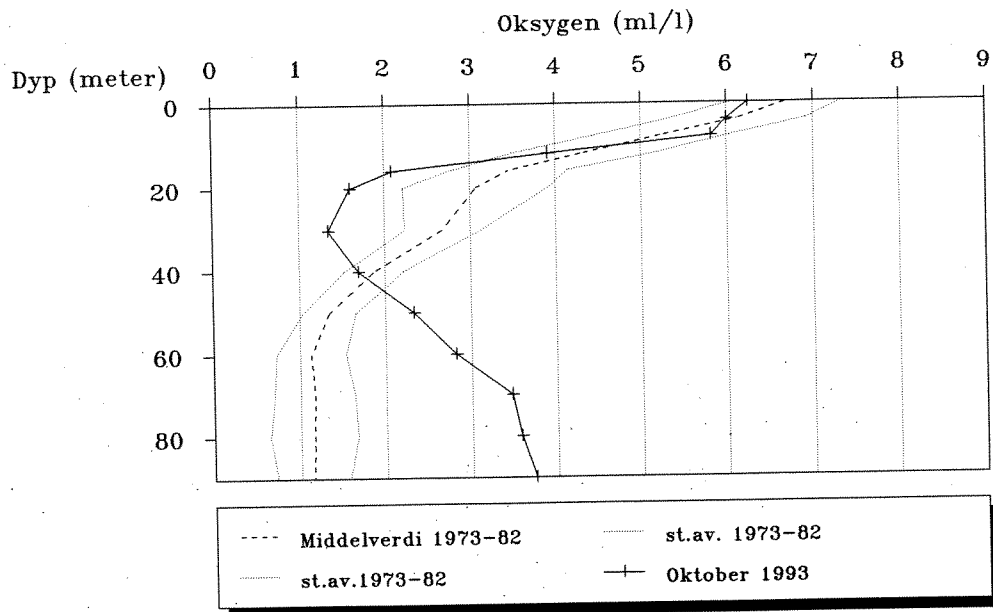
I Vestfjorden var dypvannsfornyelsen bra i 1993. Oksygenkonsentrasjonen var også høyere enn gjennomsnittet for perioden 1973-82 på høsten 1993 fra ca 60 meters dyp til bunn (figur 24 og 25) i august: Den tidlige dypvannsfornyelsen ga også høyere konsentrasjoner i oktober 1993 fra ca. 50 meters dyp til bunn. Imidlertid var konsentrasjonen lavere enn gjennomsnittlig konsentrasjon i 1973-82 på 16 til 30 meters dyp i august 1993, og på 20 til 30 meters dyp i oktober 1993.

Tidligere har årsaken til de lavere oksygenkonsentrasjonene på 20-30 meters dyp blitt tillagt utslippet av oksygenforbrukende materiale fra VEAS. I 1993 ble det også tatt observasjoner nær utslippet til VEAS. Figur 26 viser at oksygenkonsentrasjonen ved utslippet til VEAS (Ek3) ikke var vesentlig forskjellig fra oksygenkonsentrasjonen ved Steilene (Dk1). På utslipps- og innlagringsdyp var oksygenkonsentrasjonen ved VEAS utslipp noe bedre enn ved Steilene. Dette skulle kunne tyde på at VEAS-utslippet ikke er direkte skyldig i de lavere oksygenkonsentrasjonene i fjorden på dette dyp. Kunstig oksygentilførsel til utslippsvannet fra VEAS kan også ha betydning for resultatet. Imidlertid er det ikke nødvendig at oksygenforbruket forårsaket av utslippsvannet til VEAS manifesterer seg umiddelbart i nærheten. Fortsatt er det således mulig for at de lavere oksygenkonsentrasjonene på mellonivåer i Vestfjorden delvis skyldes tilførsel av oksygenforbrukende materiale fra selve utslippet.

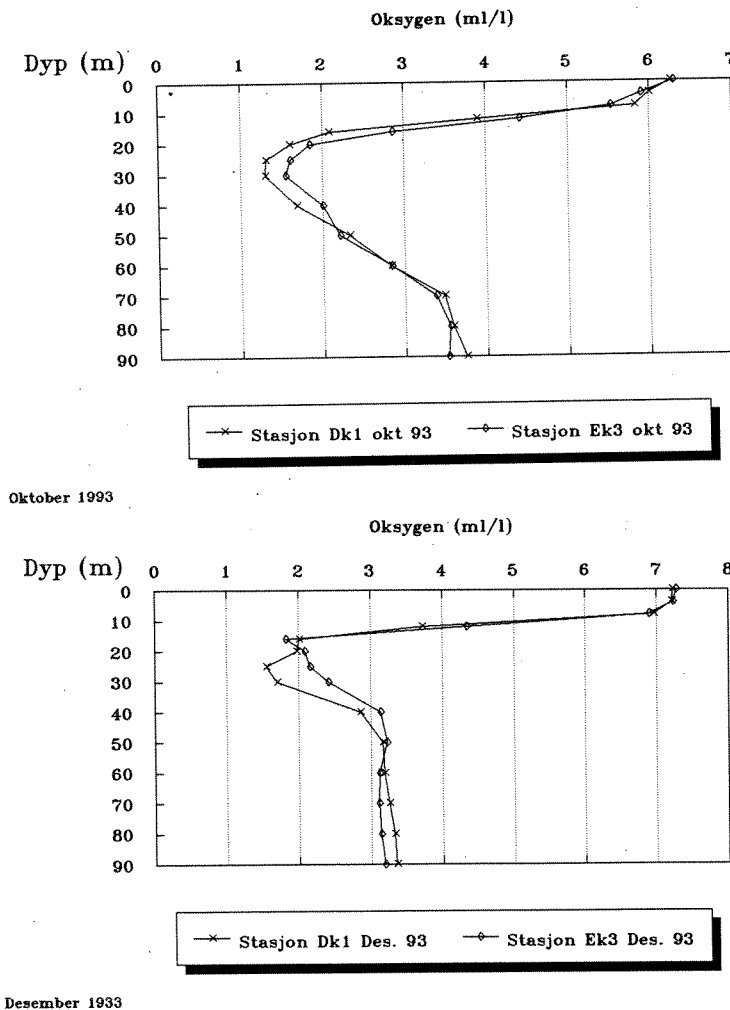
Figur 27-30 viser oksygen, temperatur, saltholdighet (PSU) og egenvekt (sigma-t) på 80 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) 1973-93. Som for Bunnefjorden (figur 21) er egenvekten fra 1989 til 1993 i Vestfjordens dypvann lavere enn tidligere, ved at temperaturen økt og saltholdigheten avtatt. Imidlertid har oksygenkonsentrasjonen de siste to årene økt (figur 27), etter et par år med lav(-ere) konsentrasjon om høsten (1990-91). Det er den bedre dypvannsfornyelsen i 1992 og 1993, samt at fornyelsen kom tidligere på høsten enn normalt, som er den direkte forklaringen til de høyere oksygenkonsentrasjonene i Vestfjorden de siste to år.



Figur 24. Oksygenkonsentrasjonen i august 1993 i Vestfjorden (Dk1) sammenlignet med gjennomsnittlig konsentrasjon i perioden 1973-82.

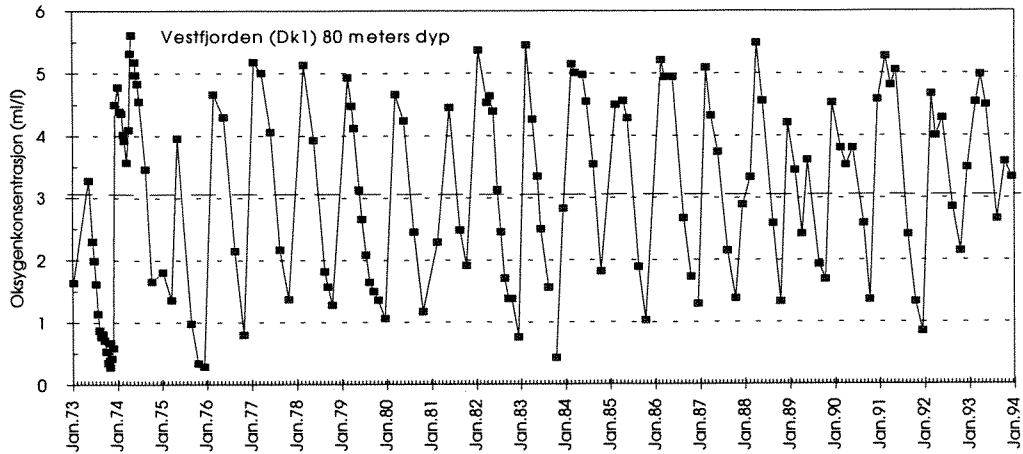


Figur 25. Oksygenkonsentrasjonen i oktober 1993 i Vestfjorden (Dk1) sammenlignet med gjennomsnittlig konsentrasjon i perioden 1973-82.

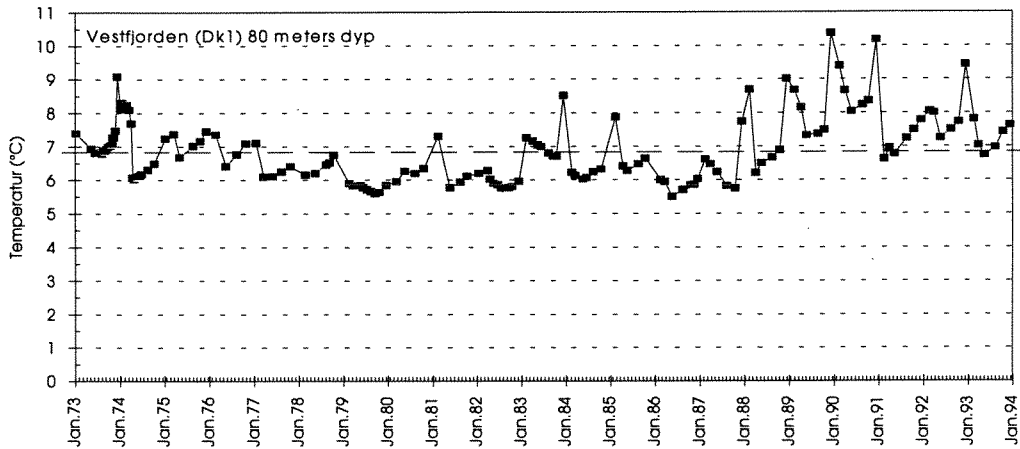


Figur 26. Oksygenkonsentrasjone i august og oktober 1993 ved utslippet til VEAS (Ek3) og ved Steilen (Dk1).

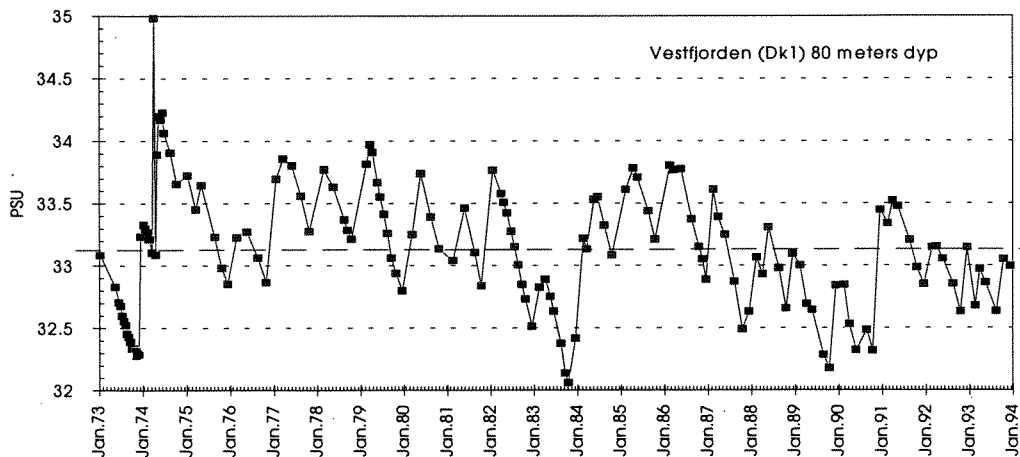




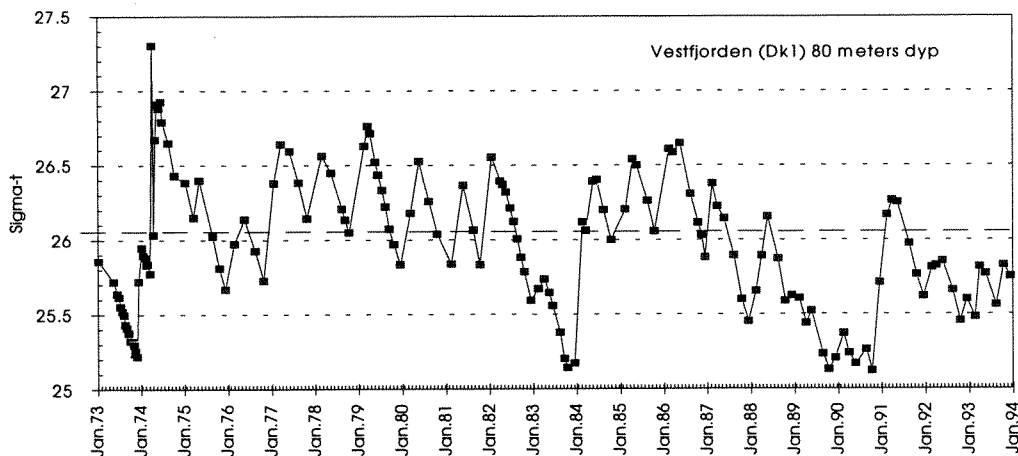
Figur 27. Oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) 1973-93. (Stiplet linje viser middelferdi for perioden).



Figur 28. Temperaturen på 80 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) 1973-93. (Stiplet linje viser middelferdi for perioden).



Figur 29. Saltholdigheten (PSU) på 80 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) 1973-92. (Stiplet linje viser middelferdi for perioden).

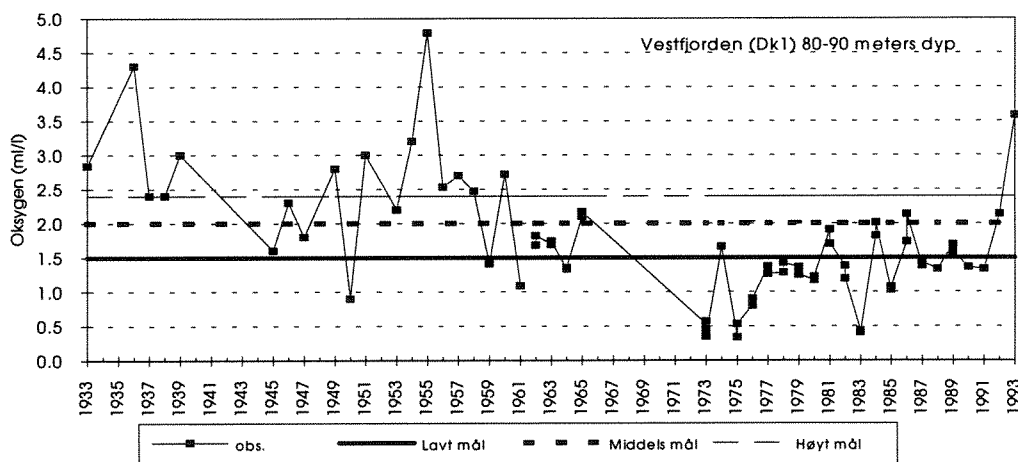


Figur 30. Egenvekten (sigma-t) på 80 meters dyp i Vestfjorden 1973-93. (Stiplet linje viser middelferdi for perioden).

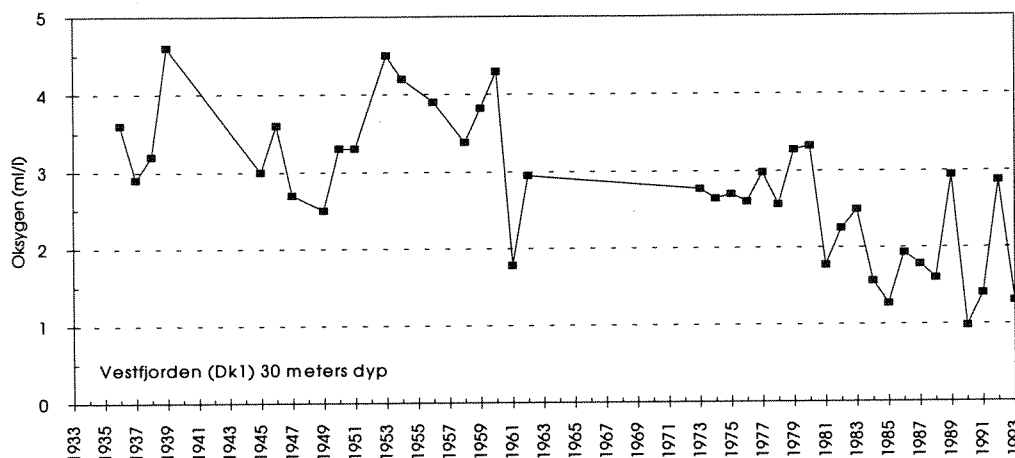
Figur 31 viser at oktoberkonsentrasjonene i Vestfjordens dypvann de senere år har vært høyere enn på 1970-tallet. Observasjonene fra 1993 endrer ikke på konklusjonene fra årsrapporten i 1992. For hele perioden 1933-93 er det en klar negativ utvikling, men for perioden 1973-93 er utviklingen svakt positiv.

På 30 meters dyp er det imidlertid kun negative trender uansett tidsperiode. Imidlertid er det observasjoner fra 1973-93 som gir størst utslag på den negative utviklingen og spesielt observasjoner etter 1981 (figur 32).

Sammenlignet med de oppsatte mål på minimumskonsentrasjoner om høsten i Vestfjorden (figur 31), var forholdene på 80-90 meters dyp i 1993 klart over den høyeste målsettingen på 2.4 ml/l. Imidlertid skyldes dette i liten grad rensetiltak.



Figur 31. Oksygenkonsentrasjonen på 80-90 meters dyp i Vestfjorden (Dk1) oktober måned 1933-93. I figuren er det også markert de ulike mål som er satt opp for oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden. Data fra Braarud og Ruud (1937), Dannevig (1945), Beyer og Føyn (1951), Havforskningsinstituttets forskningstasjon Flødevigen (1945-77) og NIVA.



Figur 32. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (DK1) på 30 meters dyp i oktober 1933-93. Data fra Braarud og Ruud (1937), Dannevig (1945), Beyer og Føyn (1951), Havforskningsinstituttets forskningstasjon Flødevigen (1945-77) og NIVA.

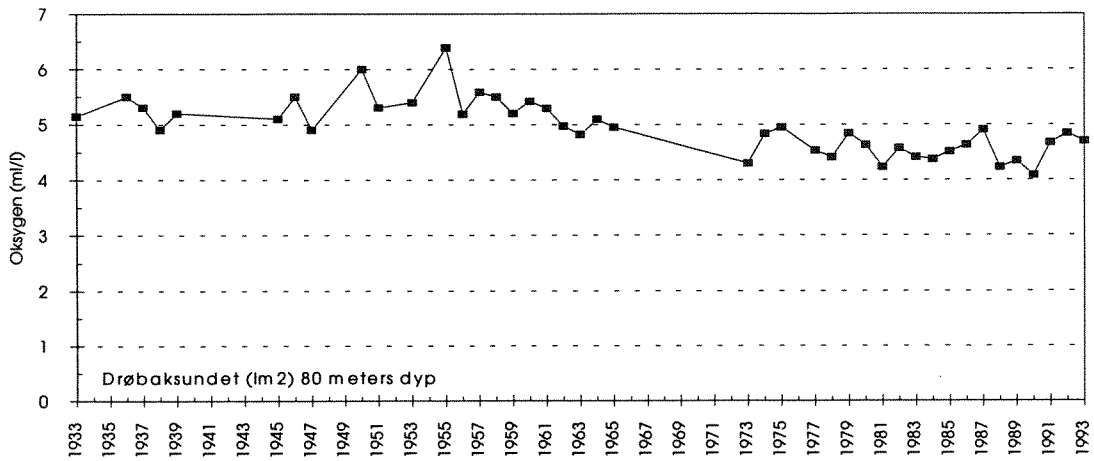
Oksygenforholdene i Vestfjordens dypvann er således inne i en positiv utvikling, sammenlignet med forholdene på 1970-tallet. Situasjonen er derimot omvendt på mellomnivåer (ca. 30 meters dyp). Fortsatt er belastningen på Vestfjorden for stor i forhold til oppsatte mål.

### Drøbaksundet (Im2)

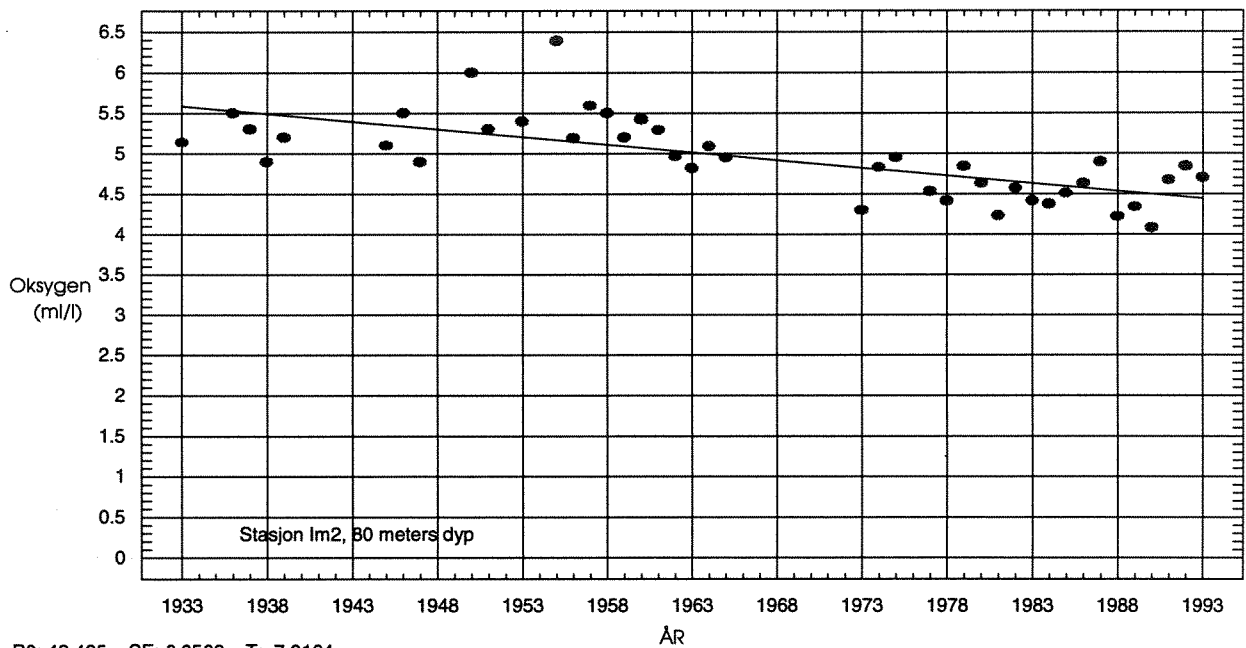
Figur 33 viser oksygenkonsentrasjonen i oktober måned fra 1933 til 1993 på 75 til 90 meters dyp. Den avtakende konsentrasjonen i perioden er tidligere vist å være signifikant negativ (Magnusson 1990), og en ny analyse som også inkluderer observasjoner fra 1991-93 viser at gjennomsnittskonsentrasjonen er signifikant lavere i 1973-93 sammenlignet med 1933-65 (T-test på 95%-nivå). En regresjonsanalyse er vist for samme materiale i figur 34. Linjens helning er signifikant negativ.

Det er påvist at utviklingen i ytre Oslofjord også går mot mer eutrofe forhold (Baalsrud og Magnusson 1990). Sett ut fra indre Oslofjord gir lavere oksygenkonsentrasjoner på vannmassene i Drøbaksundet om høsten og vinteren en økt risiko for dårligere oksygentilførsler til indre Oslofjord ved dypvannsfornyelsene. I oktober 1992 var oksygenkonsentrasjonen på det innstrømmende vannet ca. 4,6-5,0 ml/l, men ble høyere ved de senere dypvannsfornyelsene. Figur 35 viser at oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet oktober 1993 var bedre enn gjennomsnittet for perioden 1973-87 for vannmassene mellom 40 meters dyp og bunn, men at de var klart lavere mellom 8 til 20 meters dyp.

Oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet synes nå å ha stabilisert seg på et lavere nivå enn i 1930-60. På tross av at konsentrasjonsnivået i seg ikke vil ha store innvirkninger på Drøbaksundets miljø, er konsekvensene for indre Oslofjord alvorlige, liksom for andre delvis innelukkede områder som sogner til sundet, og som er avhengig av gode oksygenforhold i Drøbaksundet.

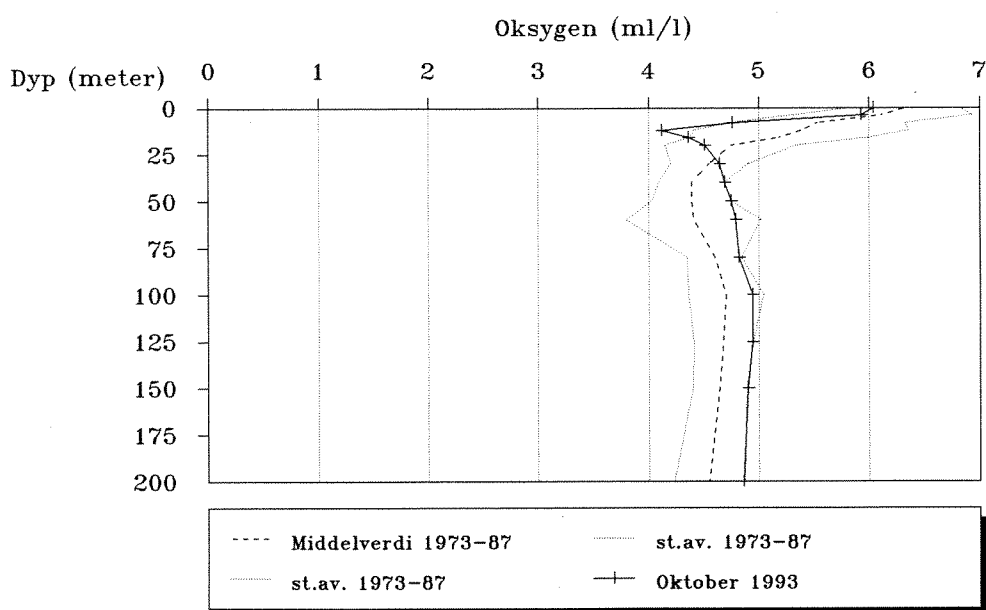


Figur 33. Oksygenkonsentrasjonen i Drøbaksundet (Im2) oktober måned 1933 til 1993 på 75-90 meters dyp. Data fra Braarud og Ruud 1937, Dannevig 1945, Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen (1945-77) og NIVA.



B0: 42.495 SE: 6.0566 T: 7.0164  
 B1: -0.019094 SE: 0.0030794 T: -6.2005  
 CORR: -0.70007 MSE: 0.12724 DF: 40

Figur 34. Oksygenutviklingen 1933-93 i Drøbaksundet på 80 meters dyp.



Figur 35. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Drøbaksundet (IM2) oktober 1993, sammenlignet med gjennomsnittlige konsentrasjoner oktober 1973-87.

### 3.4. Overflatelagets vannkvalitet.

#### 3.4.1. Næringssalter og tilstanden i overflatevannet sommeren 1993.

I 1993 ble det innsamlet næringssalter fra overflatevannet på noen stasjoner i indre Oslofjord vinteren og sommeren 1993. Hensikten med å analysere på næringssalter i fjordens overflatevann er å få kartlagt situasjonen i fjorden før nitrogenrensing blir gjennomført (forundersøkelse). Observasjonene vil fortsette i kommende år. Foreløpig er her gitt en innledende presentasjon av sommerobservasjoner, satt opp mot den nye klassifiseringen av miljøtilstand i fjorder fra SFT (Rygg og Thélin 1993).

Tabell 4 viser middelerdi av de ulike næringssaltene, siktedyp og klorofyll- $a$  fra 11-12 observasjoner i perioden mai til august 1993 og i tabell 5 er middelerdiene erstattet med SFTs tilstandsklassifisering.

Tabell 5 viser at det er de Oslo-nære områdene (Oslo havnebasseng og Bekkelagsbassenget) som har den gjennomgående dårligste tilstanden, fulgt av Bærumsbassenget, Bunnefjorden og Lysakerfjorden. Den beste tilstanden ble funnet i Vestfjorden. Det er også klart at det er for mye nitrogen i deler av fjorden, spesielt enkelttilfeller med høye ammoniumkonsentrasjoner (noen i samband med stor nedbør). Ut fra sommerobservasjonene skulle fosfor-konsentrasjonene være tilfredsstillende. Men det gjenstår å få flere observasjoner vinterstid, for å kunne gjøre en bedre bedømmelse av tilstanden i fjordens overflatevann.

Tabell 4. Middelerdi for næringsalter og klorofyll-a (overflatevann) og siktedyp fra indre Oslofjord juni til august 1993 (11-12 observasjoner).

| Stasjon | Område         | Siktedyp (m) | Klorofyll-a ( $\mu\text{g/l}$ ) | Tot-P ( $\mu\text{g/l}$ ) | PO <sub>4</sub> -P ( $\mu\text{g/l}$ ) | Tot-N ( $\mu\text{g/l}$ ) | NO <sub>3</sub> -N ( $\mu\text{g/l}$ ) | NH <sub>4</sub> -N ( $\mu\text{g/l}$ ) |
|---------|----------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|--|--|
| Ap2     | Havne-basseng  | 4.1          | 3.6                             | 13.9                      | 2.5                                    | 388                       | 11                                     | 158                                    |
| Cq1     | Bekkelags-bass | 4.0          | 3.7                             | 13.1                      | 1.9                                    | 304                       | 8                                      | 54                                     |
| Bl4     | Bærums-basseng | 4.4          | 2.3                             | 11.8                      | 1.8                                    | 256                       | 12                                     | 14                                     |
| Bn1     | Lysakerfj      | 4.8          | 2.6                             | 11.4                      | 2.3                                    | 325                       | 3.6                                    | 60                                     |
| Ep1     | Bunnefj        | 5.3          | 2.3                             | 9.6                       | 1.3                                    | 264                       | 3.6                                    | 36                                     |
| Dk1     | Vestfj         | 6.1          | 1.6                             | 10.6                      | 1.8                                    | 208                       | 2.7                                    | 14                                     |

Tabell 5. Klassifisering av tilstand etter SFTs klassifiseringsystem for fjorder. Det finnes totalt 5 klasser: I= god, II=mindre god, III= nokså dårlig, IV= dårlig, V= meget dårlig.

| Stasjon | Område            | Siktedyp | Klorofyll-a | Tot-P | PO <sub>4</sub> -P | Tot-N | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N |
|---------|-------------------|----------|-------------|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|
| Ap2     | Havne-basseng     | IV       | III         | II    | I                  | III   | I                  | III                |
| Cq1     | Bekkelags-basseng | IV       | III         | II    | I                  | II    | I                  | III                |
| Bl4     | Bærums-basseng    | III      | II          | I     | I                  | II    | II                 | I                  |
| Bn1     | Lysakerfj.        | III      | II          | I     | I                  | II    | I                  | III                |
| Ep1     | Bunnefj.          | III      | II          | I     | I                  | II    | I                  | II                 |
| Dk1     | Vestfj.           | III      | I           | I     | I                  | I     | I                  | I                  |

### 3.4.2. Siktedyp og planteplanktonbiomasse (klorofyll-a).

Siktedypet gir informasjon om overflatevannets gjennomskinnelighet, dvs. om det er mye eller lite partikler i vannet. Lavt siktedyp i indre Oslofjord betyr normalt at det er mye planteplankton i overflatelaget, unntatt nær elveutløp eller når kraftig regnvær tilfører fjorden leirpartikler fra land.

En økning av siktedypet over tid vil bety en forbedring av indre Oslofjords vannkvalitet, dvs. mindre planteplanktonbiomasse i overflatelaget og/eller mindre transport av partikler fra land til fjorden. Ettersom det er store naturlige variasjoner i indre Oslofjord fra år til år, er en analyse av siktedypets utvikling kun meningsfylt på lengre sikt.

For indre Oslofjord foreligger siktedypsobservasjoner fra 1962-65 (Oslofjordprosjektet) og deretter 1973-90, hvori to perioder med hyppige observasjoner sommerstid (1981-83 og 1988-91). Det er således store variasjoner i observasjonsfrekvensen gjennom årene. Store naturlige variasjoner gjør det spesielt vanskelig å bedømme en utvikling, hvis flertallet av observasjonene er tatt i spesielt bra eller dårlige år.

Valg av perioder for en sammenligning av observasjoner fra ulike tidsrom er i første rekke gjort med tanke på at antall observasjoner er rimelig fordelt i de ulike periodene. For

observasjoner etter 1973 er oppdelingen i stort sett sammenfallende i tid med før og etter utbygningen av rens tiltak, som kulminerte med at Sentralrenseanlegg Vest ble tatt i drift sommeren 1982 (full drift i 1983).

I årsrapport for 1989-90 ble det gjort en sammenlikning av siktedyp i juni/juli for 1962-65, 1973-82 og 1983-90 (Magnusson m.fl. 1991). Denne analysen viste at siktedypet var størst i perioden 1983-90. I enkelte områder var siktedypet litt dårligere eller uforandret ved en sammenlikning mellom 1962-65 og 1973-82. Overflatevannets vannkvalitet bedømt ut fra siktedyp har således blitt bedre i 1983-90 relativt forholdene 1962-65 og 1973-82.

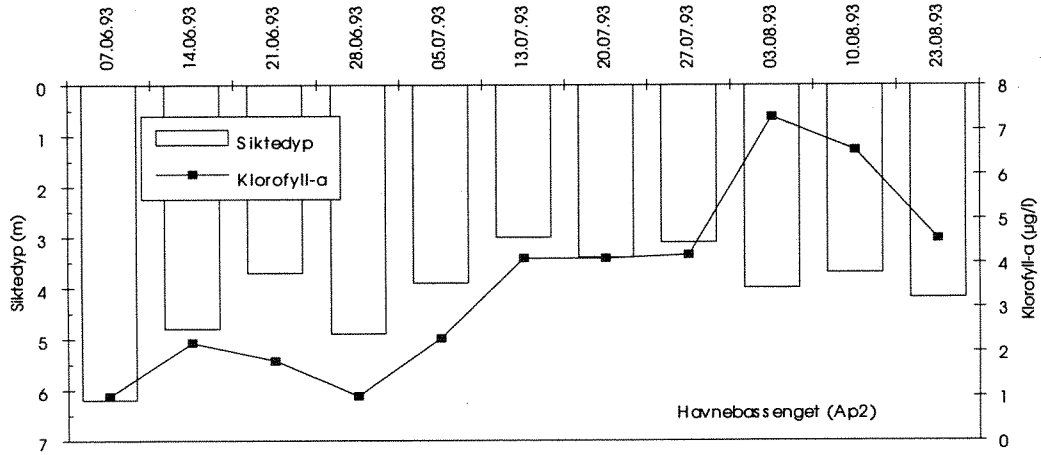
Figur 36 - 41 viser observasjoner av siktedyp og klorofyll-*a* (et mål for planteplanktonbiomasse) fra Havnebassenget (Ap2) Bærumbassenget (Bl4), Bekkelagsbassenget (Cq1), Bunnefjorden (Ep1), Lysakerfjorden (Bn1) og Vestfjorden (Dk1) juni til august 1993. Siktedypet var størst begynnelsen av juni samtidig med at planteplanktonbiomassen (klorofyll-*a*) var minst. Utøver sommeren avtar siktedypet og planteplanktonbiomassen øker frem til midten av august.

Dårligere siktedyp og en økning i planteplanktonbiomasse i juli og august sammenfaller med en økning i nedbøren disse månedene, som i 1993 var større enn normalt ( figur 42). Økt tilførsel av plantenæringsstoffer og partikler fra elvene i fjorden kan således forklare variasjonen gjennom sommeren 1993.

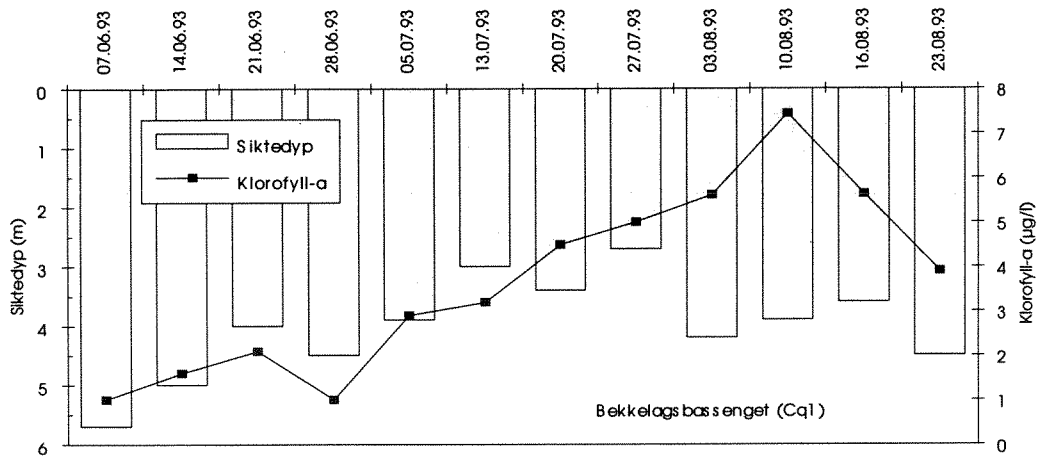
Gjennomsnittet av siktedyp og klorofyll-*a* for de ulike stasjonene i indre Oslofjord er vist for tidsrommet juni-august 1993 i figur 43. Siktedypet var størst og planteplanktonbiomassen (klorofyll-*a*) var minst i de sentrale deler av fjorden. Stasjon Ej1, som ligger på utslippstedet til VEAS, viser ikke noen forskjell fra de andre stasjonene i Vestfjorden (Dk1 og Dk3). De dårligste siktedypen ble registrert i bassengene, men her skiller seg havnebassenget og Bekkelagsbassenget fra Bærumbassenget med større mengder planteplankton. De relative forskjellene mellom stasjonene i indre Oslofjord i 1993 var som i 1992 (Magnusson m.fl. 1993).

Figur 44 og 45 viser gjennomsnittlig siktedyp og klorofyll-*a* (0-2m) i juni-august 1973-82 og 1983-90, samt gjennomsnittet for 1991, 1992 og 1993. Resultatene fra 1993 er omtrent like gode som i 1992 for havnebassenget, Bærumbassenget og Vestfjorden, men dårligere for øvrige deler av fjorden (Bekklagsbassenget, Bunnefjorden og Lysakerfjorden). Sammenlignet med tidligere observasjoner fra 1973-82 vil dog resultatene fra 1993 forsterke de positive trender som tidligere er beregnet (Magnusson m.fl. 1991).

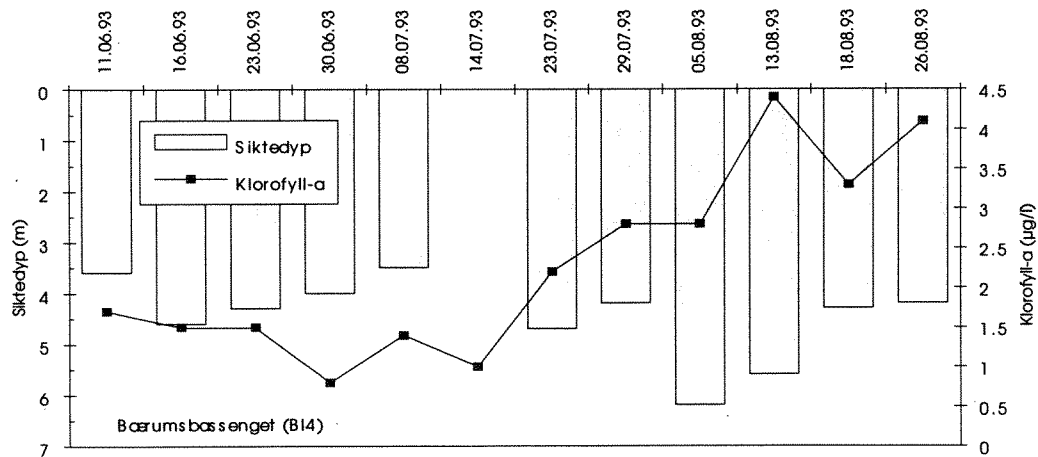
Forbedringen i siktedyp og de lavere konsentrasjonene av klorofyll-*a* de siste to årene kan sannsynligvis ikke bare tilskrives rens tiltakene i fjorden, men også gunstige klimatiske forhold. Lite nedbør i 1991 og deler av 1992, samt i juni 1993 synes å gi mindre planteplanktonbiomasse og mindre tilførsel av andre partikler til fjorden.



Figur 36. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Havnebasenget i 1993.

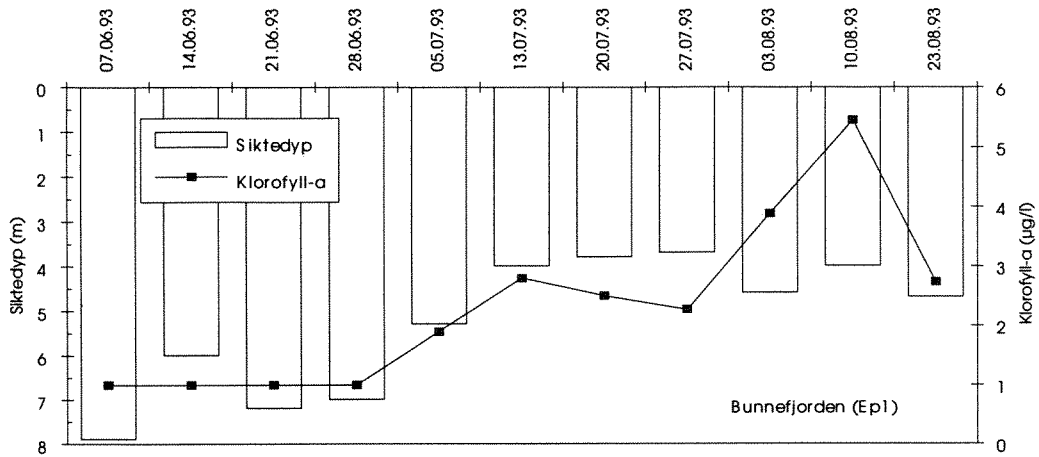


Figur 37. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Bekkelagsbasenget i 1993.

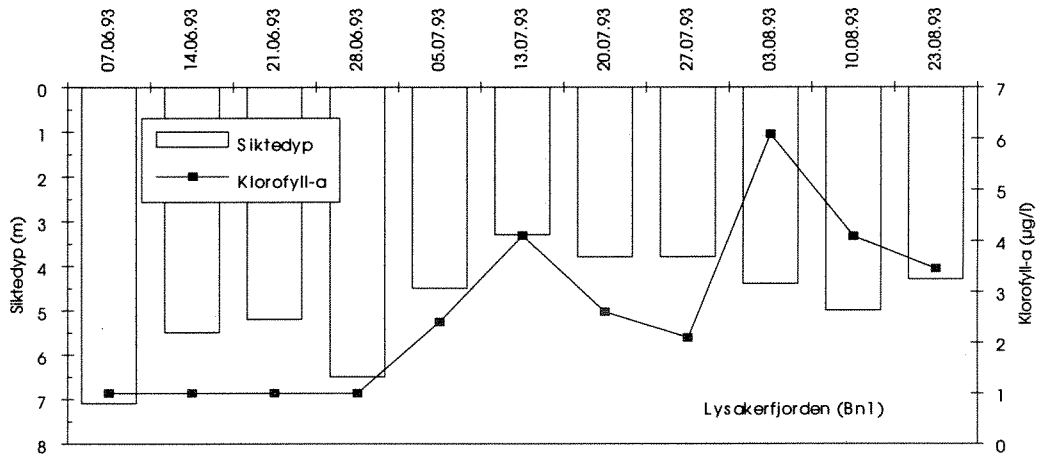


Figur 38. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Bærumsbasenget i 1993.

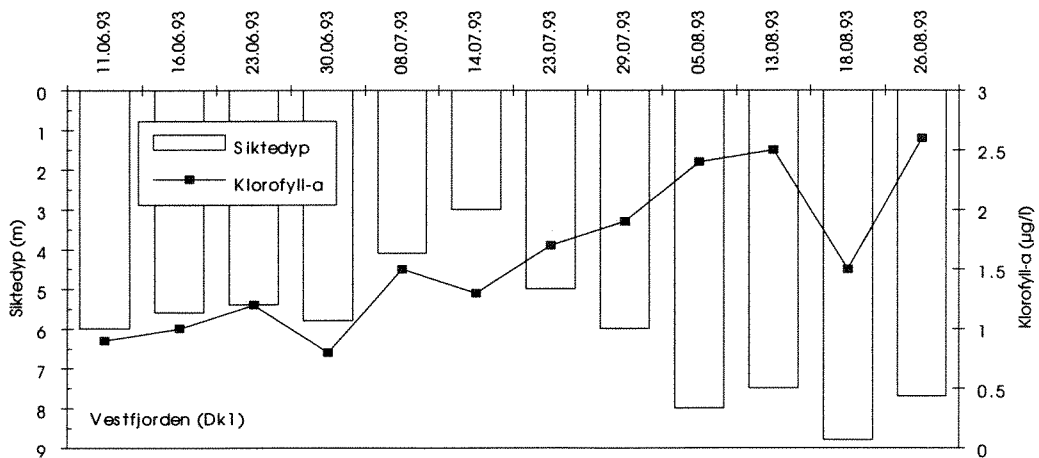




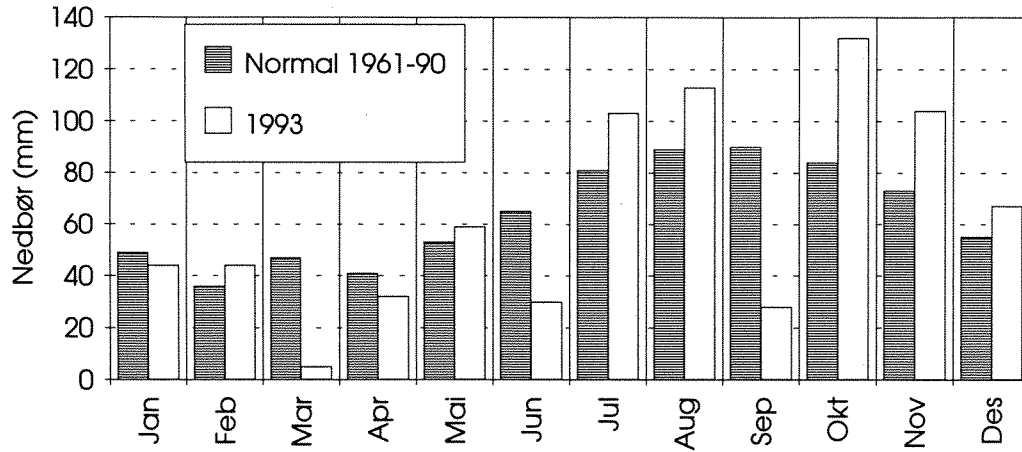
Figur 39. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Bunnefjorden i 1993.



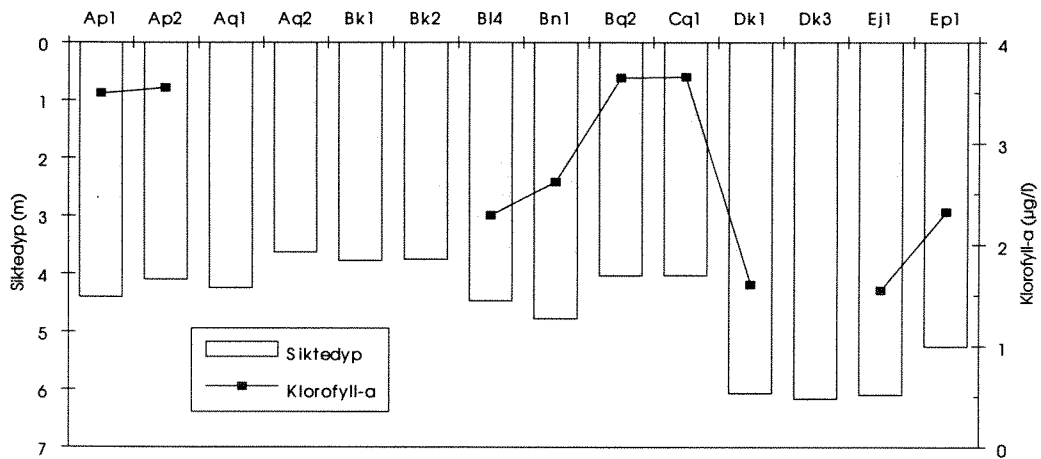
Figur 40. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Lysakerfjorden i 1993.



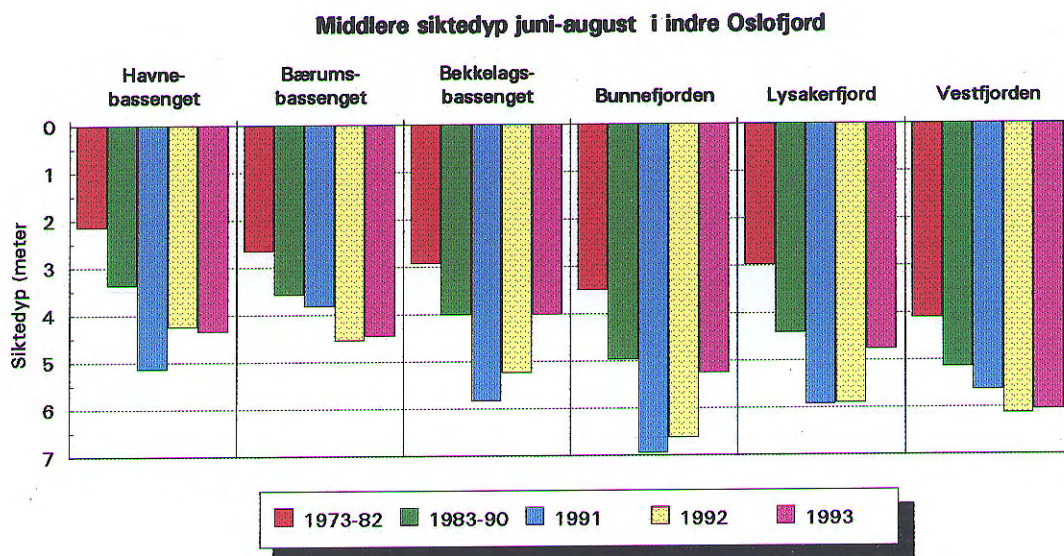
Figur 41. Siktedyb og klorofyll-a (0-2m) i Vestfjorden i 1993.



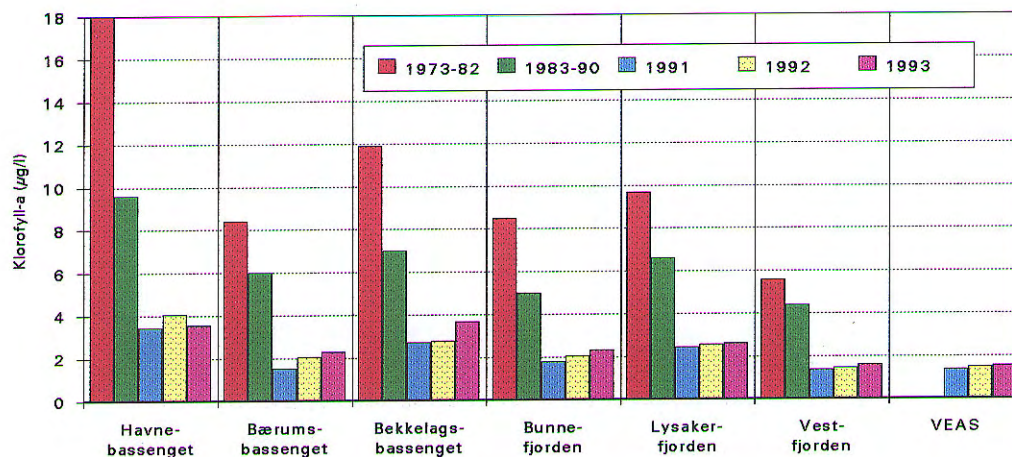
Figur 42. Nedbør (mm), Blindern (Oslo) 1993, sammenlignet med normalen 1961-90. Data fra Meteorologisk Institutt.



Figur 43. Siktedyp (meter) i ulike områder i indre Oslofjord sommeren 1993. (Gjennomsnitt for stasjoner i området (se fig. 3)).



Figur 44. Gjennomsnittlig siktedyp juni til august 1991, 1992, og 1993 sammenlignet med gjennomsnittet periodene 1973-82 og 1983-90.



Figur 45. Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll-a ( $\mu\text{g/l}$ ) 0-2 meters dyp på ulike stasjoner i indre Oslofjord juni-august 1973-82, 1983-90 og 1991-1993.

### 3.4.3. Planteplanktonet i 1993.

Fra Vestfjordens stasjon Dk1 ble det fra 1993-sesongen gjort kvantitative planteplanktonanalyser av 17 integrerte vannprøver fra 0-2 meter. I tillegg ble det gjort en kvalitativ analyse av 5 prøver (håvtrekk). Innsamlingsperioden strakk seg fra februar til oktober og med omtrent ukentlige prøvetakninger fra midten av mai til slutten av august slik at algeutviklingen i sommerperioden er mye bedre dekket enn vår- og høstsituasjonen.

I slutten av februar var algebiomassen lav og planktonet var dominert av små flagellater og som i 1992, var dinoflagellaten *Katodinium rotundatum* den mest framtreddende arten biomassemessig.

1. april var mengden små flagellater betydelig redusert, mens den kvantitative algeprøven inneholdt en del store nakne dinoflagellater. Håvtrekket var imidlertid helt dominert av dinoflagellatslekten *Dinophysis* og mest tallrike var artene *D. norvegica* og *D. acuminata*. Denne slekten inneholder arter som produserer giftstoffet DSP (Diarrheic Shellfish Poisoning) og som blir akkumulert i dyr som lever av å filtrere partikler ut fra vannmassene slik som f.eks. blåskjell. Hvis mennesker spiser blåskjell som har akkumulert DSP, får de sterk diare, magesmerter, kvalme, oppkast og generelt nedsatt allmenntilstand. Denne giften er ikke dødelig, men gir store smerter og ubehag, gjerne i 3-4 dager, hos de som blir rammet.

I midten av mai var det en kraftig blomstring av kiselalgen *Skeletonema costatum* (16,5 millioner celler pr. liter). Algemengden var relativt høy, men cellene var i dårlig forfatning med lite celleinnhold og for det meste enkeltceller. Vanligvis danner denne algen lange fine kjeder når vekstforholdene er gode. På bakgrunn av algens forfatning kan en anta at prøven er tatt sent i blomstringsperioden. Også den kvalitative prøven var dominert av *Skeletonema*, men den inneholdt også en del *Dinophysis* med *D. norvegica* som den mest framtreddende arten. Den mest tallrike dinoflagellaten var imidlertid *Prorocentrum balticum*.

I begynnelsen av juni var planktonet dominert av små flagellater med arter innen algeklassen Cryptophyceae (cryptophyceer) som de mest dominerende i siste halvdel av måneden. Som i 1992 startet kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* sin blomstring i slutten av juni. Denne algen som gir vannet en blakket grønnfarge, forekommer ofte i store konsentrasjoner om sommeren langs norskekysten. Av andre alger kan nevnes at dinoflagellaten *Ceratium fusus* i hele måneden forekom med celledtall mellom 1,0 og 3,2 tusen celler pr. liter, og siden dette er en relativt stor alge, gir den et betydelig bidrag til det totale algebiomassevolum.

Videre utover i juli økte *Emiliana* både i celledtall til 15,5 millioner pr. liter midt i måneden. 23. juli var celledtallet redusert til 13 millioner celler pr. liter, og algen var dekket av flere lag med coccolitther (kalkplater). Dette er et tegn på at algen er i slutfasen av sin blomstring, og dette viste seg å være riktig fordi en uke senere var *Emiliana* nesten borte fra vannmassene.

Håvtrekk fra 22. juli inneholdt både dinoflagellater og kiselalger. Blant kiselalgene var det slektene *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia* og *Skeletonema* som var dominerende, mens det blant dinoflagellatene var en klar dominans av ceratier og *Dinophysis*. Den integrerte kvantitative vannprøven fra 0-2 meter fra denne datoen inneholdt ikke kiselalger. Dette viser at enten var distribusjonen av kiselalger svært flekkvis eller så forekom kiselalgene dypere enn 2 meter og at håvtrekket har innbefattet dypere liggende vannmasser. Hvis det siste var tilfellet, vil det si at det

iallfall tidvis er sjiktninger i algedistribusjonen slik at integrert vannprøve fra 0-2 meter ikke gir et representativt bilde av algeforekomstene i indre Oslofjord.

Utover i august ble algemengden redusert. Det mest framtreddende var at artsdiversiteten blant dinoflagellatene økte. Dessuten starten *Emiliania* en ny blomstring, som i slutten av august viste nesten 5 millioner celler pr. liter. Biomassemessig bidro på denne tiden den relativt store dinoflagellaten *Prorocentrum micans* betydelig med ca. 57.000 celler pr. liter. Dette var også den helt dominerende arten i håvtrekk fra 16. august som forøvrig inneholdt en betydelig andel *Dinophysis*.

Prøven fra oktober inneholdt generelt sett lite alger. *D. acuta* og *D. norvegica* som begge er DSP-producenter, forekom med tilsammen 4.500 celler pr. liter. Dette er så høye konsentrasjoner at blåskjell i området med stor sannsynlighet inneholdt DSP langt over den faregrense som Statens næringsmiddeltilsyn setter. Disse artene var også svært framtreddende i håvtrekket sammen med ceratier hvor *Ceratium furca* var den mest tallrike.

#### 4. Litteratur

- Baalsrud, K., Lystad, J. og Vråle, L., 1986: Vurdering av Oslofjorden. Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 1922).
- Baalsrud, K. og Magnusson, J., 1990: Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord 1989. Hovedrapport. Universitetet i Oslo, Det norske Veritas, Norsk institutt for vannforskning. Overvåkingsrapport nr 427/90 i Statlig program for forurensningsovervåking.
- Beyer, F., 1967: Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord i 1938 og 1962-65. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. delrapport 12. Norsk institutt for vannforskning.
- Beyer, F. og Føyn, E., 1951: Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens dyrebestand. *Naturen* 75 (10).
- Bergstøl, P.O., Feldborg, D. og Olsen, J.G., 1981: indre Oslofjord. Forurensningstilførsler 1920-80. Tilførsler av fosfor. Norsk institutt for vannforskning (0-7808403).
- Bokn, T., 1979: Bruk av tang som overvåkingsparameter i en næringsrik fjord. I: Overvåking av vattenområdet. 15. Nordiska symposiet om Vattenforskning. NORDFORSK, Miljøvårds sekr. publ. 1979,2: 181-200.
- Bokn, T., Kirkerud, L., Krogh, T., Nilsen, G. og Magnusson, J., 1977: Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-76. Norsk institutt for vannforskning.
- Braarud, T. & J.T. Ruud, 1937: The hydrographic conditions and aeration of the Oslofjord 1933-34. *Hvalr. Skr.*, 15.
- Dannevig, A., 1945: Undersøkelser i Oslofjorden 1936-50. Fiskeridirektoratets skrifter s. havundersøkelser. Vol. No. 4.

- Green, Norman., og Knutzen, Jon., 1993: Miljøgiftundersøkelse i indre Oslofjord. Delrapport nr. 2. Miljøgifter i organismer 1992. Norsk institutt for vannforskning.
- Holtan G., 1990: Studier av eldre data. Teoretisk beregning av næringsstiltforsler til ytre Oslofjord omkring 1910. Delrapport 4.4.a. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapp.nr. 398/90. NIVA-rapport l.nr. 2381.
- Konieczny, R.M.,1992: Kartlegging og vurdering av forurensnings situasjonen i bunnsediment fra Oslo havne basseng. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2696.
- Magnusson,J., 1990: Kystområder: fysiske forhold. I: Klimaendringer - effekter på akvatisk miljø. bidrag til den interdepartementale klimautredningen. Red: R. Gulbrandsen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport nr. 2383.
- Magnusson ,Jan ., 1990: Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord 1989. Studier av eldre data. Vurdering av oseanografiske forhold. Statlig program for forurensningsovervåking (420/90). Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 2495).
- Magnusson,Jan., Bokn,Tor. og G.Larsen 1991: Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord i 1989/90. Norsk institutt for vannforskning (l.nr. 2581).
- Magnusson, Jan., Bokn, Tor., Moy, Frithjof., Pedersen, Are., Larsen,Gunnar., 1992: Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1991. Norsk institutt for vannforskning. (l.nr. 2722).
- Magnusson,J. og Johnsen, Torbjørn., 1993: Overvåking av forurensnings situasjonen i indre Oslofjord 1992. Norsk institutt for vannforskning. (l.nr. 2890).
- Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen 1973-77: Toktrapper. PTK. Dahl, E., Ellingsen, E., Tveite; S., m.fl.
- Rygg,B. og Thélin,I 1993: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Kortversjon. Statens forurensningstilsyn. SFT-veiledning nr. 92:02.

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2532-3