

# Forurensningssituasjonen i nedre del av Skiensvassdraget og Grenlandsfjordene

Oversikt over utførte undersøkelser, vannutskiftning og vannkvalitet.

Av Jarle Molvær

Jarle Molvær er cand. real. fra 1973 med hovedfag fysisk oseanografi.

Han er ansatt som forsker ved NIVA's fjordseksjon.

*Innlegg ved Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene, 1. juni 1978.*

## Innledning.

I løpet av de siste 10—12 år har forurensningssituasjonen i Grenlandsfjordene blitt viet stadig større oppmerksomhet, og forskjellige institusjoner har gjennomført en rekke undersøkelser som bl.a. har vist behovet for reduksjon av de forskjellige typer forurensende utslipp. I 1968 begynte således veterinærmyndighetene sine årlige undersøkelser av kvikksølv i torsk, som viste at fisk i Frierfjorden og Eidangerfjorden inneholdt relativt mye kvikksølv (Underdal 1970). Sommerstid ble det flere år registrert store oppblomstringer av planteplankton i vannmassene, og en undersøkelse av NIVA i 1971/72 (NIVA 1973) konstaterte at dette skyldes store utslipp av fosfor- og nitrogenforbindelser til Frierfjorden og at disse i store deler av året også stimulerte planteplanktonproduksjonen utenfor Brevik.

Ved årsskiftet 1972/73 ble det innført fangstforbud for brisling i Grenlandsfjordene p.g.a. ubehagelig lukt og smak på råstoffet.

Etter oppdrag fra Fylkesmannen i Telemark utførte så NIVA i tidsrommet mars 1974 — februar 1977 en omfattende undersøkelse av forurensningssituasjonen i Skienselva og Grenlandsfjordene. Bakgrunnen for undersøkelsene var forvaltningsmyndighetenes behov for en oversikt over de forskjellige sider ved forurensningssituasjonen i fjordområdene, dels med sikte på iverksettelse av rensetiltak for å forbedre forholdene, og dels med sikte på den fremtidige utnyttelse av fjordområdene til resipientformål.

Innholdet av undersøkelsen kan kort beskrives som følger:

1. Kartlegging og kvantifisering av forurensende utslipp til Skienselva og fjordområdene.
2. Undersøkelser av:
  - Utslippenes fortykning, spredning og oppholdstid i fjordene og i Skienselva.
  - Bunnsedimentenes innhold av bl.a. organisk stoff og miljøgifter.
  - Biologiske forhold, spesielt av strandvegetasjon og bløtbunnsfauna.
  - Miljøgifter i fisk og andre organismer.

Denne 3-års-undersøkelsen blir nå etterfulgt av et overvåkingsprogram.

De siste fem år har miljøproblemene stått sentralt, og her har også Norsk Hydro (Böckman et al. 1976), Sentralinstitutt for industriell forskning (SI 1975, 1976), Veterinærmyndighetene og Fiskeridirktoratet (siden 1977) utført omfattende undersøkelser. Nevnes må også Statens biologiske stasjon, Flødevigen, sine fiskeribiologiske undersøkelser som i vekslende omfang har foregått siden 1952 (se bl.a. Danielsen og Føyn 1973, Dahl 1976).

Jeg skal i det følgende konsentrere meg om 2 punkter:

1. Bakgrunnen for forurensningssituasjonen i Grenlandsfjordene.
2. Vannutskiftningsforhold og vannkvalitet.

Særlig vekt vil bli lagt på forholdene i Frierfjorden der forurensningsvirkningene er mest markert, men også tilstanden i områdene utenfor Brevik skal kommenteres.

### **Bakgrunn for forurensningssituasjonen.**

Det er to hovedårsaker til forurensningssituasjonen i Skienselva og Grenlandsfjordene. Disse er:

- Ugunstige naturgitte forhold.
- Store forurensende utslipp.

Med ugunstige naturgitte forhold mener jeg i første rekke at fjordene er terskel-fjorder med såvel vertikale som horisontale innsnevringar ved munningen (fig. 1). Dette er spesielt til hinder for fornyelsen

av fjordenes dypvann. Frierfjorden har to terskler mellom seg og åpent hav, noe som gjør fjorden til en særlig følsom resipient. Den utgående brakkvannsstrømmen resulterer samtidig i at utslipp til Frierfjorden overflatelag raskt kan spres over hele fjordområdet.

Befolknings- og industrikonsentrasjonene ligger innerst i fjordsystemet og langs Skienselva, dvs. nettopp i det området som er mest sårbart. Herved gis også de forurensende stoffer som slippes ut maksimal oppholdstid i området.

Grenlandsfjordene og Skienselva mottar store utslipp av en lang rekke stoffer som bidrar til å forurense området (se NIVA 1973, 1976). I våre undersøkelser har oppmerksomheten i første rekke vært rettet mot:

- Plantenæringsstoffer, dvs. fosfor- og nitrogenforbindelser.
- Nedbrytbart organisk materiale.
- Potensielle miljøgifter, særlig metaller og klorerte organiske forbindelser.

I tabell 1 er Frierfjordens overflatebelastning med organisk stoff, nitrogen- og fosforforbindelser sammenstilt med tilsvarende tall for noen andre norske fjorder.

Selv om en slik enkel sammenligning i høy grad må betraktes som «veiledende», illustrerer den klart hvor hardt belastet Frierfjorden er med de nevnte stoffer.

Frem til sommeren 1975 var utslippene til fjordområdene av spesielt kvikksølv og klorerte hydrokarboner betenkelig høy. Siden er utslippene redusert med 90—95 prosent.

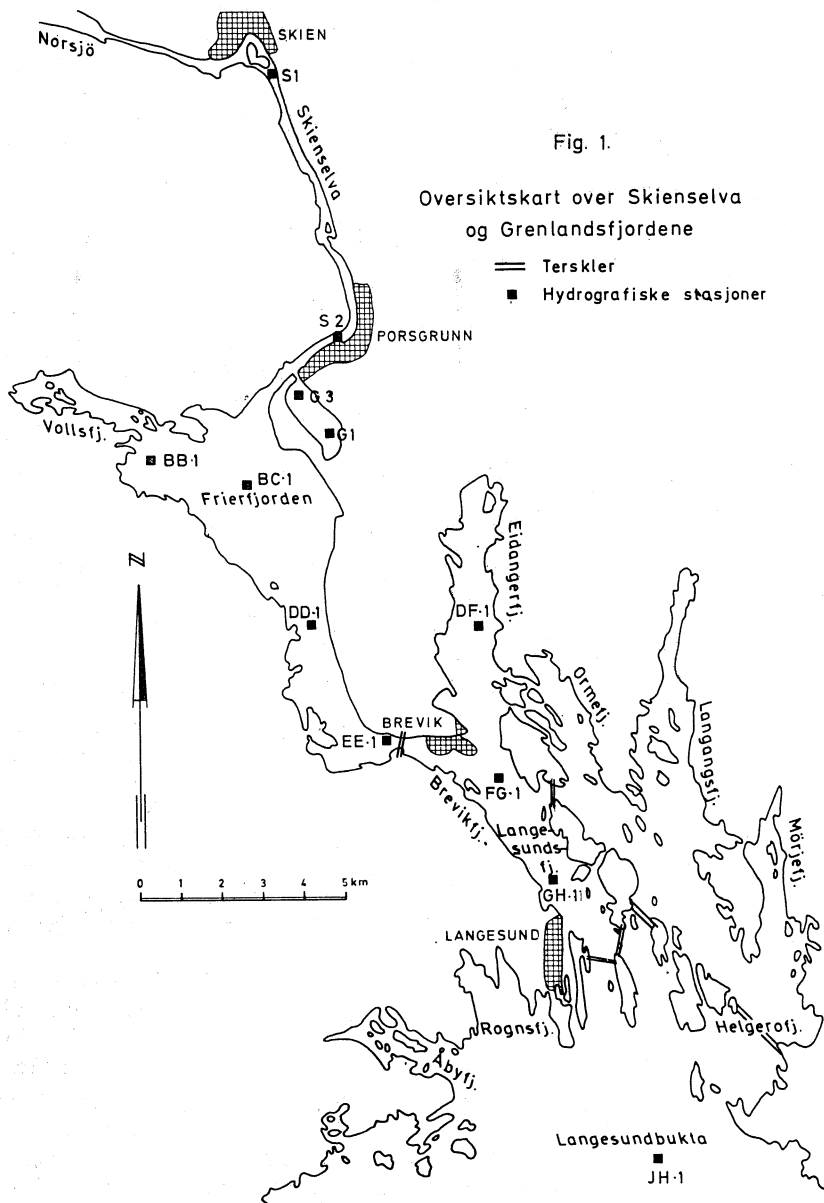


Fig. 1.

Oversiktskart over Skienelva og Grenlandsfjordene

- Terskler
- Hydrografiske stasjoner

Tabell 1. Frierfjordens belastning i 1975 som tonn/km<sup>2</sup>/år/sammenlignet med andre fjorder (tall hentet fra NIVA-rapporter).

| Fjord                       | Organisk stoff<br>som BOF <sub>7</sub> | Nitrogen | Fosfor |
|-----------------------------|--|----------|--------|
| Frierfjorden .....          | 530                                    | 330      | 10,0   |
| Drammensfjorden .....       | 450                                    | 25       | 2,3    |
| Indre Oslofjord .....       | 140                                    | 20       | 4,0    |
| Grisefjord-Flekkfjord ..... | 60                                     | 10       | 1,3    |
| Trondheimsfjorden .....     | 10                                     | 5        | 0,4    |

### Vannutskiftning og vannkvalitet.

Undersøkelsene av vannutskiftning i fjordområdene har gitt opplysninger om hvordan utslippene spres og fortynnes i resipienten, om vannmassenes oppholdstid i de enkelte avsnitt av området og dermed også hvilke vannmasser og områder som er mest såbare for forurensete utslipp.

Resultatene utgjør et nødvendig grunnlag for tolking av resultatene fra de hydrokjemiske og delvis også de biologiske undersøkelsene.

Vannutskiftningen i Grenlandsfjordene er et resultat av 5 forskjellige mekanismer som i større eller mindre grad virker samtidig:

- Estuarin sirkulasjon drevet av ferskvanntilførselen.
- Periodiske tidevannsstrømmer.
- Vinddrevet strøm.
- Strømmer fremkalt av lufttrykkvariasjoner.
- Terskeloverskyllinger.

I den grad man kan snakke om periode så vil disse variere fra timer til flere år.

De store mengdene ferskvann som Skienselva tilfører fjordområdene (ca.

50—800 m<sup>3</sup>/s, middel ca. 270 m<sup>3</sup>/s) gir en markert lagdeling av vannmassene (fig. 2). Vi snakker vanligvis om tre lag i Frierfjorden:

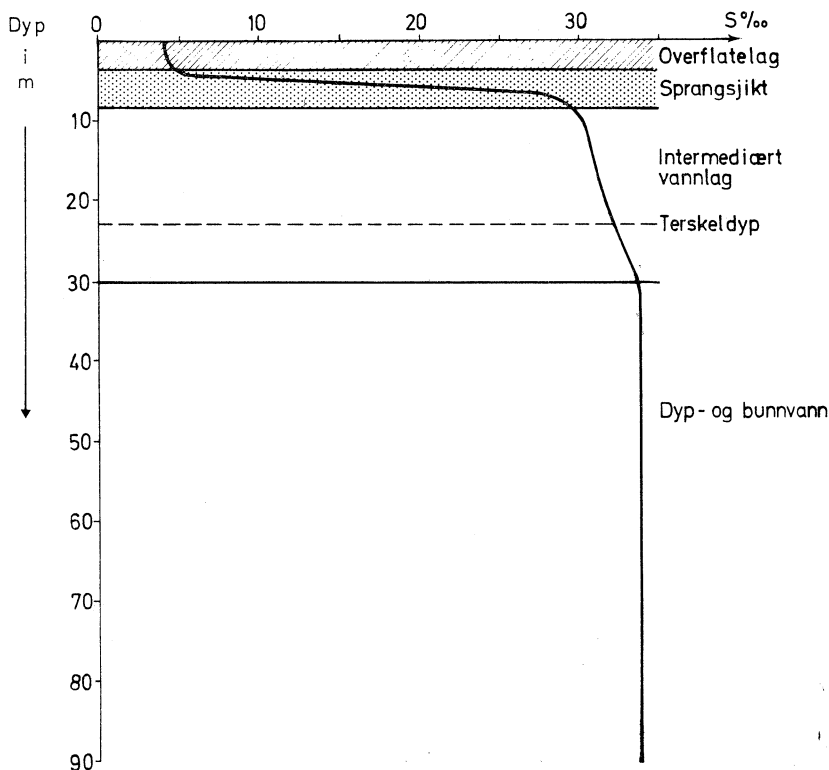
- Overflatelaget: 2—8 m tykt med saltholdighet varierende mellom ca. 0,5‰ og 10‰.
- Et intermediært sjøvannslag i ca. 10—30 m dyp.
- Dypvannet som er meget homogent hva temperatur og saltholdighet angår.

Undersøkelsene har vært særlig konsentrert om overflatelaget og dypvannet fordi forureningsvirkningene er sterkest der.

### Overflatelaget.

Figur 3 viser et enkelt bilde av overflatestrømmene i Frierfjorden. Vi merker oss den store bakevjen på fjordens østside. Overflatelagets midlere oppholdstid i fjorden vil variere med ferskvannstilførselen innenfor intervallet 1,5—4 døgn.

Vannkvaliteten i overflatelaget har blitt målt ved en rekke forskjellige metoder. *Siktedypet* er et enkelt mål på gjennomskinneligheten eller klarheten i overflate-



Figur 2. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser.

laget. Siktedyptet i Frierfjorden varierer lite med årstiden. Tabell 2 viser resultater fra siktedyptmålinger i Grenlandsfjordene. Det fremgår at siktedyptet i Frierfjorden ble betydelig forverret i tidsrommet 1962 til 1974. I løpet av 1976 og 1977 har det imidlertid forbedret seg markert, noe som sannsynligvis skyldes reduserte utslipp av fosfor- og nitrogenforbindelser, sot, kullstøv, fargestoffer osv. Den samme forbedring kan spores for områdene utenfor Brevik.

Av *plantenæringsstoffer* så er det naturlig nok nitrogenforbindelsene som dominerer i Frierfjordens overflatelag. Mellom konsentrasjonene av klorofyll, nitrogen, fosfor og organisk karbon i planteplankton kan en teoretisk sette opp forholdene 1 : 1 : 7 : 40. På figur 4 er alle verdier redusert til klorofyllekvalenter, og ideelt sett skulle da alle stolper være like høye.

Dataene er middelerverdier for sommerhalvåret 1975 og 1976 og viser at det

Tabell 2. Siktedypmålinger i Grenlandsfjordene. Aritmetiske middelveier  
*n* = antall målinger.

| År      | Område               |                                       |                     |
|---------|----------------------|---------------------------------------|---------------------|
|         | Frierfjorden         | Eidanger—Brevik—<br>Langesundsfjorden | Langesundsbukta     |
| 1961—62 | 3.4 m, <i>n</i> = 12 |                                       |                     |
| 1974    | 2.6 m, <i>n</i> = 29 | 4.2 m, <i>n</i> = 29                  | 7.9 m, <i>n</i> = 8 |
| 1975    | 2.7 m, <i>n</i> = 30 | 4.4 m, <i>n</i> = 29                  | 7.4 m, <i>n</i> = 8 |
| 1976    | 3.2 m, <i>n</i> = 22 | 5.5 m, <i>n</i> = 22                  | 8.2 m, <i>n</i> = 7 |
| 1977    | 3.6 m, <i>n</i> = 36 |                                       |                     |

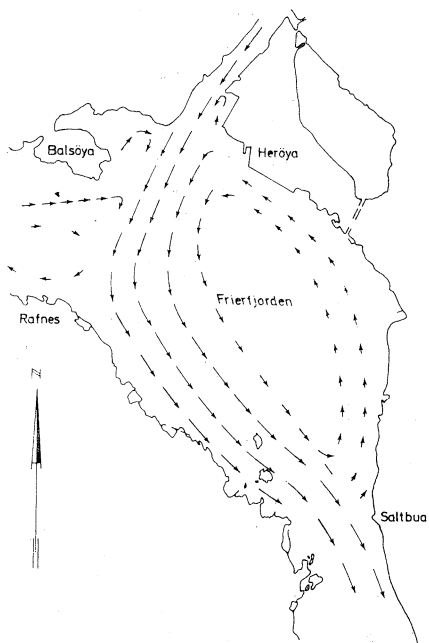


Fig. 3. Overflatestrømmer i Frierfjorden.

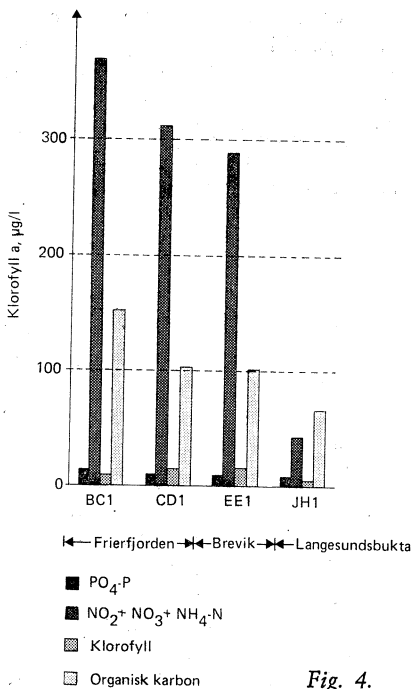


Fig. 4.

var et stort nitrogenoverskudd i vannmassen, også i områdene utenfor Brevik. Av fosfor og nitrogen var det dermed fosfor en potensiell begrensende faktor for algeproduksjonen i Grenlandsfjordene. Det er imidlertid ennå uvisst om fosforutslippene er redusert tilstrekkelig til at fosfor har blitt en reell begrensende faktor for algeveksten i fjordområdene.

I tidsrommet 1973—76 besto 50 — 60% av nitrogenutslippet til fjordområdene av ammonium. Høyre ammoniumkonsentrasjoner er vist å kunne ha skadevirkninger på fisk og andre akvatiske organismer ettersom ammoniakk, som er den giftige formen, står i likevekt med ammonium i vannet. I 1974 ble det en rekke ganger målt så høye ammoniumkonsentrasjoner i Frierfjordens overflate-lag at en må anta at de kan ha medført skader på fisk eller endringer i fiskens vandringsmønster (NIVA 1976). Siden den gang er forholdene betydelig bedret, selv om det både i 1975, 1976 og 1977 ble målt enkelte betenkelig høye ammoniumkonsentrasjoner.

### Dypvannet.

Tersklene på 50 m dyp i søndre del av Langesundfjorden og på 23 m dyp ved Brevik er avgjørende hinder for fornyelsen av vannmassene i dypbassengene innenfor.

Når spesielle hydrografiske og meteorologiske forhold gjør at særlig kalde og/eller salte vannmasser opptrer på Langesundsbukta, kan dette tunge vannet strømme inn over tersklene, synke ned i dypbassengene og i varierende grad skifte ut det gamle stagnante dypvannet med dets akkumulerte innhold av forurens-

ninger. Slike større innstrømninger skjer vanligvis i tidsrommet februar — mars, og i mindre omfang sent på høsten.

I områdene utenfor Brevik er den midlere oppholdstid for dypvannet 6 — 8 måneder. Samtidig har belastningen med nedbrytbart organisk materiale vært så stor at man både i 1974, 1975 og 1977 registrerte betenkelig lave oksygenkonsentrasjoner (ca. 2,5 — 3,5 ml O<sub>2</sub>/l) i vannmassen nær bunnen. Tatt i betraktning at oksygen er nødvendig for alt høyerestående liv i fjordene, er dette en alvorlig varsko om at belastningen er for høy.

I Frierfjorden er forholdene i dypvannet langt verre. Fig. 5 er en typisk vertikalprofil, og viser hvordan oksygenforholdene allerede i ca. 25 m dyp må karakteriseres som dårlige. Vi ser også hvordan det i dypvannet er akkumulert store mengder fosfor.

Dypvannet fornyes med relativt lange og varierende mellomrom.

Ser vi på variasjonene i oksygenforholdene over den 3-års perioden undersøkel-sene foregikk (fig. 6), så fremgår det at Frierfjorden gjennomgikk en slags 3-års syklus, med 70 — 80% dypvannsfornyelse våren 1974, 15 — 20% våren 1975, rundt 10% våren 1976 og så 70 — 80% dypvannsfornyelse våren 1977 (NIVA 1978). En måleserie på 3 år var nødvendig for å få frem dette. Det er rimelig å anta at oppholdstiden for Frierfjordens dypvann vil variere innenfor intervallet 1,5—2,5 år.

Til slutt noe om forholdene i *Skiens-elva*. De fysiske forhold er karakterisert av et overflate-lag (ferskvann eller brakkvann) som hurtig strømmer mot Frierfjorden, og en underliggende sjøvann-masse som langsomt beveger seg opp-

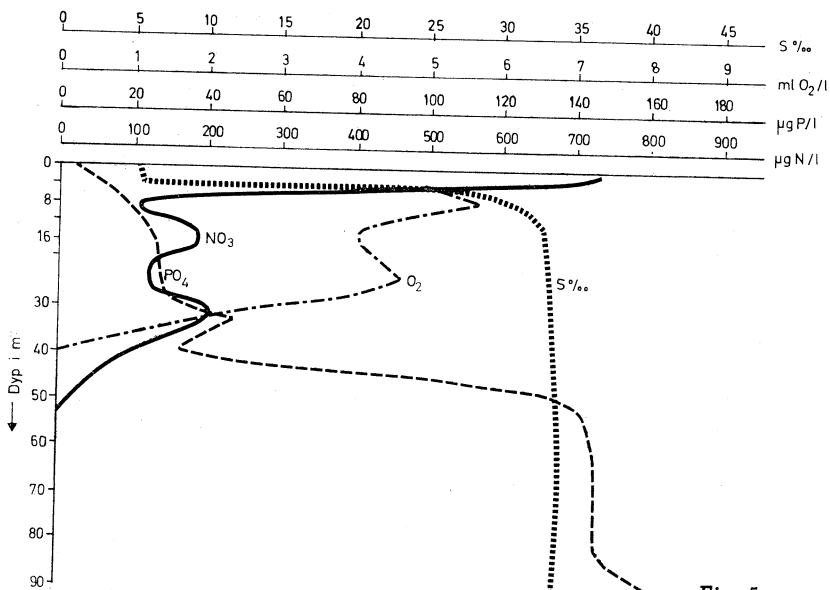


Fig. 5.  
Vertikalprofil fra St.BC-1 Frierfjorden 7.12. 1976.

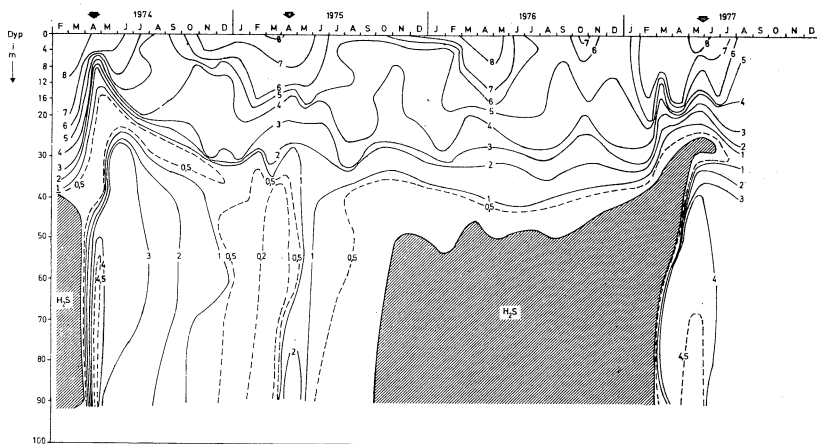


Fig. 6.  
Variasjoner i oksygeninnhold (ml O<sub>2</sub>/l) fra St.BC-1.  
Pilene angir tidspunkt for større innstrømninger.



over elva til Klosterfoss. I flomperioder blir hele sjøvannsmassen presset nedover elva, i alle fall så langt som til Porsgrunn. Elva tilføres store mengder nedbrytbart organisk materiale, fosfor- og nitrogenforbindelser fra husholdningskloakk og industriutslipp.

Målinger av nitrogen- og fosforkonsentrasjoner i elvas overflatelag har vist en markert kloakkvannbelastning over hele elvestrekningen.

I sjøvannslaget preges forholdene i første rekke av høy belastning med nedbrytbart organisk materiale. Og selv om oksygenkonsentrasjonene varierer med tiden, så er det helt klart at den nåværende belastning med organisk stoff er for høy til at man kan unngå perioder med kritiske oksygenforhold i Skienselvas sjøvannsmasse. Dette gjelder særlig for øvre del av elva.

### **Fremtidsutsikter.**

Hvor rene kan en så vente at vannmassene i Grenlandsfjordene blir, når de planlagte rensetiltak er gjennomført rundt 1984/85? Det er kanskje ennå for tidlig til å spå noe om det, men en del generelle betraktninger kan i alle fall gis.

Vi må da skjelve klart mellom Frier-

fjorden og fjordområdene utenfor Brevik. For Frierfjordens overflatelag er det trolig at forholdene vil gjennomgå en gradvis forbedring noenlunde i takt med utslippsreduksjonene for plantenæringsstoffer, partikulært materiale osv. Men restutslippene og mer diffuse tilførsler vil sannsynligvis fortsatt være for store til at vannmassene blir særlig attraktive for friluftaktiviteter som bading o.l. Industriutbyggingen rundt fjorden innbyr vel heller ikke lenger til det.

I Frierfjordens dypvann vil nok oksygenforholdene forbedres, men også i fremtiden må en regne med lange perioder med kritiske oksygenforhold. For å unngå dette måtte belastningen med nedbrytbart organisk stoff reduseres til nivået for ca. 100 år siden, noe som vel neppe er praktisk og økonomisk gjennomførbart.

For fjordområdene utenfor Brevik skulle det imidlertid være godt håp om klare forbedringer i forurensningstilstanden når rensetiltakene i Frierfjordområdet og ved Eidangerfjorden — Langesundsfjorden er gjennomført. Det gjelder såvel overflatelagets utseende som oksygenforholdene i dypvannet. Hvor store forbedringene blir, kan imidlertid bare fremtiden og det igangværende overvåkingsprogram vise.

### LITTERATUR

*Böckman, O. C., Crowo, J. A., Falck, S. T. og Johansen, J. G.*, 1976: Heksaklorbenzen og andre halogenerte organiske forbindelser. Resultater fra arbeidet med eliminering av et miljøproblem. Organiska Miljöutgifter i Vatten. Tofte nordiska symposiet om vattenforskning. Nordforsk, Miljövärdsssekretariatet. Publikation 1976: 2.

*Underdahl, B.* 1970: Kvikksølvundersøkelser av fisk fra Skiensvassdraget og fra Frierfjorden/Eidangerfjorden. Rapport fra Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole. 4 s. + tabeller og figurer.

- Dabl, Einar* 1976: Effects of river discharge on the costal phytoplankton cycle. International symposium on experimental use of algal cultures in limnology. Sandefjord 26. — 28.10 1976.
- Danielsen, D. S. og Føyn, L.*, 1973: Frierfjorden — en vurdering av fjordsystemets vannutskiftning. Fisker og Havet. Serie B (1973) 6: 1 — 19.
- NIVA* 1973: 0-162/71. En undersøkelse av gjødslingspåvirkning i Frierfjorden. Saksbehandlere: S. T. Källquist, P. Brettum og O. M. Skulberg, April 1973. 39 sider.
- NIVA* 1976: 0-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Rapport nr. 5. Fremdriftsrapport fra de hydrokjemiske undersøkelsene mars 1974 — desember 1975. Saksbehandler: Jarle Molvær. 25.11 1976. 143 sider.
- NIVA* 1978: 0-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Sluttrapport. Under utarbeidelse.
- SI* 1974: Analyse av halogenerte hydrokarboner i brisling fra Frierfjorden og omkringliggende fjorder. Oppdrag 451—720205. Teknisk rapport nr. 7. Saksbehandler: G. Lunde. 16.7. 1975. 11 sider.
- SI* 1976: Klorerte organiske forbindelser i fisk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden. Oppdrag 451—720205. Rapport nr. 10. Prosjektledere: E. Baumann Ofstad og G. Lunde. 29.11. 1976. 20 sider.

#### FIGURFORTEGNELSE

- Figur 1. *Oversiktskart over Skienselva og Grenlandsfjordene.*
- Figur 2. *Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser.*
- Figur 3. *Generelt bilde av overflatestrømmene i Frierfjorden.*
- Figur 4. *Konsentrasjoner av ortofosfat, nitrat + nitritt + ammonium og total organisk karbon omgjort til klorofyllekvivalenter og sammenholdt med klorofyll a. Middelerverdier for sommerhalvåret 1975 og 1976.*
- Figur 5. *Vertikalprofil fra st. BC-1, Frierfjorden, 7.12 1976.*
- Figur 6. *Variasjoner i oksygeninnhold (mlO<sub>2</sub>/l) fra st. BC-1, Frierfjorden. Pilene angir tidspunkt for større innstrømninger.*