



Statlig program for  
forurensningsovervåking

02-2033

# Rapport 287/87

---

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

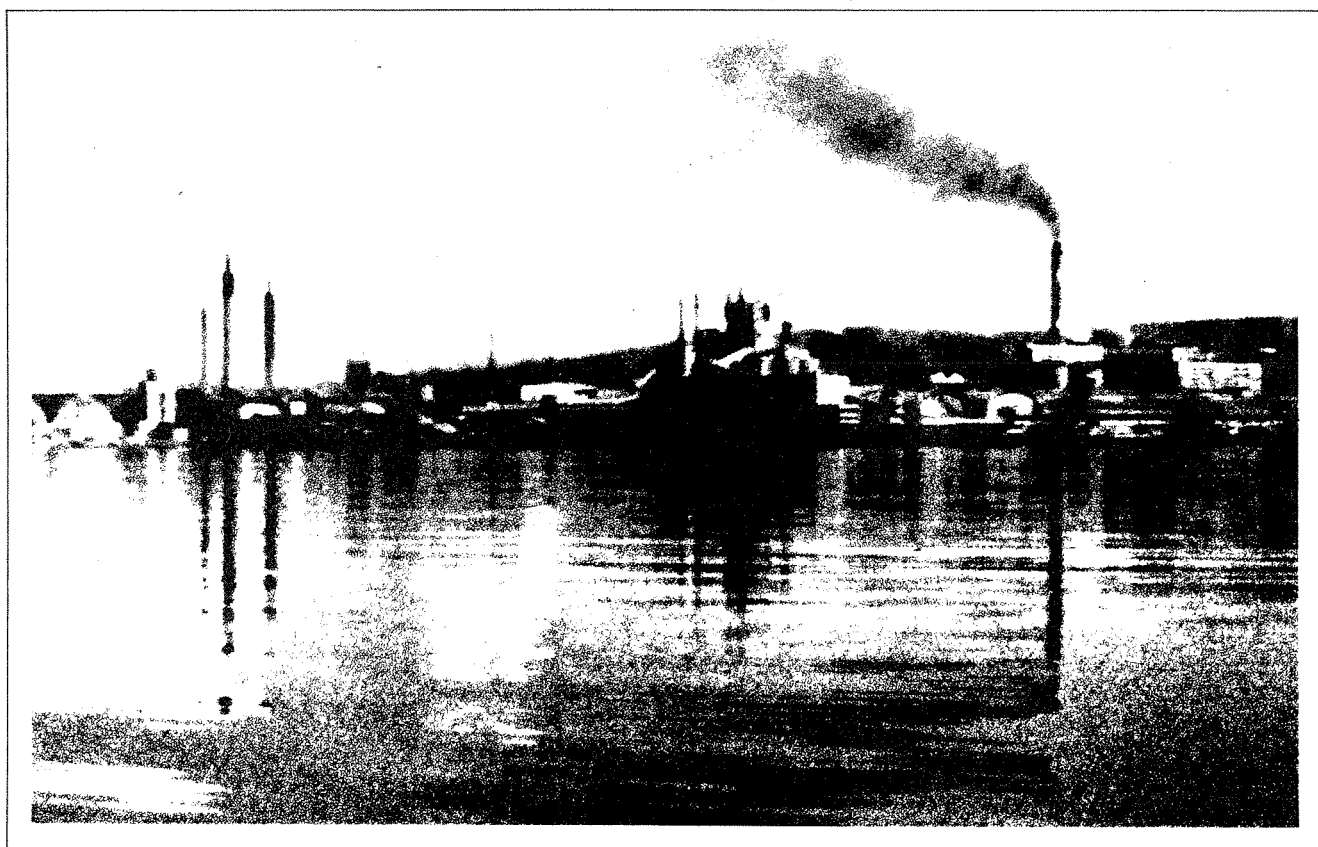
---

Deltakende institusjon

NIVA

---

## Grenlandsfjordene og Skienselva 1986





## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

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

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

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

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

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

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

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

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

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

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

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)**

**Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)**

**Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)**

**Norsk institutt for luftforskning (NILU)**

**Norsk institutt for vannforskning (NIVA)**

**Statens forurensningstilsyn (SFT)**

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

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

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

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestiandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-8000312
Undernummer:	8
Løpenummer:	2033
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
GRENLANDSFJORDENE OG SKIENSELVA 1986	2.september 1987
(Overvåkingsrapport nr. 287/87)	Rapportnr.
Forfatter (e):	Faggruppe:
Brage Rygg Norman Green Jarle Molvær Kristoffer Næs	Marinøkologisk
	Geografisk område:
	Telemark
	Antall sider (inkl. bilag):
	91

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Konsentrasjonene av PAH i blåskjell er fortsatt høye, og det er grunn til å opprettholde omsetningsforbudet og advarselen mot konsum. I fisk er konsentrasjonene av klorerte hydrokarboner stadig høye, og begrensninger i konsum bør opprettholdes - særlig på bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioxiner og dibenzofuraner. Sedimentene på hele strekningen Frierfjorden - Langesundsbukta er forurenset av metaller og organiske miljøgifter, men nivåene er lavere enn i 1975. Bløtbunnfaunaen på strekningen Porsgrunn - Langesund er forurensningspåvirket, mest som følge av organisk belastning på dypvannet. Utslippene av PAH og klorerte hydrokarboner må reduseres betydelig dersom brukerinteressene skal ivaretas.

4 emneord, norske:

1. Grenlandsfjordene
2. Miljøgifter
3. Fisk
4. Blåskjell  
Bløtbunnfauna  
Sedimenter

4 emneord, engelske:

1. Grenlandsfjordene, Norway
2. Toxic pollutants
3. Fish
4. Mussels  
Soft-bottom fauna  
Sediments

Prosjektleder:

Brage Rygg

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN 82-577-1293-0

Programleder, overvåking



# Statlig program for forurensningsovervåking

O-8000312

**GRENLANDSFJORDENE OG SKIENSELVA 1986**

Oslo, 2. september 1987

Prosjektleder: Brage Rygg

Medarbeidere: Norman Green

Jarle Molvær

Kristoffer Næs



## FORORD

Overvåkingen av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva er en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. Overvåkingsundersøkelsen finansieres av Statens forurensningstilsyn og den lokale industrien (Norsk Hydro, Statoil, Union, Elkem PEA).

Kontaktutvalget for fjordundersøkelser i Grenland er et rådgivende organ for gjennomføring av overvåkingen. Utvalget er nedsatt av Fylkesmannen i Telemark, og består av representanter for fylkesmann og fylkeskommune, Statens forurensningstilsyn, helse- og veterinærmyndigheter, Fiskeridirektoratet, industrien og NIVA.

Oppdraget utføres av NIVA i samarbeid med Vannlaboratoriet i Telemark, Norsk Hydro og Veterinærinstituttet. Utenom det statlige programmet utfører Fiskeridirektoratet, de lokale helse- og veterinærmyndigheter og Norsk Hydro undersøkelser av overvåkingskarakter. En spesiell takk rettes til Bjørnar Kvalvik ved Norsk Hydro, som har samlet inn fisk og blåskjell.

Overvåkingen startet i 1977 etter en tre-års basisundersøkelse. Basisundersøkelsen tok for seg et bredt spektrum av forurensningsproblemer. Også tidligere har Grenlandsfjordene vært gjenstand for ulike undersøkelser. En sammenstilling av disse er gjort av Johansen et al. (1973). Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen er listet i kapitlet "Henvisninger".

Denne rapporten legger fram resultatene fra undersøkelsene i 1986, og sammenligner dem med tidligere års resultater.

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

	side
FORORD	2
FIGURFORTEGNELSE	5
TABELLFORTEGNELSE	8
VEDLEGGSFORTEGNELSE	9
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	10
1.1. Formål	10
1.2. Konklusjoner	10
1.3. Tilrådninger	11
2. INNLEDNING	12
2.1. Området	12
2.2. Brukerinteresser	12
2.3. Forurensninger	14
2.4. Undersøkellesprogram	17
3. SIKTEDYPMÅLINGER I FRIERFJORDEN	20
4. OKSYGEN OG VANNUTSKIFTNING	23
4.1. Måleprogram	23
4.2. Resultater	23
5. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL	27
6. MILJØGIFTER I TORSK	32
6.1. Datamaterialet	32
6.2. Gruppering i tid	33
6.3. Vektkorrigerering	33
6.4. Analyse av vektkorrigererte data, Frierfjordfisk	34
6.4.1. Variasjoner fra år til år	34
6.4.2. Kumulativ frekvensfordeling	39
6.5. Fisk fra Eidangerfjorden	42
6.6. Klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner	45
6.7. Konklusjon	45
7. MILJØGIFTER I SEDIMENTER	47
7.1. Materiale og metoder	47
7.2. Resultater og diskusjon	47
7.2.1. Sedimentbeskrivelse	47

7.2.2. Metallinnhold	49
7.2.3. Innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	51
7.2.4. Innhold av klororganiske forbindelser	53
7.2.5. Sammenligning med tidligere undersøkelser	55
8. BLØTBUNNFAUNA	56
8.1. Innledning	56
8.2. Innsamling og bearbeidelse	56
8.3. Tidligere undersøkelser	57
8.4. Prøvetakingen i 1986	58
8.5. Resultater	58
8.5.1. Artsmangfold	59
8.5.2. Faunaens artssammensetning	59
8.5.3. Tilstandsindeks	61
8.6. Samlet vurdering og diskusjon	69
9. HENVISNINGER	72
9.1. Referanser	72
9.2. Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen av Grenlandsfjordene og Skienselva	75
10. VEDLEGG	77

**FIGURFORTEGNELSE**

- Fig. 2.1. Kart over Grenlandsfjordområdet, med to hydrografi-stasjoner og enkelte industriutslipp angitt.
- Fig. 2.2. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighetsprofilen.
- Fig. 2.3. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av suspendert partikulært materiale, organisk stoff (som BOD<sub>5</sub>), og næringssalter (som N og P) i 1972 og 1976-86. Skraveringen angir bidraget fra befolkningen.
- Fig. 2.4. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av metaller i 1976-86. Skraveringen angir det antatte bidrag av Hg fra Gunnekleiv.
- Fig. 2.5. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av organiske miljøgifter i (1975) 1976-86.
- Fig. 3.1. Siktedypsmålinger i Frierfjorden 1986.
- Fig. 3.2. Siktedyp på st. BC1, Frierfjorden. Midlere siktedyp for hver måned i 1986 (n=3-5) er plottet sammen med midlere månedlig siktedyp for tidsrommet 1978-1985 (heltrukken linje). Ett standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-1985 er angitt med stiplede linjer.
- Fig. 3.3. Årsmidler av siktedyp på st. BC1, Frierfjorden.
- Fig. 4.1. Vertikale oksygenprofiler i Langesundsfjorden i januar og oktober 1986.
- Fig. 4.2. Oksygenmålinger i 80 og 105 m dyp i Langesundsfjorden i 1986.
- Fig. 4.3. Vertikale oksygenprofiler i Frierfjorden i januar og oktober 1986.
- Fig. 4.4. Oksygenmålinger i 60m, 80m og 90m dyp i Frierfjorden i 1986.
- Fig. 5.1. Stasjoner for innsamling av blåskjell.
- Fig. 5.2. Konsentrasjoner av polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Brevik (C1 og A9), Langesundsfjorden (A6 og B4) og Helgerofjorden (A3), basert på tørrvekt.
- Fig. 6.1. Kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i muskel i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.
- Fig. 6.2. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) (.....) i lever i torsk

fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg. Utslipp av HCB (—) til Frierfjorden (kg/år).

- Fig. 6.3. Oktaklorstyrenkonsentrasjon (OCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.
- Fig. 6.4. Dekaklorbifenylnkonsentrasjon (DCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.
- Fig. 6.5. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av kvikksølvkonsentrasjoner i muskel i torsk fra Frierfjorden 1986.
- Fig. 6.6. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av heksaklorbenzenkonsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.
- Fig. 6.7. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av oktaklorstyrenkonsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.
- Fig. 6.8. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av dekaklorbifenylnkonsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.
- Fig. 6.9. Medianverdier for kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i muskel og heksaklorbenzen (HCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1986 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.
- Fig. 6.10. Medianverdier for konsentrasjoner av oktaklorstyren (OCS) og dekaklorbifenyln (DCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1986 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.
- Fig. 7.1. Stasjoner for innsamling av sedimentprøver.
- Fig. 7.2. Kvikksølv i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.
- Fig. 7.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.
- Fig. 7.4. Heksaklorbenzen i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.
- Fig. 8.1. Stasjoner for undersøkelser om bløtbunnfauna.
- Fig. 8.2. På grunnlag av resultater fra en rekke fjorder med forskjellig forurensningsgrad er det laget et klassifikasjonssystem som viser sammenhengen mellom antall individer og antall arter ved forskjellig artsmangfold. Moderat, lavt og svært lavt artsmangfold tyder på forurensningsvirkninger. Figuren viser resultater fra Grenlandsfjordene i 1974, 1979 og januar/oktober 1986.

Fig. 8.3. Tilstanden i bløtbunnfaunasamfunn kan klassifiseres ved artsmangfold (ES), artsindeks (AI) og ved en tilstandsindeks (TI) som kombinerer begge (jfr. Tabell 8.2). På diagrammet er verdier for TI tegnet inn som diagonale linjer. Vannrette og loddrette felter klassifiserer henholdsvis artsindeks og artsmangfold. Diagonale felter klassifiserer tilstandsindeks. Benevnelsene sterk, betydelig, moderat og liten angir påvirkningsgrad. Stasjonenes status med hensyn til både artsmangfold, artsindeks og tilstandsindeks kan leses ut direkte. Stasjon P9 i Åbyfjorden skilte seg ut ved høyt artsmangfold og høy artsindeks. På de andre stasjonene varierte påvirkningsgraden mellom liten og sterk.

Fig. 8.4. Dendrogram som viser grupperinger av innbyrdes like stasjoner, basert på similaritetsindeks for alle par av stasjoner. Like stasjoner grupperes tidligst sammen i dendrogrammet, dvs. lengst til venstre. Skalaen angir grad av ulikhet. Det framtrer 3 tydelige grupper (skravert), samt to enkeltstasjoner uten tydelig gruppetilhørighet.

**TABELLFORTEGNELSE**

- Tab. 5.1. Medianverdier av PAH i blåskjell (ppm tørrvekt) i Grenlandsfjordene 1980-1986. n = antall analyser.
- Tab. 5.2. Total PAH (ppm tørrvekt) i blåskjell i Grenlandsfjordene.
- Tab. 6.1. Dataoversikt for torsk fra Frierfjorden.
- Tab. 7.1. Visuell beskrivelse av sedimentkjerner fra Grenlandsfjordene i januar 1986.
- Tab. 7.2. Konsentrasjoner (k,  $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) og "overkonsentrasjoner" (ok) i de øvre 2 cm av sedimentet i Grenlandsfjordene.
- Tab. 7.3. Korrelasjonskoeffisienter for metaller og PAH. Øvre tall: korrelasjonskoeffisient. Tall i parentes: antall datapar (prøveantall). Nedre tall: signifikansnivå.
- Tab. 7.4. Konsentrasjoner av PAH ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) og overkonsentrasjoner (bakgrunn satt lik  $0,3 \mu\text{g/g}$ ) på utvalgte stasjoner i Grenlandsfjordene (gjennomsnitt av to paralleller).
- Tab. 7.5. Konsentrasjoner (ng/g tørt sed.) av heksaklorbenzen (HCB), polyklorerte bifenyler (PCB), dekaloribifenyl (DCB) og oktaklorstyren (OCS) i de øverste 2 cm av sedimentet.
- Tab. 7.6. Konsentrasjoner av tungmetaller ( $\mu\text{g/g}$ ), heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) (ng/g) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ( $\mu\text{g/g}$ ) i overflatesedimentene på stasjon F5 i Frierfjorden.
- Tab. 8.1. Innsamlingsoversikt for bløtbunnfauna.
- Tab. 8.2. Graden av påvirkning av bløtbunnfaunasamfunn kan klassifiseres ved samfunnets artsmangfold (ES), artsindeks (AI), og ved en tilstandsindeks (TI) som kombinerer ES og AI. (Etter Rygg 1986b). Klassifiseringen er diagrammatisk vist i Figur 8.2.
- Tab. 8.3. Oversikt over stasjoner og prøver samt verdier for noen viktige faunaparametre.
- Tab. 8.4. Individantall pr.  $\text{m}^2$  av de tallrikestene artene på de enkelte stasjonene.
- Tab. 8.5. Samlet vurdering av forurensningspåvirkning.

**VEDLEGGSFORTEGNELSE**

- Vedlegg I. Hydrografiske data for stasjon BC1 i Frierfjorden 1986.
- Vedlegg II. Hydrografiske data for stasjon FG1 i Langesundfjorden 1986.
- Vedlegg III. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Grenlandsfjordene juli-august 1986.
- Vedlegg IV. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Grenlandsfjordene september-oktober 1986.
- Vedlegg V. Torsk fra Frierfjord, september 1986: lengde, vekt, konsentrasjon av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i muskel.
- Vedlegg VI. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) av kobber (Cu), kadmium (Cd), bly (Pb), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i sedimenter fra Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra NIVA.
- Vedlegg VII. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) av kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), nikkel (Ni), krom (Cr), kadmium (Cd), mangan (Mn) og jern (Fe) i mg/g i Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra Universitetet i Oslo, Biologisk institutt.
- Vedlegg VIII. Innhold ( $\mu\text{g/kg}$  tørt sed.) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene i Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra NIVA.
- Vedlegg IX. Innhold av klorerte hydrokarboner (ng/g tørt sed.) i Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra SI.
- Vedlegg X. Komplette artslister og individantall fra bløtbunnfaunaundersøkelsene i Grenlandsfjordene i 1974-1986. En del av materialet er artsbestemt ved Universitetet i Oslo, Biologisk institutt.



## 1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER

### 1.1. Formål

Hovedhensikten med overvåkingsundersøkelsene i Grenlandsfjordene er

- a) følge tidsutviklingen i forurensningssituasjonen
- b) holde øye med miljøgiftnivåene i marine organismer
- c) sammenholde forurensningsgraden med brukerspesifikke krav (vurdere behovet for tiltak).

I 1985-1986 er det lagt vekt på å undersøke PAH i blåskjell. Analyser av miljøgifter i torsk har fortsatt i samme omfang som tidligere. I forbindelse med et internasjonalt forskningsprosjekt (Workshop) er det gjennomført undersøkelser av bløtbunnfauna og sedimenter i et samarbeid med overvåkingsprogrammet. Det er utført siktedypmålinger gjennom året.

### 1.2. Konklusjoner

De tre siste årene har det vært en tendens til avtakende siktedyp i Frierfjorden, med årsgjennomsnitt på mindre enn 3.0 m.

Det er konstatert høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Grenlandsfjordene. Helse- og miljødirektoratet har frarådet konsum av blåskjell fra hele Brevik-Langesundområdet. Disse områdene er heller ikke egnet for akvakultur. Resultatene fra 1986 viser at det er samme grunnlag for restriksjoner nå som tidligere. Det er nå innført omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene.

De analyserte miljøgiftene i torsk, med unntak for dekaloribifenylen, viser markert nedgang etter 1975. Dette må skyldes de reduserte tilførsler til fjordsystemet etter 1975. Nedgangen flatet ut i 1978, og grovt sett har miljøgiftinnholdet i fisk ikke forandret seg i perioden 1978-1986. I 1986 ble det også påvist klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner i fisk.

Bunnsedimentene i Frierfjorden er forurenset av kvikksølv, kadmium, PAH og klororganiske forbindelser. Sammenlignet med tidligere undersøkelser er konsentrasjonen lavere.

I dybdeområdet 20-30m i indre Frierfjord og Volls-fjorden er bløtbunn-

faunaen påvirket av forurensning. Fluktuasjoner mellom sterk og liten påvirkning opptrer i Frierfjorden, mens det antagelig er en konstant betydelig påvirkning i Volls-fjorden. Fluktuasjonene i Frierfjorden kan skyldes skiftende oksygenforhold. Dypere enn 30m er tilstanden ikke undersøkt, men en må regne med en forverring av forholdene med økende dyp på grunn av for lite oksygen.

I dypbassenget (100-115m) på strekningen Eidangerfjorden -Brevik-fjorden - Langesundfjorden er faunaen moderat preget av organisk belastning og muligens oksygenmangel. Dette er mest tydelig i Brevik-fjorden.

I Åbyfjorden (76m dyp) er faunaen upåvirket og har et tydelig høyere innslag av forurensningsømfintlige arter og et høyere artsmangfold enn faunaen innenfor Langesund.

### 1.3. Tilrådninger

Hvis PAH-forurensningen ikke skal være i konflikt med bruksinteresser (dyrking og konsum av blåskjell), må utslippene reduseres.

På bakgrunn av resultater fram til 1983 uttalte Helsedirektoratet at anbefalingene om begrenset konsum av fisk som ble gitt i 1981 burde stå ved lag. De siste års målinger ser ikke ut til å ha endret grunnlaget for disse anbefalingene: Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Frierfjorden og Volls-fjorden bør begrenses til høyst to måltider pr. uke. Fiskelever og ål bør ikke spises i det hele tatt. Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Eidangerfjorden begrenses til fire ganger pr. uke. Filet fra fisk (unntatt ål) fanget andre steder i Grenlands-området kan konsumeres fritt.

På bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner i fisk bør det vurderes om det er behov for skjerpede advarsler mot konsum.

Hvis det skal være et mål at fisk fra hele fjordområdet skal kunne spises uten frykt for miljøgifter, må utslippene av klorerte hydrokarboner reduseres betydelig.

For å minske forurensningsvirkningene på bløtbunnfaunasamfunnene, må sedimentasjonen av organisk materiale (fra planteplanktonproduksjon eller tilførsler fra land) reduseres både i Frierfjorden og Langesundfjorden.

## 2. INNLEDNING

### 2.1. Området

Undersøkellesområdet omfatter Skienselva sør for Skien og fjordene ut til Langesundbukta (Fig. 2.1). Gunnekleivfjorden har forbindelse med Skienselva og Frierfjorden via kanaler i henholdsvis nordvestre og sørøstre ende. Indre Frierfjord består av et basseng med største dyp på ca. 100 meter. Fjorden smalner av i sør og har forbindelse med de ytre fjordområdene gjennom Breviksundet. Terskelen ved Brevik har et største dyp på 23 meter. Den er et vesentlig hinder for utskiftning av dypvannet i Frierfjordbassenget.

Vannføringen i Skienselva varierer mellom ca. 50 m<sup>3</sup>/s og 1000 m<sup>3</sup>/s og skaper et permanent brakkvannslag i fjordsystemet. Tersklene hindrer den frie forbindelse med kystvannet og skaper et dypvann som periodevis er stagnant.

Resultatet er at vannmassene i fjordsystemet naturlig kan innledes i tre lag (Fig. 2.2). Dette gjelder for såvidt også Skienselva, der stagnant dypvann dannes i små bassenger. Omtrentlige oppholdstider er:

	Skienselva	Frierfjorden
Brakkvannslag	4 t - 1 døgn	1 - 3-4 døgn
Intermediært lag	6 t - 1 døgn?	Dager - uker
Dypvann	Uker eller mer	Måneder - 2-3 år

Storparten av utslippene av forurensende stoff går til overflatelaget i Skienselva og Frierfjorden. Brakkvannslagets oppholdstid er der så kort at det i stor grad transporterer stoffene videre til fjordområdene utenfor Brevik og delvis også til kystvannet.

### 2.2. Brukerinteresser

I området rundt Grenlandsfjordene bor omlag 75 000 mennesker, konsentrert i Skien, Porsgrunn, Brevik, Stathelle og Langesund. De ytre fjordområdene er verdifulle rekreasjons- og fiskeområder. Det fiskes mye i området utenfor Brevik, men i Frierfjorden har det høye innholdet av miljøgifter (tungmetaller og klororganiske forbindelser) begrenset bruken av fisken. Forurensningene har også innskrenket bruken av Frierfjorden som rekreasjonsområde. Forurensningen med polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) gjør Brevik-Langesundområdet uegnet for akvakultur av blåskjell.

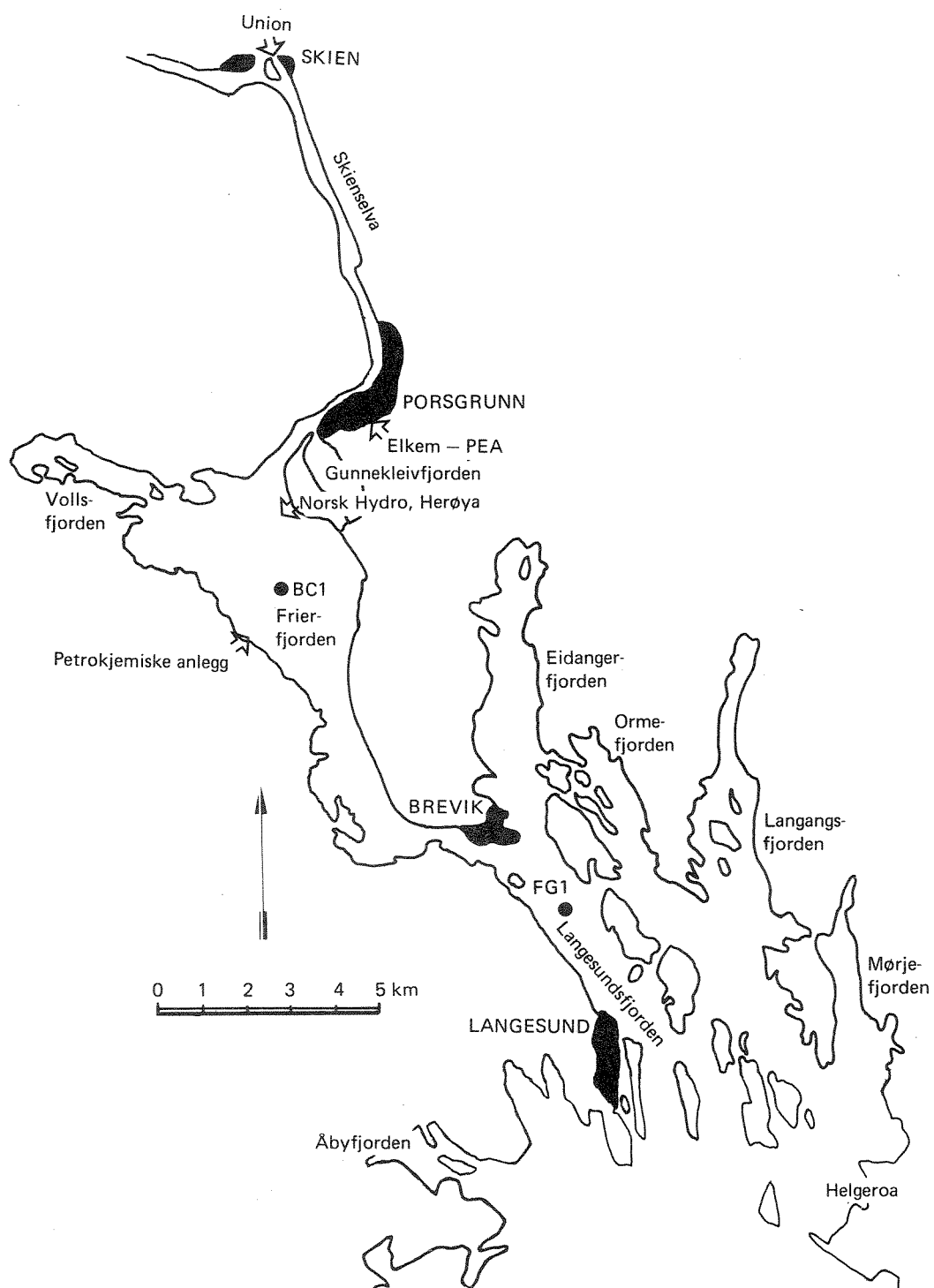


Fig. 2.1. Kart over Grenlandsfjordområdet, med to hydrografistasjoner og enkelte industriutslipp angitt.

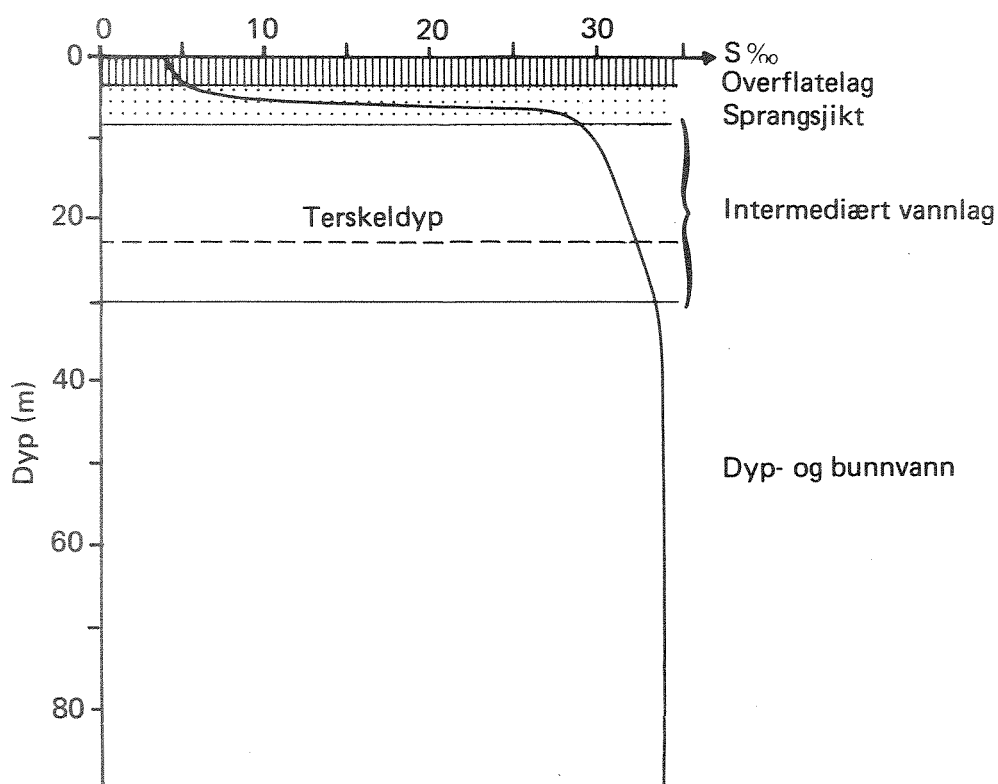


Fig. 2.2. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighetsprofilen.

### 2.3. Forurensninger

De indre delene av fjordsystemet er viktige resipienter for store og mangeartede utslipp fra smelteverk, kjemisk industri, treforedlingsindustri og kommunale avløp. Figur 2.3-2.5 viser tilførslene av viktige forurensningskomponenter til Skienselva og Frierfjorden. Generelt har det vært en nedgang i utslippene i løpet av det siste tiåret.

De betydeligste forurensningene kommer fra industrielt avløpsvann, men også kommunalt avløpsvann spiller betydelig rolle.

Treforedlingsindustrien er av spesielt stor betydning for belastningen med organisk materiale. Utslippene bidrar til høyt oksygenforbruk og grumset vann. Også det kommunale avløpsvann bidrar med mye organisk stoff og næringssalter, jfr. fig. 2.3.

Fosfor- og nitrogenforbindelser tilføres hovedsakelig fra kunstgjødselfabrikken på Herøya og fra befolkning. Nitrogenutslippene fra

industrien er svært store (fig. 2.3). Nærings salttilførslene er mye større enn det som algene i Frierfjorden klarer å bruke opp, og tilførslene bidrar derfor til eutrofieringssymptomer også utenfor Brevik.

For de nærmeste år er det planlagt betydelige reduksjoner i utslippene av fosfor og nitrogen fra fullgjødsselfabrikken på Herøya. Renseanlegg for kommunale utslipp vil muligens være operativt i 1991.

Miljøgiftene stammer hovedsakelig fra industri (fig. 2.4-2.5). Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya er den største kilden for klorerte organiske forbindelser, deriblant dibenzofuraner og dibenzodioksiner. Sistnevnte slippes ut i svært små mengder, men er ekstremt giftige.

Utslppsreduksjoner har ført til at de svært høye konsentrasjonene av miljøgifter som tidligere ble funnet i fisk, nå har sunket betraktelig. Likevel er de ennå så høye at de begrenser konsum av fisk fra Frierfjorden.

Norsk Hydro hadde fram til 1974 et årlig utslipp av kvikksølv på over 600 kg fra klor-alkali-fabrikken. Dette var i 1977 redusert til 10 kg, og er fram til i dag ytterligere redusert. Kildene for kvikksølv i fisk er nå hovedsakelig sedimenter som tidligere er forurenset av industriutslipp (Skienselva, Frierfjorden, Gunnekleivfjorden). I dag slippes det bare ut små mengder. ELKEM (PEA) er hovedkilden for sink og bly og står for omtrent halvparten av utslippene av koppar. De siste par år har det vært en viss økning i utslippene, men mengdene er ikke store.

Den største kilden for tilførsel av PAH til fjorden er ELKEM (PEA). De store variasjonene som Fig. 2.5 indikerer, kan bero på et utilstrekkelig måleprogram. De høye anslagene er antagelig mer riktige enn de lave.

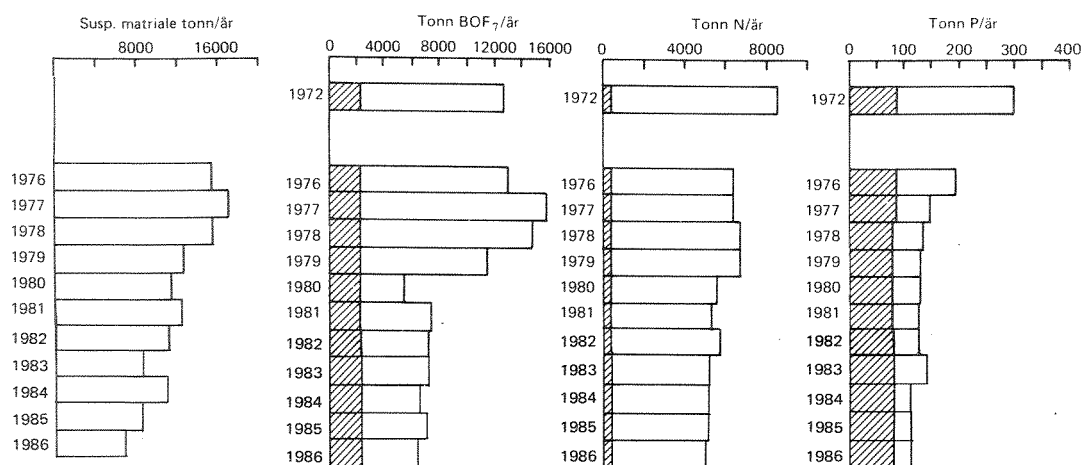


Fig. 2.3. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av suspendert partikulært materiale, organisk stoff (som BOF<sub>7</sub>), og næringsalter (som N og P) i 1972 og 1976-86. Skraveringen angir bidraget fra befolkningen.

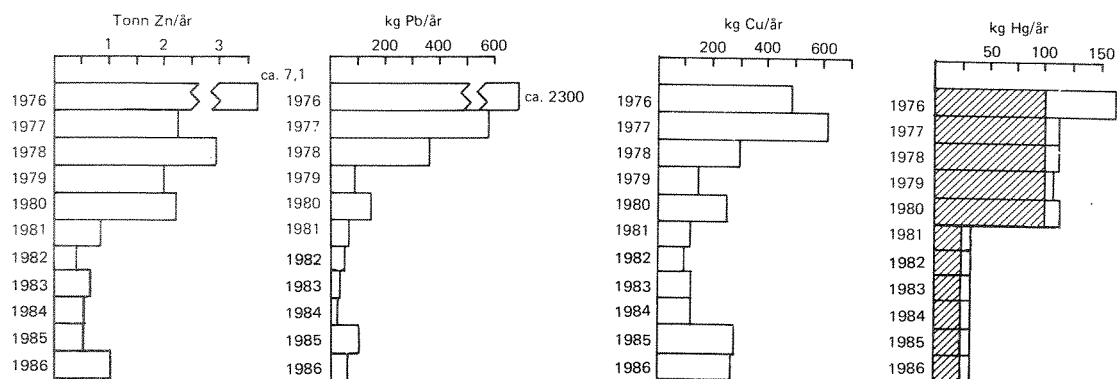


Fig. 2.4. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av metaller i 1976-86. Skraveringen angir det antatte bidrag av Hg fra Gunnekleiv.

De ordinære utslippene fra de petrokjemiske anleggene i Bamble har siden 1979 stort sett ligget under konsesjonene. Et unntak er etylen-diklorid. Tilførselene av dette stoffet til fjorden har vært noe større enn forutsatt, mest på grunn av utsig fra forurenset grunn under fabrikanleggene. Dette har ikke ført til betenkelig høye nivåer i fjorden.

De siste 10-12 år har det 8-10 ganger vært gjennomført tildels store mudringsarbeider i Frierfjorden og i Skienselva. Muddermassenes innhold av forurensende stoff har variert både i type og mengde, men

det har vanligvis dreiet seg om klorerte hydrokarboner, kvikksølv og organisk stoff.

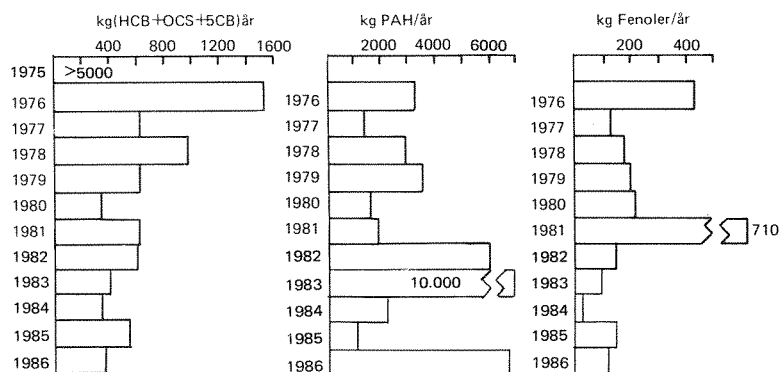


Fig. 2.5. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av organiske miljøgifter i (1975) 1976-86.

Diskusjonen om disse mudringsarbeidene har medført miljøgiftproblemer har gått høyt, spesielt i forbindelse med mudringen i 1974-75 (ca. 600.000 m<sup>3</sup>) under byggingen av petrokjemianleggene i Bamble.

Det er selvsagt mulig at det ennå kan bringes nye momenter inn i diskusjonen omkring mudringsarbeidene. Hittil har det imidlertid ikke fremkommet data som har vist annet enn lokale og kortvarige utslag på forurensningssituasjonen i Frierfjorden (Molvær og Skei 1986). Der er ikke data som med rimelig sikkerhet viser at mudringsarbeidene har gitt økt innhold av miljøgifter i blåskjell og fisk. Ved den siste mudringen (120.000 m<sup>3</sup>) utenfor Herøya i april-mai 1986 viste analyser av blåskjell utenfor Brevik ikke økt innhold av kvikksølv og klorerte hydrokarboner (Haver 1986). Torsk samlet høsten 1986 hadde heller ikke høyere miljøgiftkonsentrasjoner enn i tidligere år.

#### 2.4. Undersøkellesprogram

Overvåkingen av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva startet i 1977. Bakgrunn, målsetting og problemstillinger vedrørende forurensningsovervåkingen i Grenlandsfjordene og Skienselva er beskrevet i langtidsprogrammet (Rygg 1983). Tabellen viser hovedtrekkene i det opprinnelige forslaget.



	Hyppighet pr. intensivt år	Neste intensive periode (forslag)
Skienselva	12	1983-inntil videre
Hydrografi/hydrokjemi i fjordene	15	1987-1989
Miljøgifter i fisk	1	1983-inntil videre
PAH i blåskjell	2	1983-inntil videre
Sedimenter	1	1988
Fastsittende algesamfunn	1	1987-1989
Hardbunnssamfunn, stereofoto	2	1987-1989
Bløtbunnfauna	1	1988

I 1986 foregikk det et forskningsarbeid i Grenlandsfjordene som aktualiserte visse forandringer i opplegget for overvåkingsprogrammet for 1986 (Rygg 1985). Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) ved Group of Experts on Environmental Pollution (GEEP) under ledelse av prof. John Gray, Oslo, og prof. Brian Bayne, Plymouth, gjennomførte en "Workshop" i Grenlandsfjordene. Workshopens hovedmål var å evaluere ulike biologiske teknikker for å anslå forurensningspåvirkning. Det ble gjennomført et samarbeid mellom Workshopen og det statlige overvåkingsprogrammet.

Forandringene i forhold til langtidsprogrammet besto hovedsakelig i at sediment- og bløtbunnfaunaundersøkelser ble utført i 1986 i stedet for i 1988. Det anses ikke nødvendig å utføre disse delene igjen i 1988. Resultatene er med i foreliggende rapport. Et ytterligere tillegg i 1986 var utsettingen av sedimentfeller. For PAH i blåskjell ble programmet intensivert i 1985-86 med månedlige innsamlinger. I Skienselva skjedde ingen rutineovervåking, men det var en lokal oppfølging ved spesielle forurensningsepisoder.

På møte i Kontaktutvalget for fjordundersøkelser i Grenland (Skien, 27.11.1986) ble et forslag til overvåking i 1987 diskutert og kommentert. I et møte 20.1.1987 diskuterte representanter for SFT, Fylkesmannen i Telemark og NIVA overvåkingsprogrammet. Programmet for 1987 medfører en viss dreining i forhold til langtidsprogrammet. Først og fremst har dette sammenheng med forandringene som ble innledet i forbindelse med den internasjonale Workshop i 1986. Fylkesmannens forslag om at det utarbeides en ny bruksmålsetting for området hadde også betydning for overvåkingsprogrammets innhold (Rygg og Molvær 1987).

I 1987 innledes en brukerundersøkelse. Den skal omfatte nåværende og potensiell bruk av de indre og ytre fjordområdene, og hvilke bruker-konflikter som er til stede i forhold til forurensning. Det skal også

gis en beskrivelse av de naturgitte forhold og de begrensninger som ligger i disse. I neste omgang bør det utarbeides bruksmål og gjøres en samlet vurdering av behov for forurensningsbegrensende tiltak.

I 1987 skal det også utarbeides program for undersøkelser av eutrofisituasjonen i Grenlandsfjordene og utenforliggende kystvann, samt virkninger av tiltak.

### 3. SIKTEDYPMÅLINGER I FRIERFJORDEN

På st. BC1 i Frierfjorden har Porsgrunn Havnevesen målt siktedypet 2-5 ganger pr. måned siden august 1976. Vi har valgt å sammenligne 1986-målingene med tidsrommet 1978-85 (8 år).

Fig. 3.1. viser målingene i 1986. Minimum var 1.7 m den 19. april. Maksimum var 3.4 m den 23. september. Årsmiddel var 2.65 m (n=35).

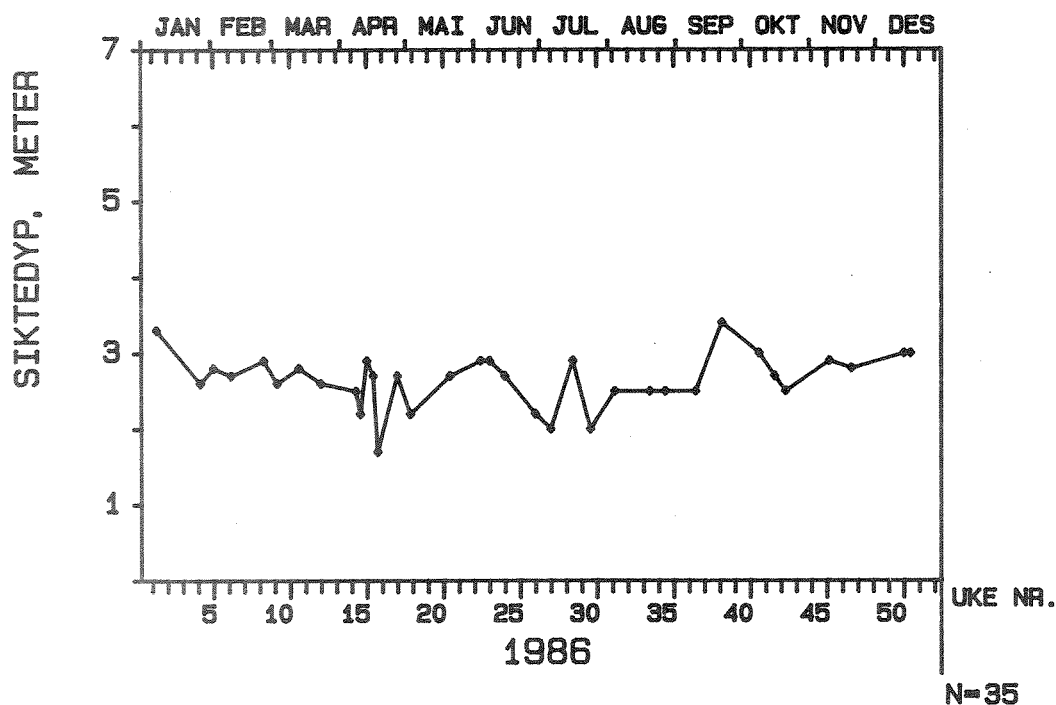


Fig. 3.1. Siktedypsmålinger i Frierfjorden 1986.

Fig. 3.2 viser månedsmidler for 1986 sammen med månedsmidler for 8-årsserien (1978-85). Spredningen i 8-årsserien er antydnet med et standardavvik på begge sider av middelverdiene. Bare for juni-september var siktedypet i gjennomsnitt i nærheten av gjennomsnittsverdien for 1978-85.

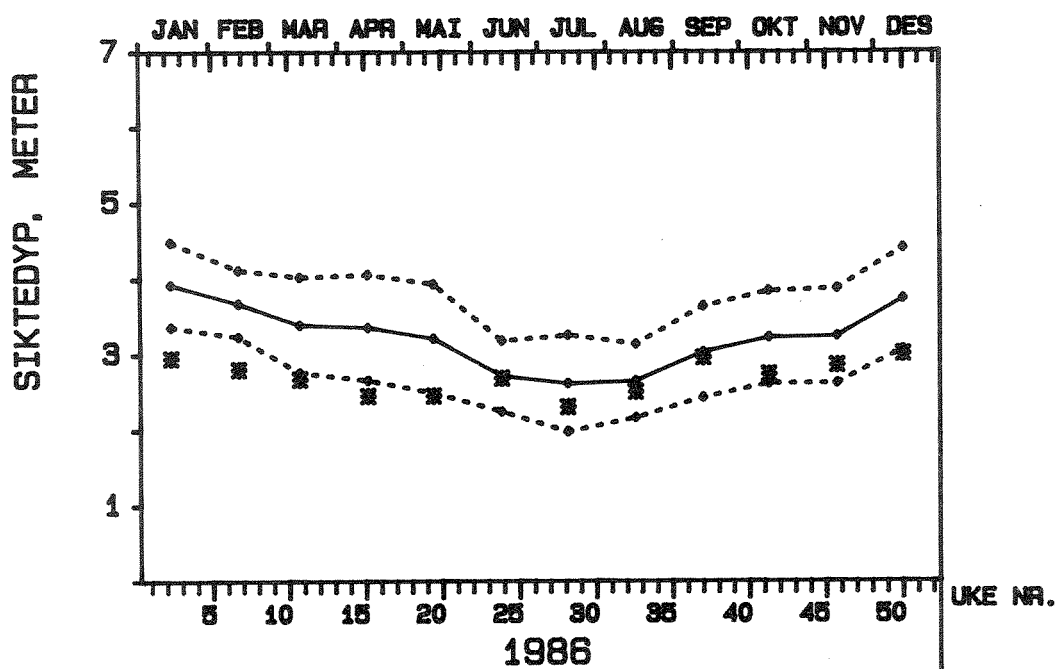


Fig. 3.2. Siktedyp på st. BC1, Frierfjorden. Midlere siktedyp for hver måned i 1986 ( $n=2-5$ ) er plottet (■) sammen med midlere månedlig siktedyp for tidsrommet 1978-1985 (heltrukken linje). Ett standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-1985 er angitt med stiplet linje.

Aritmetiske årsmidler for 1978-86 er vist på fig. 3.3. Med unntak for 1984 var siktedypet i 1986 signifikant dårligere enn de foregående 8 år ( $p < 0.05$ , t-test og Mann-Whitney test). Sammenligningen mellom 1984 og 1986 gav  $p \sim 0.08$  for t-testen og  $p = 0.03$  for Mann-Whitney.

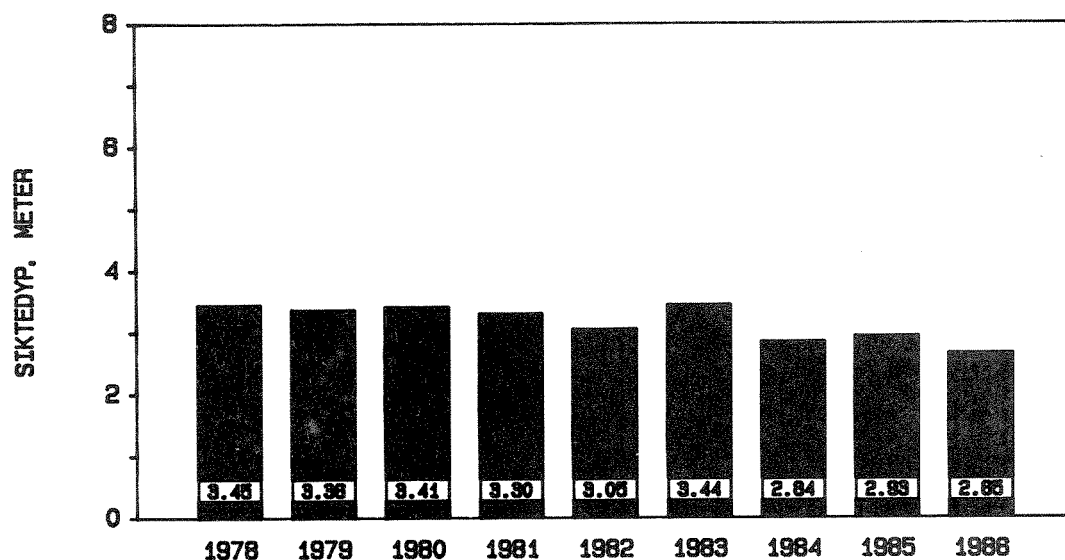


Fig. 3.3. Årsmidler av siktedyb på st. BC1, Frierfjorden.

Statistisk sett ( $p < 0.02$ ) var det ikke forskjell mellom siktedypet i månedene april-september og resten av året. Det viser at planteplanktonproduksjonen sommerstid bare har en liten innvirkning.

Av dette må vi kunne slutte at forverringen sannsynligvis skyldes at fjorden har fått økt tilførsel av partikulært materiale og oppløst stoff som gir farge. Resultatene fra de tre siste årene viser at denne økningen i hovedsak finner sted i vinterhalvåret (jfr. fig. 3.2).

Vi kjenner ikke årsaken til denne utviklingen. Målinger som kan klarlegge årsaken(e) til det dårlige siktedypet bør utføres. I 1987 er det satt igang målinger i Skienselva for å avgjøre hvor mye vannkvaliteten der bestemmer sikten i Frierfjorden.

#### 4. OKSYGEN OG VANNUTSKIFTNING

##### 4.1. Måleprogram

I 1986 ble det gjort målinger av oksygen, saltholdighet og temperatur i Frierfjordens (st. BC1) og Langesundsfjordens (st. FG1) dypvann ved fire anledninger:

21. januar	(ikke temperatur)	
21. oktober	} samtidig med utsetting eller tømning av sedimentfeller	
20. november		
18. desember		

Prøvene ble tatt fordi man allikevel var i området for å sette ut eller ha ettersyn med sedimentfeller. I januar og oktober ble det tatt prøver fra overflatelag til bunn. I november og desember strakk tiden bare til prøver fra selve dypvannet.

##### 4.2. Resultater

Alle data finnes i Vedlegg I og II. Vi vil først omtale oksygenforholdene i Langesundsfjorden, og minner om at dette fjordområdet har en ca. 55-60 m dyp terskel mot Langesundsbukta i fjordens søndre del.

Fig. 4.1 viser den vertikale oksygenprofilen i januar og i oktober. I oktober vil dypvannet fra bunn og opptil ca. 80 m normalt ha vært overveiende stagnant i flere måneder, og oksygenkonsentrasjonene i ferd med å avta.

Utviklingen mot slutten av året er vist på fig. 4.2, som viser resultatene fra 80 m og 105 m dyp. Etter prøveserien i oktober ble dypvannet delvis fornyet gjennom vannutskiftningen. I alt vesentlig foregikk dette ned til 80-85 m dyp. En temperaturøkning i 105 m dyp fra 5.53<sup>0</sup>C (oktober) til 5.73<sup>0</sup>C (november) og videre til 6.45<sup>0</sup>C (desember) viser en viss vannutskiftning i dette nivået også.

Konsentrasjonen var 2.12 ml O<sub>2</sub>/l (31% metning) i 105 m dyp den 18. desember. Det samsvarer med ca. 2.5 ml O<sub>2</sub>/l som i november 1980, 1983 og 1984 ble målt i samme dyp. Resultatet stemmer således med tidligere beregninger som tyder på at oksygenforbruket nær bunnen på denne stasjonen ikke har endret seg vesentlig de seneste 10 år.

## STASJON FG1

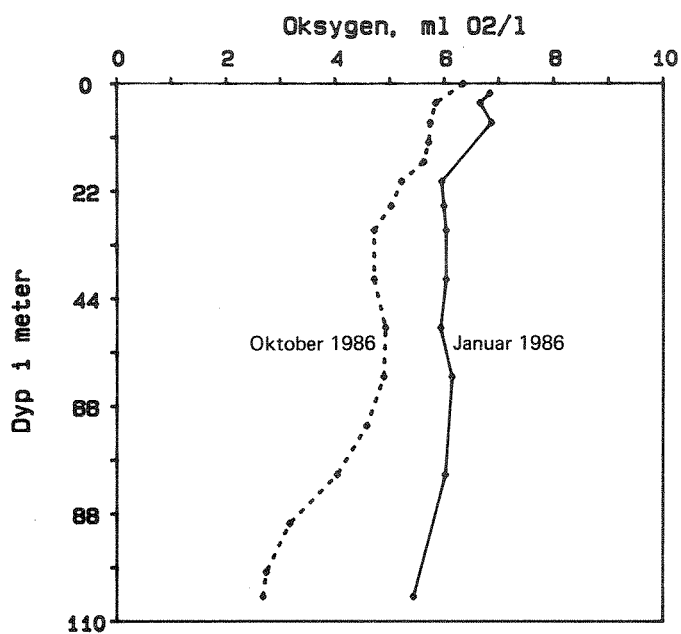


Fig. 4.1. Vertikale oksygenprofiler i Langesundsfjorden i januar og oktober 1986.

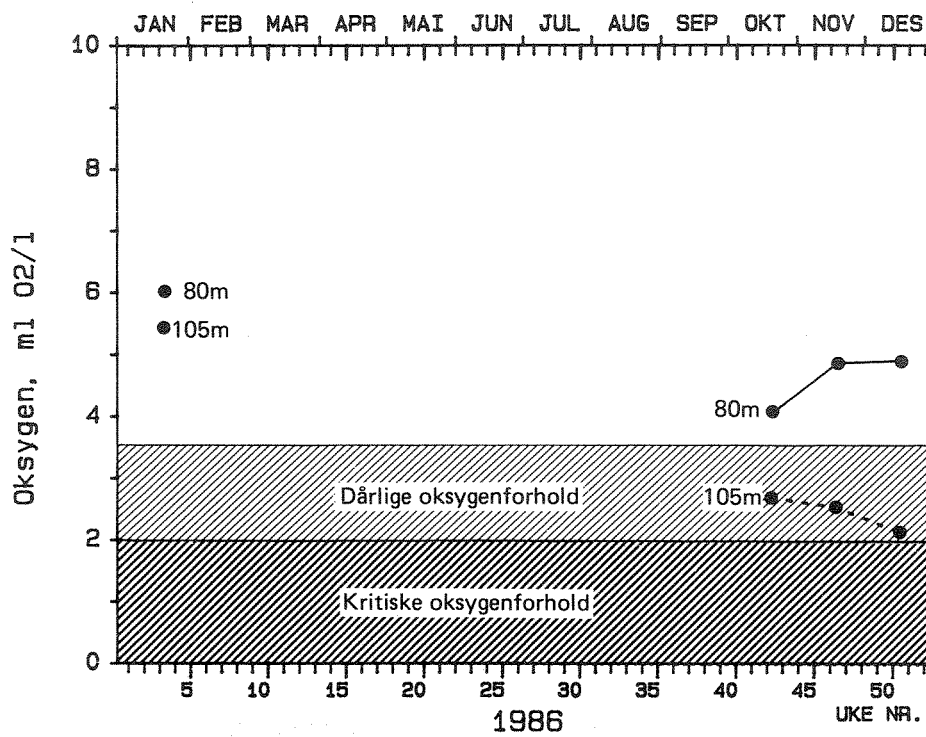


Fig. 4.2. Oksygenmålinger i 80 m og 105 m dyp i Langesundsfjorden i 1986

Resultatene fra st. BC1, Frierfjorden, er framstilt på samme måte som dataene fra Langesundsfjorden. Målingene i januar og oktober viste i begge tilfeller dårlige ( $<3.5 \text{ ml O}_2/\text{l}$ ) til kritiske ( $<2 \text{ ml O}_2/\text{l}$ ) oksygenforhold under 30-40 m dyp, fig. 4.3.

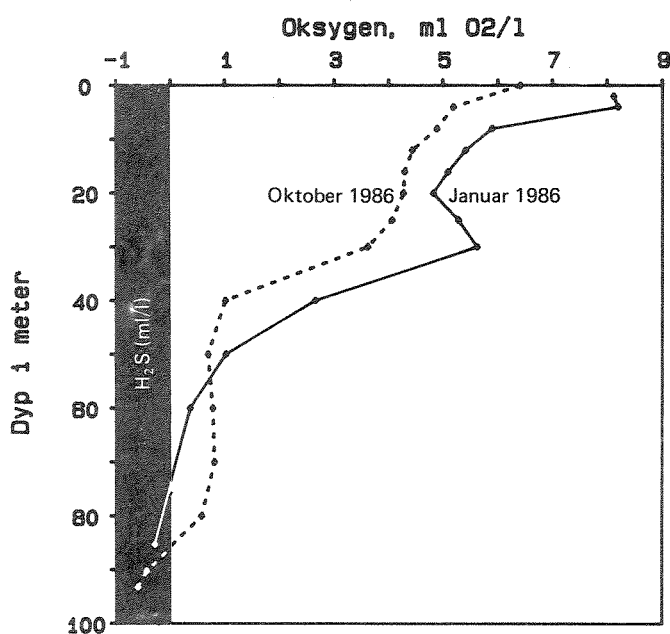


Fig. 4.3. Vertikale oksygenprofiler i Frierfjorden i januar og oktober 1986.

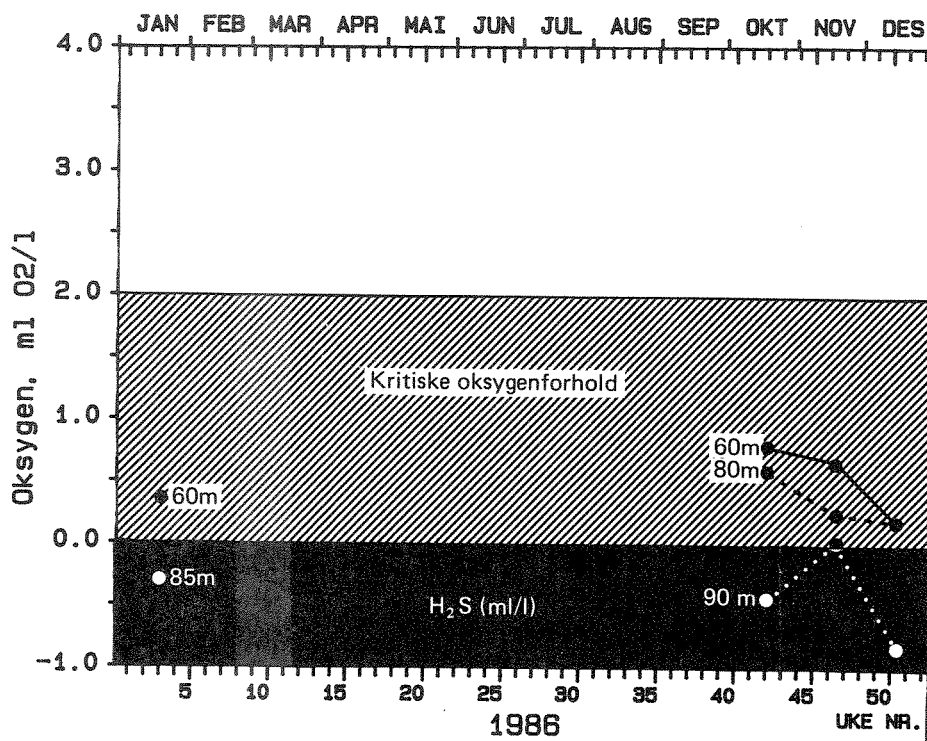


Fig. 4.4. Oksygenmålinger i 60 m, 80 m og 90 m dyp i Frierfjorden i 1986.



Fig. 4.4 viser utviklingen i 60-90 m dyp mot slutten av året. Som i Langesundsfjorden viser endringene i temperatur og saltholdighet at det var en viss tilførsel av nytt vann etter oktobertoktet. Mengdene var imidlertid små, og forbedringen rent midlertidig.

## 5. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL

*Det er konstatert høye konsentrasjoner av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Grenlandsfjordene. Helsedirektoratet har frarådet konsum av blåskjell fra hele Brevik-Langesundområdet. Disse områdene er heller ikke egnet for akvakultur. Resultatene fra 1986 viser at det er samme grunnlag for restriksjoner nå som tidligere. Det er nå innført omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene. Hvis PAH-forurensningen ikke skal være i konflikt med bruksinteresser (dyrking og konsum av blåskjell), må utslippene reduseres.*

Blåskjell for analyse av innhold av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble samlet inn månedlig i hele 1986, bortsett fra november og desember. I april-mai ble det samlet og analysert noen ekstra prøver fra Croftholmen ved Brevik. I Åbyfjorden ble det bare tatt prøver i mai-oktober. Prøvene ble tatt på følgende stasjoner (Fig. 5.1).

- C1 Croftholmen
- A6 Risøyodden, Langesundsfjorden
- A3 Båteberget, Helgerofjorden
- A1 Åbyfjorden

Hver analyse omfatter en blandprøve av ca. 50 blåskjell i størrelsesgruppen 3-9 cm.

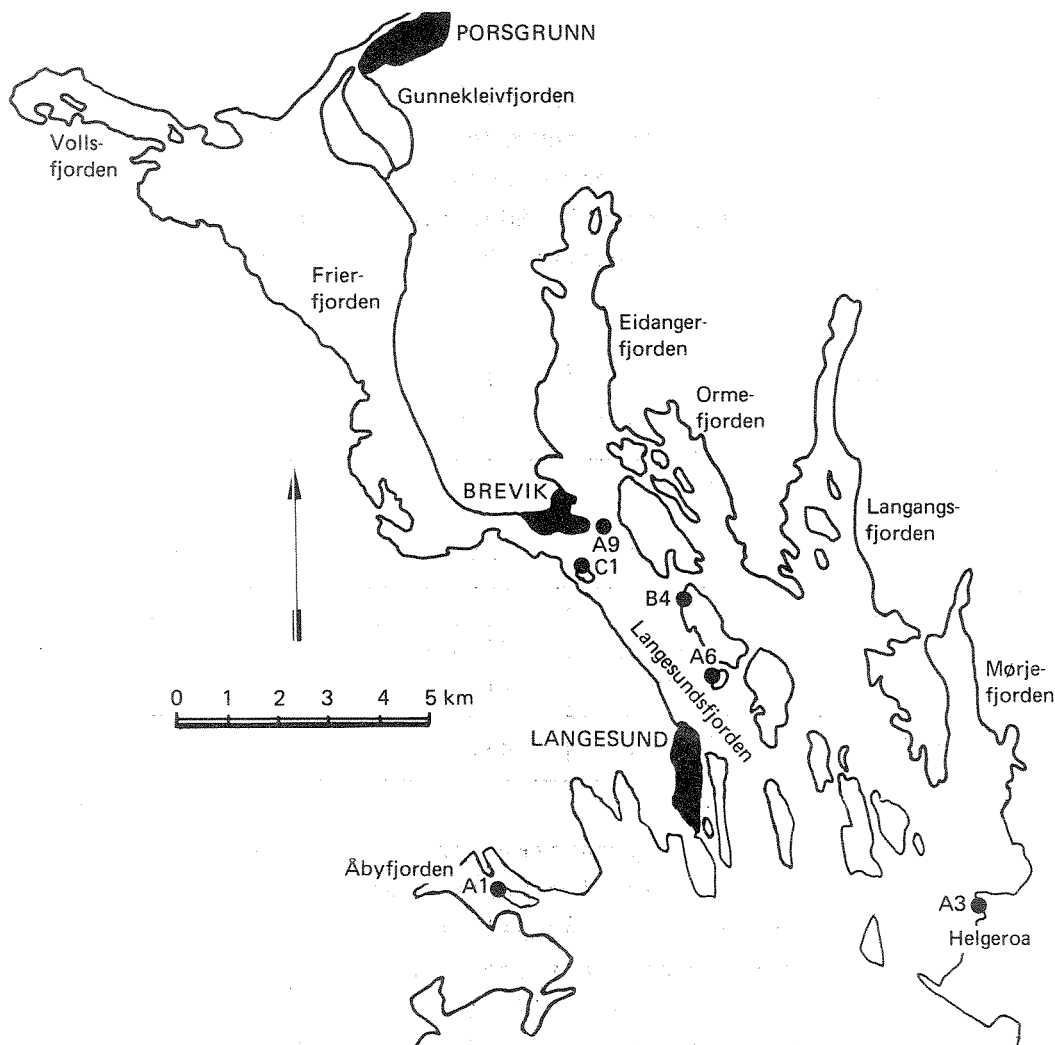


Fig. 5.1. Stasjoner for innsamling av blåskjell.

Rådata fra 1986-registreringene finnes i Vedlegg III og IV, hvor også summen av PAH og kreftfremkallende PAH-forbindelser innen gruppen KPAH<sup>1</sup> er vist. Figur 5.2 viser PAH i blåskjell i tiden 1980-86. Tabell 5.1 viser de eksakte verdier og datoer. Stasjonene B4 og A6 ligger nær hverandre og omtrent like langt fra den antatte hovedkilde for PAH (PEA i Porsgrunn) og må derfor antas sammenlignbare mht. belastning. Det samme gjelder stasjonsparet A9/C1.

På grunnlag av analyser av avløpsvannet fra PEA er PAH-utslippet i 1986 beregnet til ca. 7 tonn pr. år.

<sup>1</sup> KPAH er summen av moderat til sterkt kreftfremkallende PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). De aktuelle stoffene er merket \*\* og \*\*\* i vedleggstabellene.

Det er konstatert høye PAH-konsentrasjoner i blåskjell fra alle lokalitetene, men høyest i Brevik-Langesundområdet (A9, C1, A6 og B4). Siden undersøkelsene startet i 1980 har konsentrasjonene vist store svingninger med maksimumsverdier opptil 150 ganger en antatt "normal-konsentrasjon" på <math>0,5-1,0\text{ mg/kg}</math> (Knutzen 1987). Medianverdiene (mg/kg) er (Tabell 5.1):

Tabell 5.1. Medianverdier av PAH i blåskjell (ppm tørrvekt) i Grenlandsfjordene 1980-1986. n=antall analyser.

	A1 Åbyfjord	A3 Helgeroa	A6(B4) Langesundsfj	C1(A9) Brevik
1980-84	- (n=0)	4,9 (n=8)	11,8 (n=8)	21,5 (n=8)
1985	4,0 (n=4)	7,8 (n=11)	33,6 (n=10)	33,6 (n=11)
1986	2,2 (n=6)	3,3 (n=9)	21,8 (n=10)	27,2 (n=14)
Totalt	2,8 (n=10)	6,2 (n=28)	24,4 (n=28)	30,7 (n=33)

PAH-innholdet i blåskjell reiser hygieniske spørsmål som helsemyndighetene har hatt til vurdering. Helsedirektoratet uttalte i et brev til SFT at forurensningsnivået av PAH i blåskjell fra hele fjordområdet var høyt sett i forhold til Verdens Helseorganisasjons (WHO) anbefaling om akseptabelt daglig inntak (ADI) av 6 utvalgte PAH-forbindelser via drikkevann. Konsum av blåskjell fra hele Brevik-Langesundområdet ble derfor frarådet. Disse områdene var heller ikke egnet for akvakultur. Resultatene fra 1986 viser at det er samme grunnlag for frarådsninger nå som tidligere. Det er nå innført omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene.

Hvis PAH-forurensningen ikke skal være i konflikt med bruksinteresser (dyrking og konsum av blåskjell), må utslippene reduseres betydelig.

I forhold til andre fjorder kan forurensningsgraden av PAH i blåskjell karakteriseres som høy, men ikke så ekstrem som i f.eks. Ranafjorden og Saudafjorden (Knutzen et al. 1982, Knutzen 1984).

Analyser av kvikksølv i blåskjell fra Croftholmen (C1) indikerte at kvikksølvnivået i fjorden er redusert med 30-40% fra 1980-82 til 1986 (Haver 1986).

Analyser av heksaklorbenzen (HCB) i blåskjell fra Croftholmen i mars-august 1986 viste verdier som lå innenfor det vanlige variasjons-

området for perioden 1976-86 (Haver 1986).

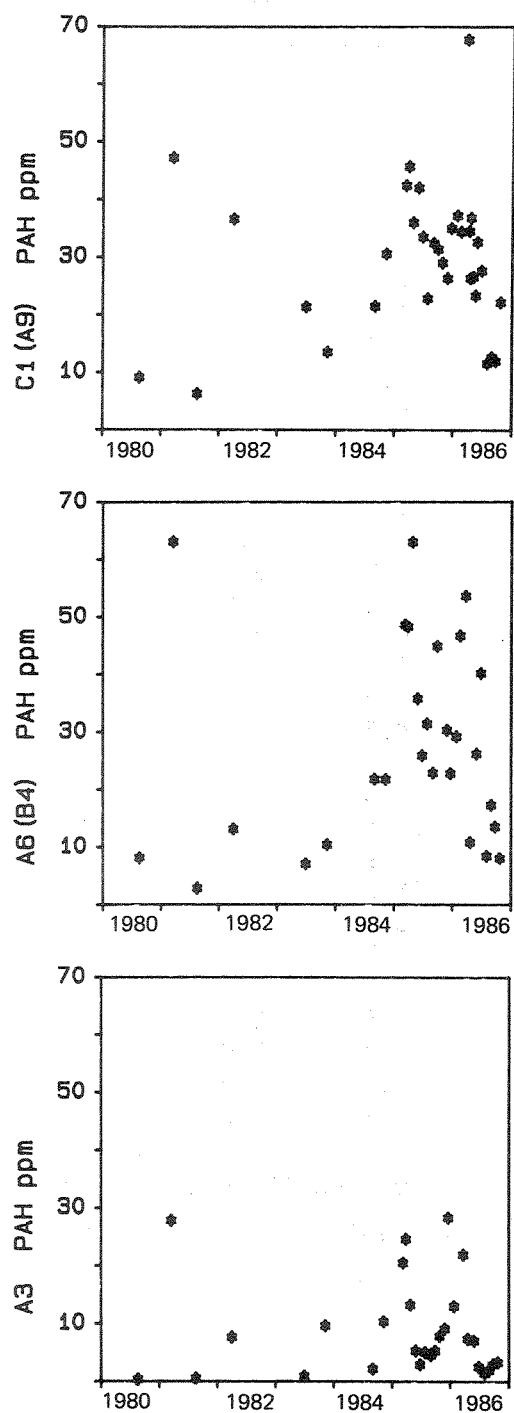


Fig. 5.2. Konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Brevik (C1 og A9), Langesundfjorden (A6 og B4) og Helgeroa (A3), basert på tørrvekt.

Tabell 5.2. Total PAH (ppm tørrvekt) i blåskjell i Grenlandsfjordene.

Dato	A3	A6/B4	A9/C1	Åbyfjord	Farm 1	Farm 2
800820	0.36	8.1	9.1			
810317	27.8	63.0	47.2			
810819	0.56	2.8	6.2			
820401	7.6	13.1	36.7			
830628	0.90	7.0	21.4			
831109	9.6	10.4	13.6			
840830	2.14	21.8	21.5			
841108	10.3	21.8	30.7			
850308	20.5	48.6	42.5			
850328	24.6	48.3	45.8			
850426	13.2	63.0	36.1			
850529	5.3	35.8	42.1			
850626	2.9	25.9	33.6			
850726	5.0	31.4	22.9			
850830	4.5	22.9	32.5	4.9	18.7	3.4
850927	5.2	44.9	31.5	3.1		
851025	7.8	-	29.1	2.5		23.5
851126	9.1	30.3	26.4	6.0		
851219	28.3	22.8	35.1			
860124	13.0	29.2	37.3			
860218	-	46.7	34.5			
860320	21.9	53.6	67.7			
860410	-	-	34.6			
860415	-	-	26.4			
860419	7.3	10.8	36.9			
860503	-	-	26.6			
860518	-	-	23.4			
860528	7.0	26.2	32.7	5.9		
860624	2.5	40.2	27.7	6.4		
860730	1.4	8.4	11.6	1.1		
860829	1.9	17.3	12.7	2.0		
860922	2.9	13.5	12.0	1.0		
861021	3.3	8.0	22.2	2.3		

Blåskjellfarmene i Åbyfjorden (Farm 1 og 2) er nå nedlagt pga. langvarige problemer med giftige alger.

## 6. MILJØGIFTER I TORSK

*Analysene av torsk viser at miljøgiftinnholdet i fisk grovt sett ikke har forandret seg i perioden 1978-1986. Visse fluktuasjoner av HCB i fisk ser ut til å ha sammenheng med fluktuasjoner i utslippene.*

*På bakgrunn av resultater fram til 1983 uttalte Helsedirektoratet at anbefalingene om begrenset konsum av fisk som ble gitt i 1981 burde stå ved lag. De siste års målinger ser ikke ut til å ha endret grunnlaget for disse anbefalingene. Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Frierfjorden og Volls fjorden bør derfor begrenses til høyst to måltider pr. uke. Fiskelever og ål bør ikke spises i det hele tatt. Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Eidangerfjorden begrenses til fire ganger pr. uke. Filet fra fisk (unntatt ål) fanget andre steder i Grenlandsområdet kan konsumeres fritt.*

*På bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner i fisk bør det vurderes om det er behov for skjerpede advarsler mot konsum.*

*Hvis det skal være et mål at fisk fra hele fjordområdet skal kunne spises uten frykt for miljøgifter, må utslippene av klorerte hydrokarboner reduseres ytterligere.*

### 6.1. Datamaterialet

Høsten 1986 ble det samlet og analysert 54 torsk fra Frierfjorden og 6 fra Eidangerfjorden. Muskel og lever ble undersøkt for henholdsvis kvikksølv og persistente klorerte hydrokarboner av Nordisk Analyseresultater. For bare 4 av de 6 fiskene fra Eidangerfjorden foreligger det data for klorerte hydrokarboner i lever.

Vi har gjort en statistisk analyse av både 1986-dataene og resultater fra tidligere år i Frierfjorden.

Det foreligger data for nærmere 700 torsk fra Frierfjorden, fanget inn i årene 1968 til 1986.

Tabell 6.1 viser hvilke data som er brukt. For endel fisk mangler noen av opplysningene. Forkortelsene i tabellen står for:

HCB = Heksaklorbenzen, OCS = Oktaklorstyren, DCB = Decaklorbifenyyl, Hg = Kvikksølv.

Tabell 6.1. Dataoversikt for torsk fra Frierfjorden.

Variabel	Antall fisk med verdi på denne variabelen
Vekt	692
HCB i lever	565 (fra 1975)
OCS i lever	565 (fra 1975)
DCB i lever	446 (fra 1975)
Hg i filet	691 (fra 1968)

### 6.2. Gruppering i tid

Data er  $\log_{10}$ -transformert og gruppert i årsperiode fra 1.7. til 30.6. Hver periode er identifisert med et årstall for 1. halvår i perioden, slik at f.eks. 1.7.84 - 30.6.85 er benevnt som periode 84.

### 6.3. Vektkorrigerings

Under stasjonære forhold vil det være en positiv sammenheng mellom konsentrasjon og vekt, vanligvis lineært i log-skala. Det kan være bedre sammenheng mellom konsentrasjon og alder enn med vekt, men det er for få fisk hvor alder er oppgitt i det materialet som finnes. For hver årsperiode er det beregnet regresjon av  $\log_{10}$  (kons) mot  $\log_{10}$  (vekt). Midlere regresjonskoeffisient over alle år for denne sammenhengen er deretter beregnet som veiet middel over årsverdiene. Hver årsverdi er gitt en vekt  $1/SD^2$ , hvor  $SD$  = standardavvik for årsverdien på regresjonskoeffisienten. Det gir det mest nøyaktige estimatet.

Det er undersøkt om det er bedre å bruke ulike regresjonskoeffisienter fra år til år. Estimaten for regresjonskoeffisientene fra år til år varierer sterkt, men det er ikke mulig å si om dette skyldes tilfeldige variasjoner i utvalget av fisk, eller om det er reelle variasjoner i vektavhengighet fra år til år.

Vektkorrigeringsen er derfor foretatt som før, med en felles regresjonskoeffisient for hele tidsperioden, bestemt som et veiet gjennomsnitt av regresjonskoeffisientene fra de enkelte år.

Analysene på det utvidete data-settet ga forholdsvis små endringer i vektkorrigeringsen:



$$\begin{aligned} \log(\text{HCB}) &= \log(\text{HCB}_1) + 0.86 \cdot \log(\text{vekt}) && \text{endret fra } 0.77 \\ \log(\text{OCS}) &= \log(\text{OCS}_1) + 0.82 \cdot \log(\text{vekt}) && \text{endret fra } 0.77 \\ \log(\text{DCB}) &= \log(\text{DCB}_1) + 0.61 \cdot \log(\text{vekt}) && \text{endret fra } 0.57 \\ \log(\text{HG}) &= \log(\text{HG}_1) + 0.55 \cdot \log(\text{vekt}) && \text{som før } 0.55 \end{aligned}$$

Vekt skal settes inn målt i kg. Verdiene  $\log(\text{HCB}_1)$ , etc. angir log-konsentrasjoner korrigert til fisk med vekt 1 kg.

#### 6.4. Analyse av vektkorrigerede data, Frierfjordfisk

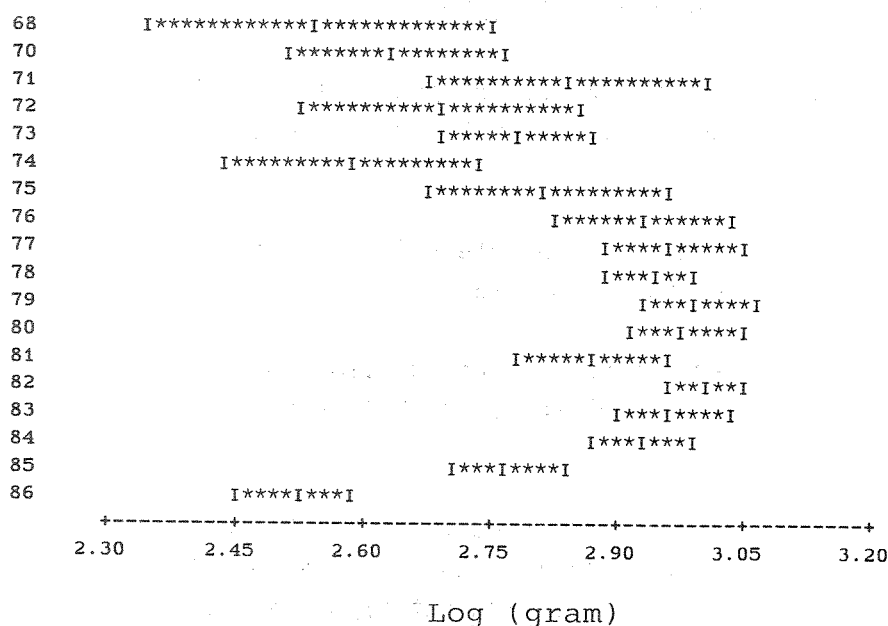
##### 6.4.1. Variasjoner fra år til år

For hver variabel er det utført variasjonsanalyse på vektkorrigerede  $\log_{10}$ -verdier, klassifisert etter årsperiode.

Denne analysen gir for alle fire variable en klar forskjell mellom årsperiodene, med signifikansnivå  $\ll 0.01$ .

Det er også nå gjort variansanalyse på  $\log(\text{vekt})$ , for å se om det er systematiske forskjeller i fiskestørrelse mellom ulike år, og om det i tilfelle kan ha sammenheng med de observerte konsentrasjonsvariasjoner.

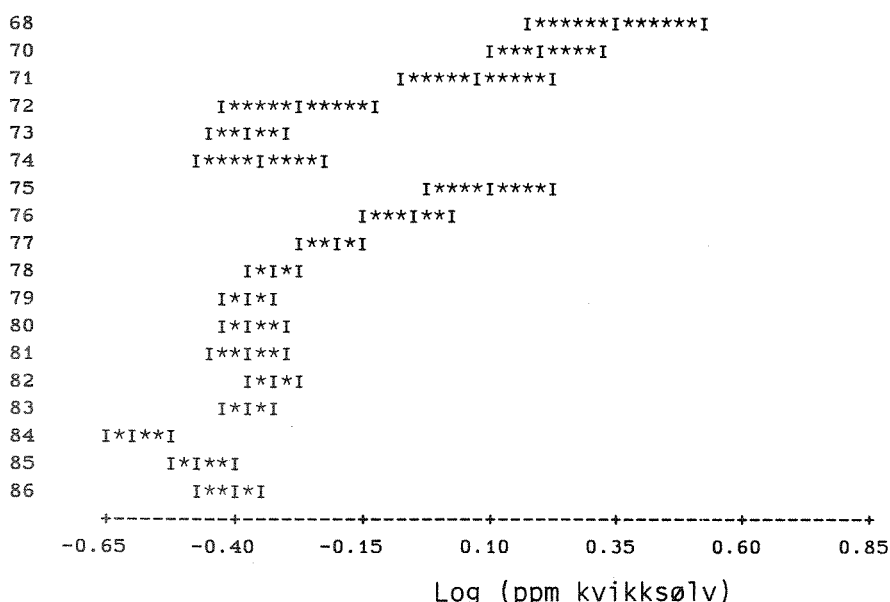
Diagrammet nedenfor viser gjennomsnitt med 95% konfidensintervall for  $\log_{10}(\text{vekt})$  i årene 1968 til og med 1986 for fisk hvor Hg er bestemt: (tilsvarer geometrisk gjennomsnitt for vekt).



Gjennomsnittsvekten er klart lavere før 1975 sammenlignet med årene etter 1975-1984. (Signifikansnivå  $\ll 0.01$ ). Spesielt for årene 68, 70, 72 og 74 er Hg-verdiene basert på fisk med gjennomsnittlig lav vekt.

Når det gjelder tiden etter 1975 har fisken fra 1985 og spesielt 1986 signifikant lavere vekt enn i de fleste andre år etter 1975.

Variasjonen i gjennomsnittsvekt viser imidlertid ingen markert sammenheng med variasjonene i Hg-verdi etter vektkorrigerings. For Hg er det også klart signifikante variasjoner over tid (se diagrammet nedenfor).



Fisken fra 1986 har omtrent samme konsentrasjonsnivå som ellers i årene siden 1978-79. Nedgangen i 1984 kan ha vært bare en tilfeldig svingning.

Plott av geometrisk snitt med konfidensintervall som funksjon av tid er gjort som før, med tilleggsdata for 1986.

Gjennomsnitt for 1986 ligger noe høyere enn for 1985 for Hg og DCB, noe lavere for HCB og OCS. Forskjellene er forholdsvis ubetydelige (Fig. 6.1-6.4).

Tidligere analyser av HCB-data viste en nedgang i 1983. Nedgangen fulgtes av en økning i 1984 og spesielt i 1985. Det er en klar sammenheng mellom utslippene av HCB og konsentrasjonene i torsk (Fig. 6.2).

Det må bemerkes at konsentrasjonene gjelder omregnede verdier til "normalfisk" på 1 kg. Mye av fisken som spises kan være større, og vil da inneholde høyere konsentrasjoner.

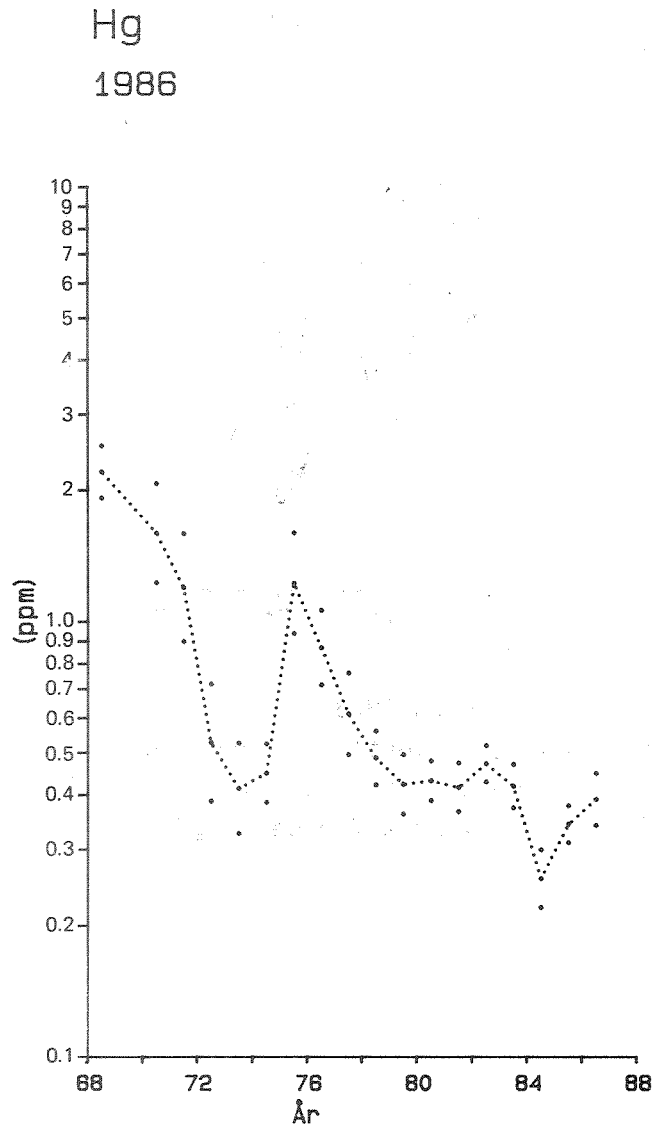


Fig. 6.1. Kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i muskel i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

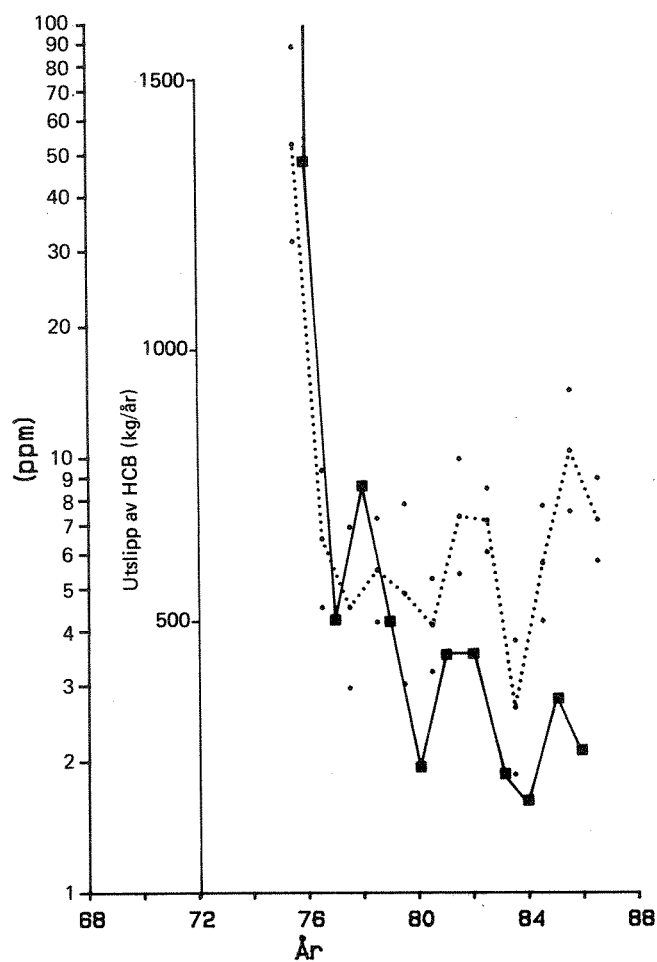


Fig. 6.2. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) (.....) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg. Utslipp av HCB (—) til Frierfjorden (kg/år).

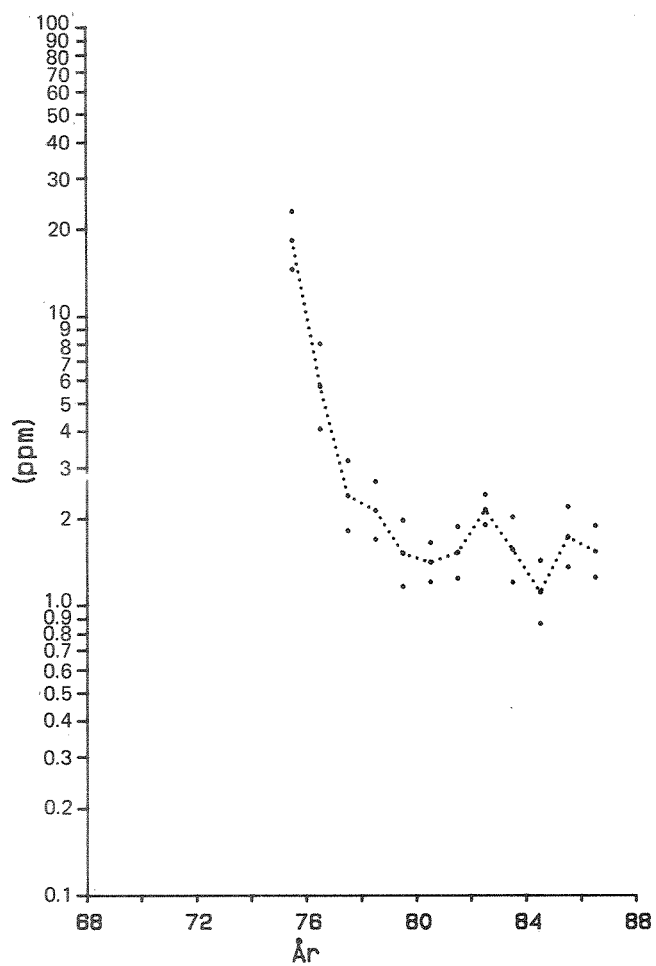


Fig. 6.3. Oktaklorstyrenkonsentrasjon (OCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

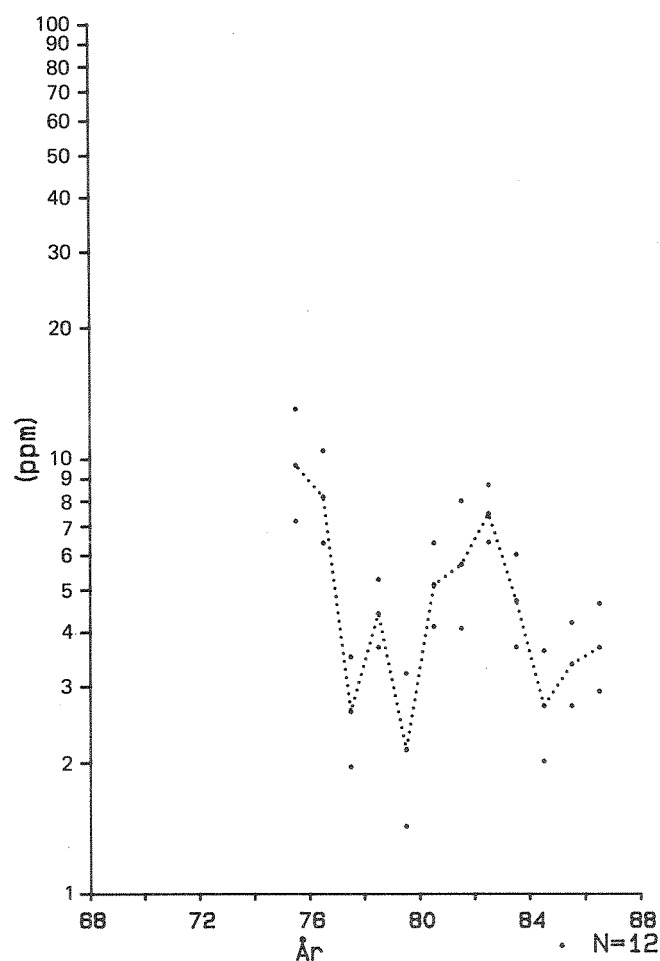


Fig. 6.4. Dekaklorbifenylkonsentrasjon (DCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

#### 6.4.2. Kumulativ frekvensfordeling

Denne dataanalysen er gjort for å teste om det opptrer flere subpopulasjoner i materialet, eller om det representerer en populasjon med en log-normalfordeling av verdiene.

Nytt datasett for siste periode (1986) er tegnet i kumulative frekvensfordelingsdiagrammer (Fig. 6.5-6.8).

X-aksen viser vektkorrigert konsentrasjon (tilsvarende fisk på 1 kg) på log-skala. Y-aksen viser kumulativ sannsynlighet på normal-

fordelingsakse. Dette tilsvarer plotting på log-normalt papir, hvor observasjonene skal ligge rundt en rett linje hvis det er log-normal fordeling.

Resultatene viser forholdsvis tydelige knekk i kurvene for HCB og OCS, men ikke for kvikksølv og DCB. Dette kan tyde på to populasjoner i materialet. Mangelen på utslag i kurvene for Hg og DCB kan skyldes at det er slakkere gradienter i forurensningen med Hg og DCB enn i forurensningen med HCB og OCS. Det kan også bero på forskjeller i fiskens opptaks- og utskillingsrater for de ulike stoffene. Lignende resultater fant en i 1984 og 1985.

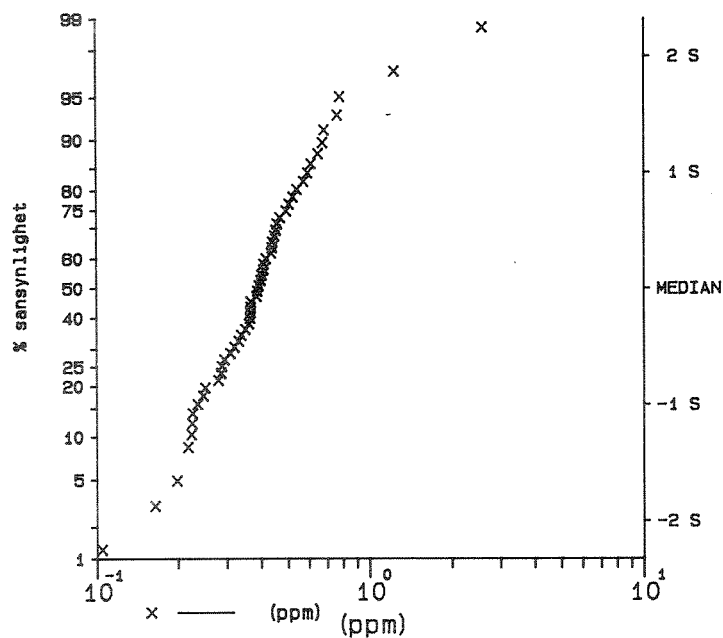


Fig. 6.5. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av kvikksølvkonsentrasjoner i muskel i torsk fra Frierfjorden 1986. (S = standard avvik).

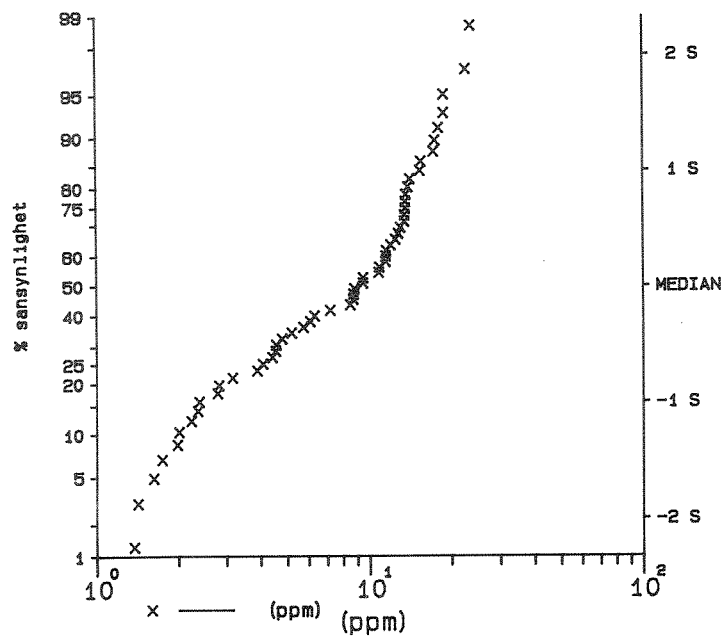


Fig. 6.6. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av heksaklorbenzen-konsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.

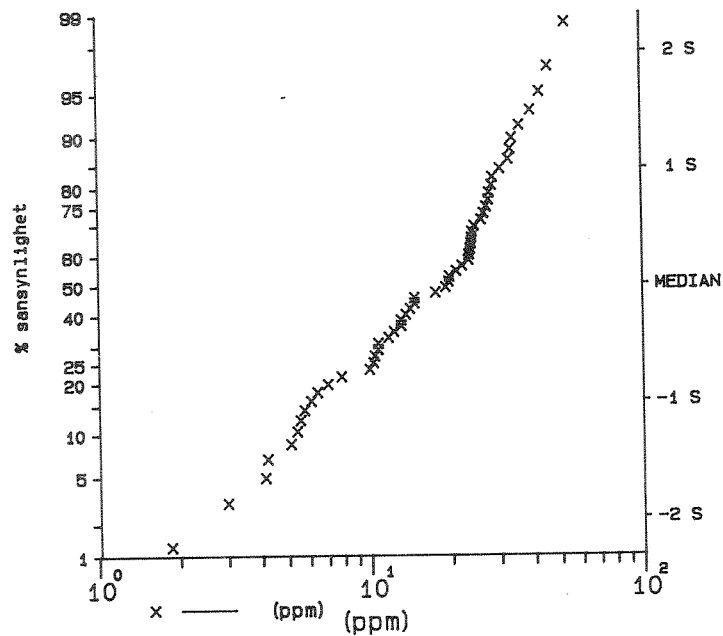


Fig. 6.7. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av oktaklorstyren-konsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.



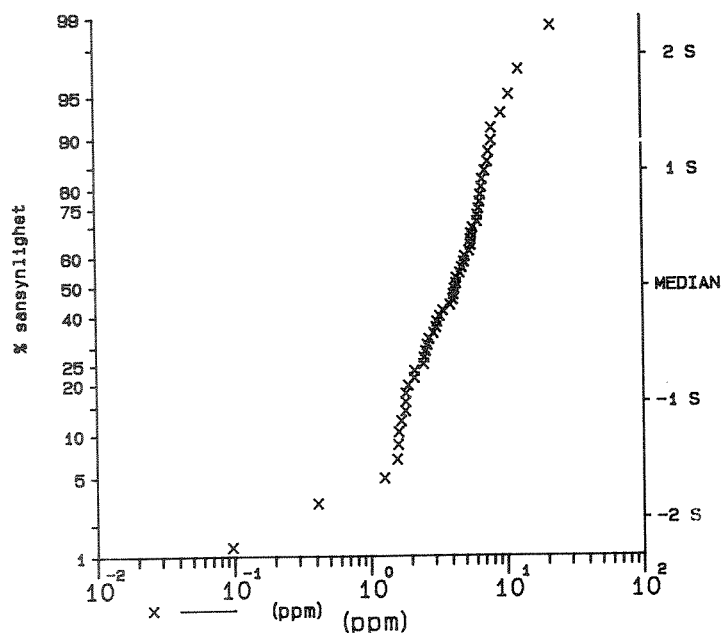


Fig. 6.8. Kumulativ frekvensfordelingsdiagram av dekalorobifenyl-konsentrasjoner i lever i torsk fra Frierfjorden 1986.

#### 6.5. Fisk fra Eidangerfjorden

Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Eidangerfjorden var forholdsvis høye i 1976-77, men har senere avtatt og ligger på noe under halvparten av nivået i Frierfjordfisk (Fig. 6.9).

Konsentrasjonene av HCB og OCS i fisk i Eidangerfjorden var høye i 1976, men avtok i 1977 og har siden ligget på 10-15% av nivået i Frierfjorden. Konsentrasjonen av DCB har, som i Frierfjorden, variert betydelig uten å vise noen langtidstrend (Fig. 6.9-6.10).

Resultatene fra Eidangerfjorden er basert på betydelig færre fisk enn for Frierfjorden og er derfor mer usikre.

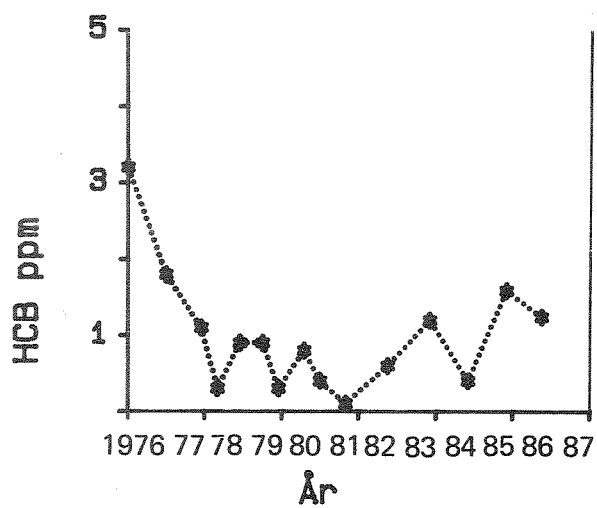
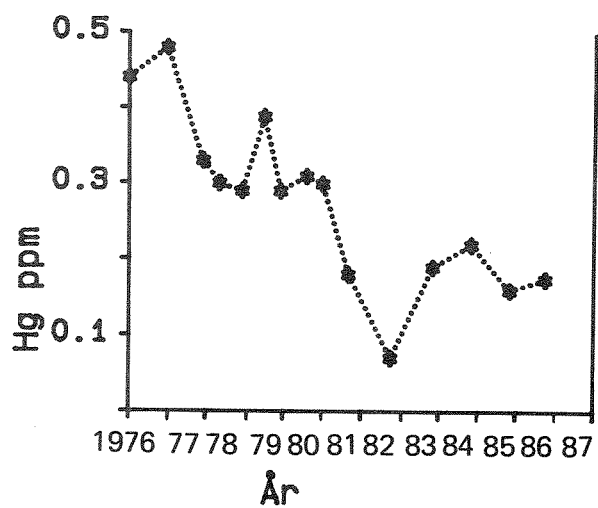


Fig. 6.9. Medianverdier for kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i muskel og heksaklorbenzen (HCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1986 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.

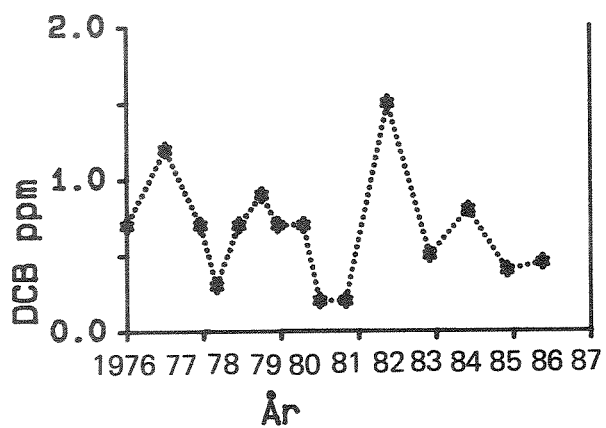
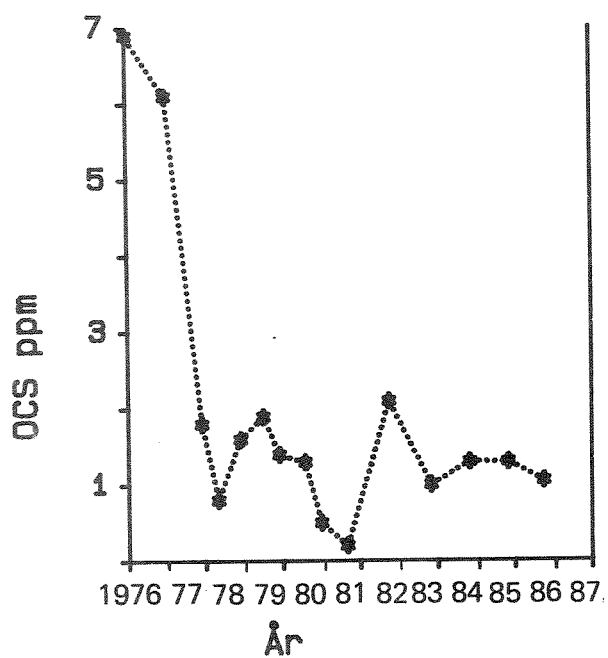


Fig. 6.10. Medianverdier for konsentrasjoner av oktaklorstyren (OCS) og dekalorobifenyli (DCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976- 1986 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.

## 6.6. Klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner

I 1986 har Norsk institutt for luftforskning (NILU) på oppdrag for Norsk Hydro analysert avløpsvann fra magnesiumfabrikken på Herøya, samt filet av torsk fra Frierfjorden og Nevlunghavn. I prøvene ble det påvist polyklorerte dibenzodioksiner (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF) (Oehme og Manø 1986). Utslipppet er beregnet til 131 gram 2,3,7,8-tetraklordioksinekvivalenter pr. år. Det finnes 75 forskjellige PCDD og 135 PCDF. Disse stoffene er tidligere ikke påvist i fisk fra Grenland. En antar at utslippene av disse stoffene fra Herøya ikke er av ny dato, og at forbedrede analysemetoder er årsaken til at de nå kan påvises. Konsentrasjonene er uhyre lave og analysene vanskelige. Til tross for små mengder er det grunn til å ta denne forurensningen alvorlig, fordi enkelte av stoffene er ekstremt giftige. Den dødelige dosen er på noen få mikrogram/kg kroppsvekt for noen forsøksdyr. Forøvrig kan disse forbindelsene forårsake hudsykdommer, lever-, nerve- og genskader og undertrykker immunsystemet. Videre kan de forsterke effekten av kreftfremkallende stoffer. Stoffene er meget fettløselige og viser liten tendens til biologisk nedbrytning. Dette øker faren for oppkonsentrering i næringskjeder og forekomst i mennesker.

Kartleggingen av PCDD og PCDF i Grenlandsfjordene fortsetter i 1987 og bør fra 1988 tas med som en del av overvåkingsprogrammet. Det er særlig aktuelt å se på konsentrasjonene i fettholdige sjøprodukter, som torskelever, skrubbe og ål. Sedimenter vil bli analysert for å få et inntrykk av geografisk spredning og samvariasjon med andre forurensningskomponenter. Helserisiko ved konsum av sjøprodukter bør vurderes, og det bør inkluderes en vurdering av eventuell additiv (samlet) effekt av PCDD, PCDF, klorerte benzener, styrener, bifenyler, kvikksølv og PAH, som alle opptrer i overkonsentrasjoner i sjøprodukter fra Grenland.

## 6.7. Konklusjon

Analysene av torsk viser at miljøgiftinnholdet i fisk grovt sett ikke har forandret seg i perioden 1978-1986. Visse fluktuasjoner av HCB i fisk ser ut til å ha sammenheng med fluktuasjoner i utslippene.

På bakgrunn av resultater fram til 1983 uttalte Helsedirektoratet at anbefalingene om begrenset konsum av fisk som ble gitt i 1981 burde stå ved lag. De siste års målinger ser ikke ut til å ha endret grunnlaget for disse anbefalingene. Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Frierfjorden og Volls fjorden bør derfor begrenses til høyst to måltider pr. uke. Lever og ål bør ikke spises i det hele tatt. Konsum av

fiskefilet fra fisk fanget i Eidangerfjorden begrenses til fire ganger pr. uke. Filet fra fisk (unntatt ål) fanget andre steder i Grenlandsområdet kan konsumeres fritt.

På bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner i fisk bør det vurderes om det er behov for skjerpede advarsler mot konsum.

Hvis det skal være et mål at fisk fra hele fjordområdet skal kunne spises uten frykt for miljøgifter, må utslippene av klorerte hydrokarboner reduseres.

## 7. MILJØGIFTER I SEDIMENTER

*Bunnsedimentene i Frierfjorden er sterkt forurensset av kvikksølv, kadmium, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og klororganiske forbindelser. Spesielt PAH og heksaklorbensen (HCB) spres også til de ytre fjordområdene. Sammenlignet med tidligere undersøkelser er konsentrasjonene noe lavere for metaller og PAH, for klorerte forbindelser tildels betydelig lavere.*

### 7.1. Materiale og metoder

Sedimentprøver ble innsamlet 21.-22. januar 1986 (Fig. 7.1) med en "gravity corer" (Niemi 1974) og snittet ombord i 1 eventuelt 2 cm tykke skiver. Prøvene ble lagret dypfryst inntil analyse.

Analyse av metallinnhold ble utført av både NIVA og Universitetet i Oslo (UiO). På NIVA ble prøvene oppsluttet i 50% salpetersyre ved 110<sup>0</sup> i 1/2 time. Ved UiO ble prøvene oppsluttet i varm 1:3 salpetersyre over natta.

Innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble bestemt på NIVA ved gasskromatografi etter oppslutning med cyklohexan. Klororganiske forbindelser ble analysert ved Senter for industriforskning ved gasskromatografi etter ekstraksjon med cyklohexan/isopropanol.

Analysene av metall- og PAH-innhold ble utført på frysetørket materiale siktet gjennom 63 µm sikt, mens de klororganiske analysene ble gjort på totalprøve.

### 7.2. Resultater og diskusjon

#### 7.2.1. Sedimentbeskrivelse

En visuell beskrivelse av sedimentene er gitt i tabell 7.1.

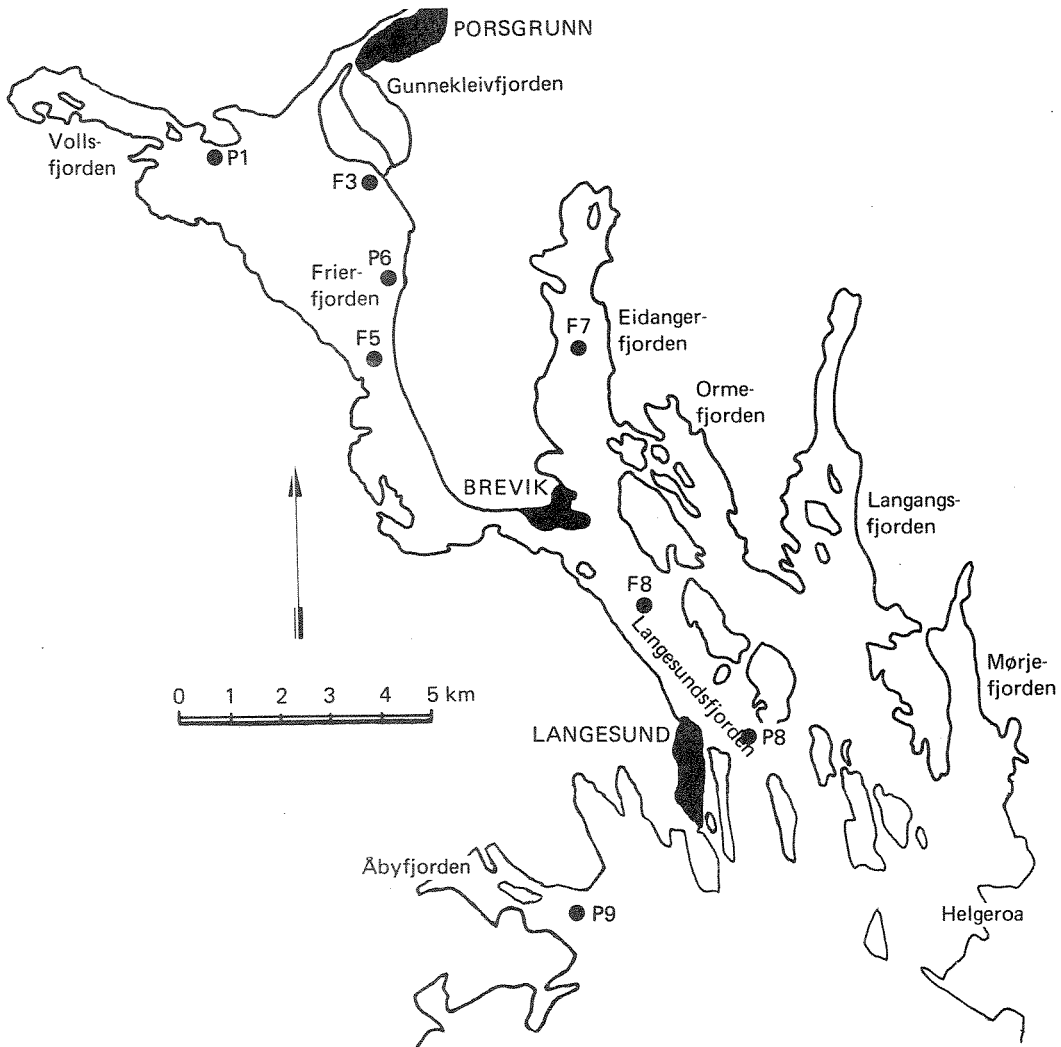


Fig. 7.1. Stasjoner for innsamling av sedimentprøver i 1986.

Tabell 7.1. Visuell beskrivelse av sedimentkjerner fra Grenlandsfjordene i januar 1986.

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
P1	24	30	Leireholdig
P6	22	30	Øvre 15 cm lyst organiskholdig sediment, dypere lys leire.
F3	22	45	Mørkt grått sediment til 30 cm deretter lys leire.
F5	86	60	Øvre 50 cm sort, løst anoksisk sediment, deretter leire.
P7	25	35	Øverste 25 cm lys silt, deretter leire.
F7	112	50	Leire.
F8	108	40	Leire.
P8	113	30	Øverste 20 cm silt, tildels sandig silt, deretter leire.
P9	73	50	Leire.

#### 7.2.2. Metallinnhold

Metallinnhold i sedimentene ble bestemt både ved NIVA og ved Universitetet i Oslo. Det var god overensstemmelse i analysene (rådata i vedlegg IX). I databearbeidelsen er resultatene derfor brukt om hverandre.

Tabell 7.2 viser konsentrasjoner og "overkonsentrasjoner" (dvs. observert verdi dividert med antatt bakgrunnsverdi) på utvalgte stasjoner i Grenlandsfjordene.



Tabell 7.2. Konsentrasjoner (k,  $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) og "overkonsentrasjoner" (ok) i de øvre 2 cm av sedimentet i Grenlandsfjordene.

Stasjon	Kobber		Kadmium		Bly		Sink		Kvikksølv	
	k	ok	k	ok	k	ok	k	ok	k	ok
P1	70	2	4.2	40	240	8	349	3	3.7	40
F5	39	1	2.2	20	114	4	265	2	1.1	10
F7	39	1	0.2	2	136	5	201	2	0.9	10
F8	41	1	0.2	2	141	5	191	2	1.0	10
P8	50	2	0.7	7	180	6	252	3	1.9	20
P9	24	1	0.1	1	78	2	121	1	0.4	4

I Frierfjorden var det høye konsentrasjoner av kadmium og kvikksølv, og tildels bly, med verdier henholdsvis 40, 40 og 8 ganger mer enn "normalt". For kvikksølv var verdiene høye også i Langesundsfjorden og tildels Langesundsbukta (Fig. 7.2).

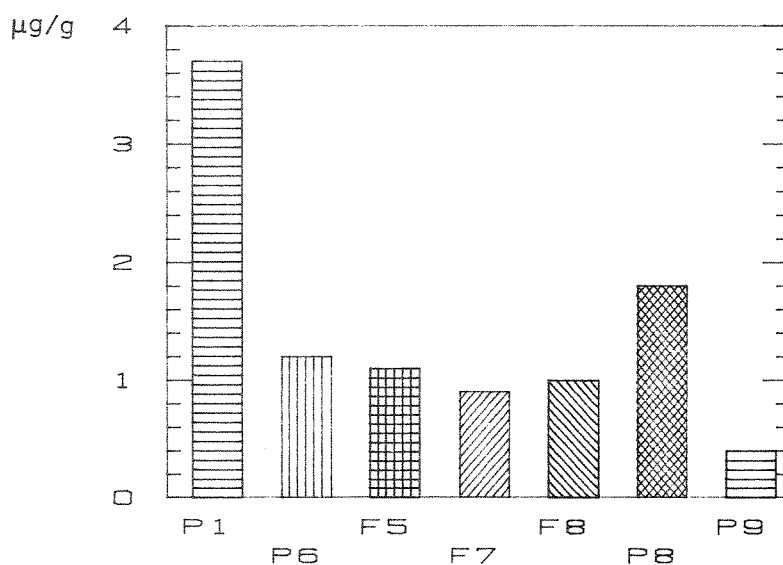


Fig. 7.2. Kvikksølv i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.

Det var en tildels sterk innbyrdes sammenheng mellom fordelingen av metallene, med korrelasjonskoeffisienter på 0.7-0.9 (Tabell 7.3). Dette tyder på utslipp fra samme område og/eller at metallene opptrer på samme måte i resipienten. Det var svak korrelasjon mellom metaller

og PAH.

Tabell 7.3. Korrelasjonskoeffisienter for metaller og PAH.

Øvre tall: korrelasjonskoeffisient.

Tall i parentes: antall datapar (prøveantall).

Nedre tall: signifikansnivå for test av  $r \neq 0$ .

	Zn	Pb	Cd	Hg	PAH
Cu	.8913 (8) .0000	.9715 (8) .0000	.8113 (8) .0002	.9726 (7) .0000	.3416 (7) .6335
Zn		.7903 (8) .0005	.8920 (8) .0000	.8993 (7) .0000	.6445 (7) .0226
Pb			.6889 (8) .0060	.9414 (7) .0000	.1800 (7) .9746
Cd				.8619 (7) .0000	.7726 (7) .9746
Hg					.3958 (7) .4550

Krom- og nikkelinholdet i sedimentene var relativt lavt (opptil 2 ganger bakgrunnskonsentrasjon). For krom varierte konsentrasjonene mellom 35 og 60  $\mu\text{g/g}$ , med høyeste verdier innerst i Frierfjorden og i Eidangerfjorden. For nikkel varierte verdiene fra 22 til 54  $\mu\text{g/g}$ , med høyeste verdi innerst i Frierfjorden.

Det ble innsamlet og analysert opptil tre paralleller pr. stasjon. Parallellanalyser gir mulighet til å se på spredning i verdiene mellom paralleller. Følgende beregninger av spredning er på grunnlag av 3 paralleller. For kobberverdiene var standardavviket 3 til 19% av middelverdien. Tilsvarende for sink var 4-16%, bly 4-14%, og kadmium 7-19%. For kvikksølv ble beregning av standardavviket basert på to paralleller. Det ga 6-42%.

### 7.2.3. Innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Tabell 7.4 viser konsentrasjoner og overkonsentrasjoner av PAH i sedimentene.

Tabell 7.4. Konsentrasjoner av PAH ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) og overkonsentrasjoner (bakgrunn satt lik  $0.3 \mu\text{g/g}$ ) på utvalgte stasjoner i Grenlandsfjordene (gjennomsnitt av to paralleller).

Stasjon	Konsentrasjon	Overkonsentrasjon
P1	14.8	50
F5	19.6	65
F7	7.8	25
F8	4.4	15
P8	7.0	25
P9	6.9	20

Det var høye verdier i hele fjordsystemet, høyest med 65 ganger mer enn "normalt" i dypet i Frierfjorden, der det er anoksisk sediment. Selv i Langesundsbukta var overkonsentrasjonen ca. 20 ganger. Det er verd å merke seg at verdiene på stasjon P8 og P9 ytterst i Langesundsfjorden var høyere enn på stasjon F8 (Fig. 7.3). En forklaring kan være at vannet i området ytterst i Langesundsfjorden er i mindre bevegelse enn nærmere Brevik, slik at partikler har lettere for å sedimentere. Tilsvarende er observert nederst i Glomma (Næs 1983). Dette stemmer imidlertid ikke med metallobservasjonene som ikke viser høyere verdier på stasjon P8 og P9 sammenlignet med F8. Dette kan muligens forklares med at metallene og PAH-forbindelsene oppfører seg forskjellig i resipienten, med en hurtigere sedimentasjon av metallholdige partikler. Det var også en dårligere korrelasjon mellom metallene og PAH enn mellom de enkelte metallene innbyrdes (tabell 7.3).

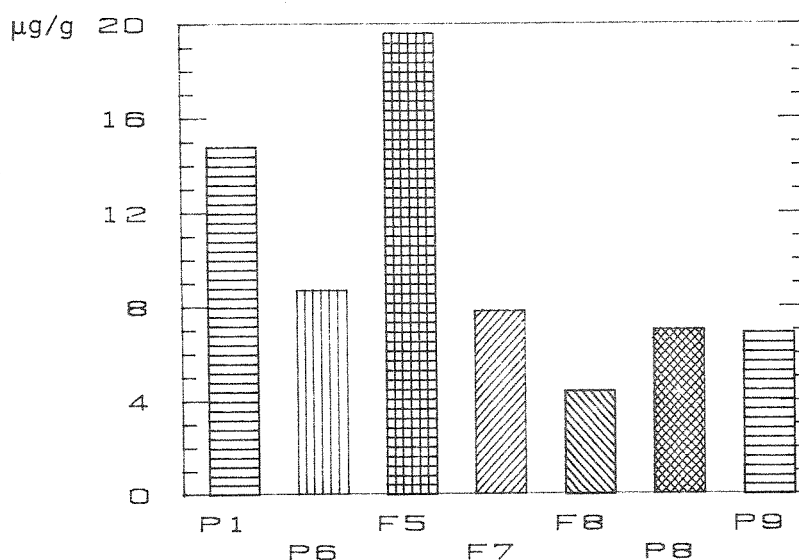


Fig. 7.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.

Det må også legges til at spredningen mellom de to parallelle prøvene tildels var store. Størst var den på stasjon P1 og P7 med verdier henholdsvis på 10.9-18.7 µg/g og 4.9-10.6 µg/g. Dårlig presisjon kan derfor også være en mulig årsak til den observerte variasjonen i PAH-konsentrasjonene mellom indre og ytre område i Langesundsfjorden.

#### 7.2.4. Innhold av klororganiske forbindelser.

Tabell 7.5 viser konsentrasjoner av noen utvalgte forbindelser i sedimentene.

Tabell 7.5. Konsentrasjoner (ng/g tørt sed.) av heksaklorbenzen (HCB), polyklorerte bifenyler (PCB), dekaloribifenyyl (DCB) og oktaklorstyren (OCS) i de øverste 2 cm av sedimentet.

Stasjon	HCB	PCB	DCB	OCS
P1	340	100	680	120
P6	70	<41	340	45
F5	150	i.p.	210	64
F7	46	<12	60	14
F8	44	<16	45	7
P8	46	<23	41	6
P9	52	i.p.	2	3
p.g.	0.2-1	6-36	0.3-2	0.2-1

i.p. = ikke påvist

p.g. = påvisningsgrenser

Verdiene for PCB var relativt lave sammenlignet med indre Oslofjord

med 45-575 ng/g (Abdullah et al. 1982) og Hvalerområdet med 18-1800 ng/g (Næs 1983). For de andre forbindelsene var det høye verdier, spesielt i Frierfjorden. Det er vanskelig å gi eksakte overkonsentrasjoner fordi disse stoffene ikke forekommer naturlig, men som et resultat av industriell aktivitet. Bakgrunnsnivået er derfor det man finner i bare diffust belastede områder, langt fra punktkildene. Antar vi påvisningsgrensen (=0.2 ng/g) som bakgrunnsverdi, var det overkonsentrasjoner i Frierfjorden på opptil 1700, 2300 og 600 for henholdsvis HCB, DCB og OCS, mens de tilsvarende verdiene i Langesundsbukta var henholdsvis 260, 10 og 15. Det ser ut til at HCB i større grad enn DCB og OCS spres til de ytre fjordområdene (Fig. 7.4). En mulig forklaring på dette kan være at stoffene i forskjellig grad bindes til partikler.

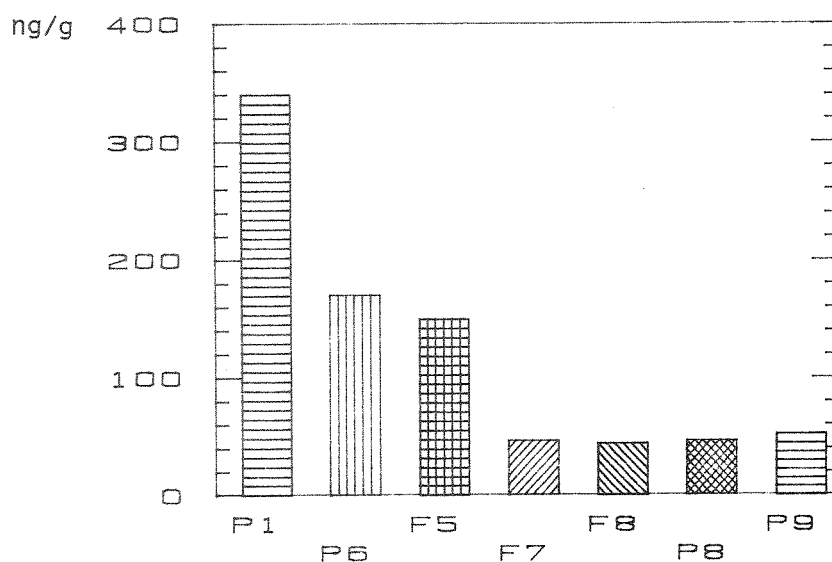


Fig. 7.4. Heksaklorbenzen i overflatesedimentene (0-2 cm) i Grenlandsfjordene 1986.

Sammenlignes verdiene på stasjon F5 i Frierfjorden med verdiene i havnebassenget ved Kristiansand (Næs 1985), var konsentrasjonene ved Kristiansand 14 ganger høyere for HCB og dobbelt så høye for OCS, mens verdiene for DCB var 12 ganger høyere i Frierfjorden.

### 7.2.5. Sammenligning med tidligere undersøkelser.

Sedimentundersøkelser er tidligere blitt utført i 1975 (Skei 1976) og i 1980 (Skei 1981). Tabell 7.6 summerer opp tidsutviklingen for noen forbindelser i overflatesedimentene på stasjon F5 i Frierfjorden.

Tabell 7.6. Konsentrasjoner av tungmetaller ( $\mu\text{g/g}$ ), heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) ( $\text{ng/g}$ ) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH,  $\mu\text{g/g}$ ) i overflatesedimentene på stasjon F5 i Frierfjorden.

År	Hg	Zn	Pb	Cd	Cu	HCB	OCS	PAH
1975	1.7	154	49	1.5	17	830	320	-
1980	4.6	529	214	3.8	78	30800	3100	32.2
1986	1.1	265	114	2.2	39	150	64	19.6

Det er en generell nedgang i konsentrasjonene i 1986 sammenlignet med 1975, tildels betydelig for de klorerte forbindelsene HCB og OCS. Verdiene for de klorerte forbindelsene var mye høyere i 1980 enn i 1975 og 1986. Det foreligger ikke utslippstall som skulle tilsi disse store variasjonene.

## 8. BLØTBUNNFAUNA

*I dybdeområdet 20-30m i indre Frierfjord og Volls fjorden er bløtbunnfaunaen påvirket av forurensning. Fluktasjoner mellom sterk og liten påvirkning opptrer i Frierfjorden, mens det antagelig er en konstant betydelig påvirkning i Volls fjorden. Fluktasjonene i Frierfjorden kan skyldes skiftende oksygenforhold. Dypere enn 30m er tilstanden ikke undersøkt, men en må regne med en forverring av forholdene med økende dyp på grunn av for lite oksygen.*

*I dypbassenget (100-115m) på strekningen Eidangerfjorden - Brevikfjorden - Langesundfjorden er faunaen moderat preget av organisk belastning og muligens oksygenmangel. Dette er mest tydelig i Brevikfjorden.*

*I Åbyfjorden (76m dyp) er faunaen upåvirket og har et tydelig høyere innslag av forurensningsømfintlige arter og et høyere artsmangfold enn faunaen innenfor Langesund.*

### 8.1. Innledning

De virkningstyper som påvirker faunaen er i første rekke sedimentering av organisk materiale, oksygenmangel, sulfiddannelse i sedimentet på grunn av at oksygenet er brukt opp, og miljøgiftinnhold i vann og sediment. Faunaens respons på de forskjellige faktorer er ofte ikke så spesifikk at den identifiserer forurensningstypen. Tolkningen av årsaker må derfor knyttes til andre miljødata og belastningstall. Faunaens respons er mer et uttrykk for samlet påvirkning. Toleranse overfor ugunstige miljøforhold kan variere mye fra art til art. En snakker om tolerante og ømfintlige arter. Ved dårlige forhold vil de ømfintlige slås ut. Tolerante arter kan ta deres plass og øke i mengde.

### 8.2. Innsamling og bearbeidelse

Innsamling foregår ved at prøver av bunnen hentes opp med grabb og siles. Bløtbunnfaunaen består av virvelløse dyr. Vanligst er børstemark, krepsdyr, muslinger, snegler og slangestjerner. Flere andre dyregrupper finnes også. Vanligvis innsamles bare den delen av faunaen som har individer over en viss størrelse - de som holdes tilbake av en sil med 1 mm store hull. Individantallet av denne makrofaunaen pr. kvadratmeter bunn i norske fjorder er ofte mellom 1000 og 2000, vanligvis fordelt på omkring 100 arter. Ved innsamling fra et større areal stiger individmengden i takt med arealet. Artsantallet stiger

ikke i samme grad, fordi det ved økende individmengde blir en stadig større andel av individene som tilhører arter som allerede er funnet i materialet. Funn av omkring 200 forskjellige arter er nokså typisk for en undersøkelse av vanlig omfang.

### 8.3. Tidligere undersøkelser

I Grenlandsfjordområdet er det foretatt følgende innsamlinger av bløtbunnfauna (Tabell 8.1).

Resultatene fra undersøkelsene 1974-1979 er rapportert (Bokn et al. 1977; Molvær et al. 1980; Rygg 1980).

Undersøkelsene i 1974 viste svært få arter i 20-30m dyp i indre Frierfjord, mens faunaen i ytre fjord var ganske rik (mindre påvirket). I 1979 hadde den forholdsvis rike faunaen bredt seg til det meste av indre fjord. Sammenlignet med normale eller lite påvirkete områder var faunaen i Frierfjorden likevel preget av forurensninger. Forskjellen mellom 1974 og 1979 skyldtes sannsynligvis at vannmassene i 1974 var oksygenfattige og til dels hydrogensulfidholdige. Ved prøvetakingen i 1979 hadde vannmassene hatt et forholdsvis høyt oksygeninnhold i lengre tid.



Tabell 8.1. Innsamlingsoversikt for bløtbunnfauna.

Dato	Redskap	Lokalitet	Dyp (m)	Prøve- antall
Mai 1974	Ekmangrabb 0,02 m <sup>2</sup>	Frierfjorden og 1 stasjon utenfor Brevik	18-35	6
Juli 1974	Petersengrabb 0,1 m <sup>2</sup>	-"-	15-57	33
Juli 1975	Bunnslede (Beyer)	Frierfjorden og sørlige del av Langesundsfjorden	25-30	2
Nov. 1978	Ekmangrabb	Vollsfjorden	100-105	1
Nov. 1979	Petersengrabb	14-28	22-24	8
Jan. 1986	Petersengrabb	Frierfjorden og Vollsfjorden	22-23	24
		Frierfjorden	22-23	8
		Eidangerfjorden	101	4
		Brevikfjorden	106	4
		Langesundsfjorden	113	4
		Åbyfjorden	76	4
Okt. 1986	Petersengrabb	Frierfjorden	27	8
		Brevikfjorden	106	8

#### 8.4. Prøvetakingen i 1986

Innsamlingen i 1986 ble foretatt med en 0,1 m<sup>2</sup> Petersengrabb 21. januar og 21. oktober. I januar ble det tatt 8 grabbprøver på hver stasjon, hvorav 4 er analysert. I oktober ble det tatt 8 grabbprøver pr. stasjon, og samtlige analysert. Januar-undersøkelsen var en del av den internasjonale Workshop. Stasjonene er vist i fig. 8.1. På de samme stasjonene ble det tatt prøver for sedimentanalyser. Oktober-undersøkelsen er en del av et forskningsprosjekt ved NIVA. Prosjektet studerer sammenhengen mellom fluks av organisk materiale mot bunnen (målt med sedimentfeller), og egenskaper ved bløtbunnfaunaen. Også sedimentegenskaper (organisk innhold m.m.) undersøkes. To stasjoner i Grenlandsfjordene inngår i prosjektet. Den ene ligger i indre Frierfjord (P1, Fig. 8.1), den andre i Brevikfjorden (ved F8, Fig. 8.1).

#### 8.5. Resultater

I det følgende presenteres resultatene fra januar og oktober 1986. Data fra de parallelle grabbprøvene ble slått sammen til ett datasett pr. stasjon forut for den statistiske bearbeidelsen. Data fra 1979 og

fra utvalgte stasjoner i 1974 er også tatt med for å gi et bilde av fluktuasjoner over tid. De komplette faunistiske resultater finnes i Vedlegg X.

#### 8.5.1. Artsmangfold

Artsmangfoldet (diversiteten) går ned ved forurensningspåvirkning, mens det holder seg høyt ved naturlige, upåvirkete forhold. Artsmangfoldet avhenger både av artsantallet på lokaliteten og av hvordan individmengden er fordelt blant artene. Mange arter og jevn fordeling av individer blant artene gir et høyt artsomangfold. Omvendt gir lavt artsantall og dominerende individantall hos en eller få arter et lavt artsomangfold.

Artsomangfoldet kan defineres som artsantall som funksjon av antall individer i prøven. Det er utarbeidet et klassifikasjonssystem som viser sammenhengen mellom artsantall og individantall ved forskjellig artsomangfold (Rygg 1984). Dette har blitt brukt til å gradere miljøtilstand (Fig. 8.2).

For å få et enkelt tall for artsomangfoldet, kan det forventede artsantallet ved et bestemt individantall i prøven, f.eks. 100, beregnes (Hurlbert 1971). Denne artsomangfoldindeksen er gitt benevnelsen  $E(S_{n=100})$ . Det er foretatt en klassifikasjon av denne indeksen til bruk ved bedømmelse av miljøkvalitet (Tabell 8.1), diagrammatisk vist i Fig. 8.3.

En annen vanlig brukt indeks for artsomangfold er Shannon-Wiener's indeks (H) (Shannon og Weaver 1963). Verdiene for  $E(S_{n=100})$  og H for Grenlandsfjordprøvene er vist i Tabell 8.3. Lavest artsomangfold hadde P1-74 ved Balsøya, P4-79 i Volls fjorden og F8-86 i Brevikfjorden. Høyest artsomangfold hadde P9-86 i Åbyfjorden.

#### 8.5.2. Faunaens artssammensetning

Hvilke arter som finnes på en lokalitet er i stor grad avhengig av miljøforholdene. Miljøkravene til de fleste vanlig forekommende arter er i dag så godt kjent at artene kan klassifiseres som tolerante eller ømfintlige. På grunnlag av klassifikasjon av 100 vanlige arter etter ømfintlighet er det utarbeidet en artsindeks, definert ved gjennomsnittet av ømfintlighetsgraden hos artene i prøven (Rygg 1986a). Et faunasamfunn med mange ømfintlige arter til stede vil ha en høy artsindeksverdi og indikere gunstige miljøforhold. Lav artsindeksverdi vil tyde på overvekt av tolerante arter og ugunstige miljøforhold.

Artsindekser som er beregnet for et stort antall stasjoner fra lokaliteter med forskjellig forurensningsbelastning, tyder på godt samsvar mellom indeksverdi og antatt forurensningsgrad. Det er foretatt en klassifisering av artsindeksverdier til bruk ved bedømmelse av forurensningsgrad (Rygg 1986b) (Tabell 8.2, Fig. 8.3).

Ugunstige miljøforhold behøver ikke alltid å føre til nedsatt artsmangfold. Ugunstige miljøforhold forårsaker bortfall av ømfintlige arter, men hvis ingen av de gjenværende, tolerante artene blir dominerende i antall, kan artsmangfoldet fortsatt ha en høy verdi. Artsindeksen er derfor en viktig tilleggspareter som kan avdekke påvirkninger som ikke kunne oppdages ved å se på artsmangfoldet alene. Verdiene for artsindeksen for Grenlandsfjordprøvene er vist i Tabell 8.3. Lavest artsindeks hadde P1-74, P4-79, P1-86-jan og P6-74. Høyest artsindeks hadde P9.

Individtallene pr. m<sup>2</sup> av de vanligste artene på hver stasjon er vist i Tabell 8.4. Der er også fluktuationene over tid vist.

På stasjon P1 ved Balsøya var det muslingene Thyasira sp. (antagelig Thyasira sarsi) og Corbula gibba som gjennomgående dominerte. I november 1979 og oktober 1986 opptrådte også den lille sjøpølsen Labidoplax buskii, børstemarkene Prinospio cirrifera/malmgreni og Polydora antennata, samt slangestjernen Amphiura filiformis i stort antall. Disse var helt borte i 1974, og borte eller sterkt redusert i januar 1986. På stasjon P6 ved Åsstranda dominerte de samme artene. Den samme dramatiske reduksjon som på P1 i 1974 forekom på P6 samme år, men ikke i januar 1986.

På stasjon F8 i Brevikfjorden var faunaen i oktober 1986 nokså lik den i januar, bortsett fra krepsdyrene. I januar fantes ingen krepsdyr, mens det i oktober fantes 33 cumaceer fordelt på 4 arter og 14 amfi-poder fordelt på 8 arter. Dominerende arter ved begge tidspunkter var børstemarkene Heteromastus filiformis, Chaetozone setosa og Cossura longocirrata.

Faunaen på stasjon P8 i Langesundfjorden lignet svært mye på faunaen på F8. Også F7 i Eidangerfjorden tilhørte samme gruppe av stasjoner med innbyrdes lik fauna.

Fig. 8.4 viser tre grupper av stasjoner med innbyrdes lik fauna innenfor hver gruppe. Stasjonene P4 i Volls-fjorden og P9 i Åbyfjorden viste lite slektskap med noen av de tre gruppene. De i alt 7 prøvene fra de

to stasjonene P1 og P6 i indre Frierfjord fordelte seg på to grupper: en som viste forurensningspåvirkning og en som viste bedre forhold, avhengig av tidspunktet for prøvetakingen.

### 8.5.3. Tilstandsindeks

Tilstandsindeksen (Rygg 1986b) er et veid gjennomsnitt av artsindeksen AI og artsmangfoldet  $E(S_{n=100})$ :

$$\text{Tilstandsindeks (TI)} = 0.073 \text{ AI} + 0.009 E(S_{n=100}) + 0.333$$

En indeksverdi på 1.0 angir grenseverdien mellom påvirket og upåvirket lokalitet (Tabell 8.2). Klassifikasjon av tilstandsindeksen er diagrammatisk vist i Fig. 8.3.

Verdiene for tilstandsindeksen for Grenlandsfjordprøvene er vist i Tabell 8.3. Lavest indeksverdi hadde P1-74, P4-79, P1-86-jan og P6-74. Høyest verdi hadde P9.

Tabell 8.2. Graden av påvirkning av bløtbunnfaunasamfunn kan klassifiseres ved samfunnets artsmangfold (ES), artsindeks (AI), og ved en tilstandsindeks (TI) som kombinerer ES og AI. (Etter Rygg 1986b). Klassifiseringen er diagrammatisk vist i Fig. 8.3.

Påvirkningsgrad	ES	AI	TI
Liten (ikke påvisbar)	>18.5	>6.85	>1.00
Moderat	12-18.5	5.90-6.85	0.87-1.00
Betydelig	7-12	5.10-5.90	0.76-0.87
Sterk	<7	<5.10	<0.76

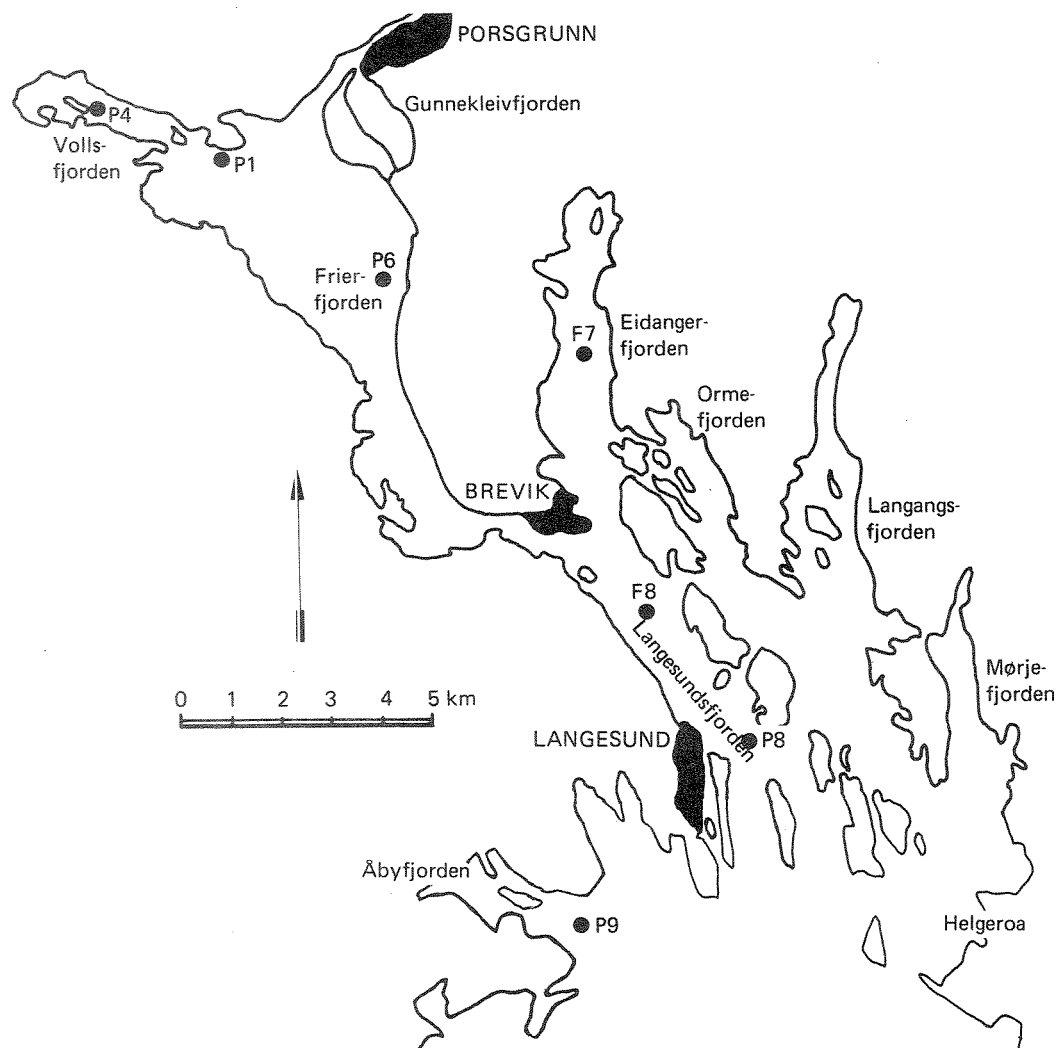


Fig. 8.1. Stasjoner for undersøkelser av bløtbunnfauna.

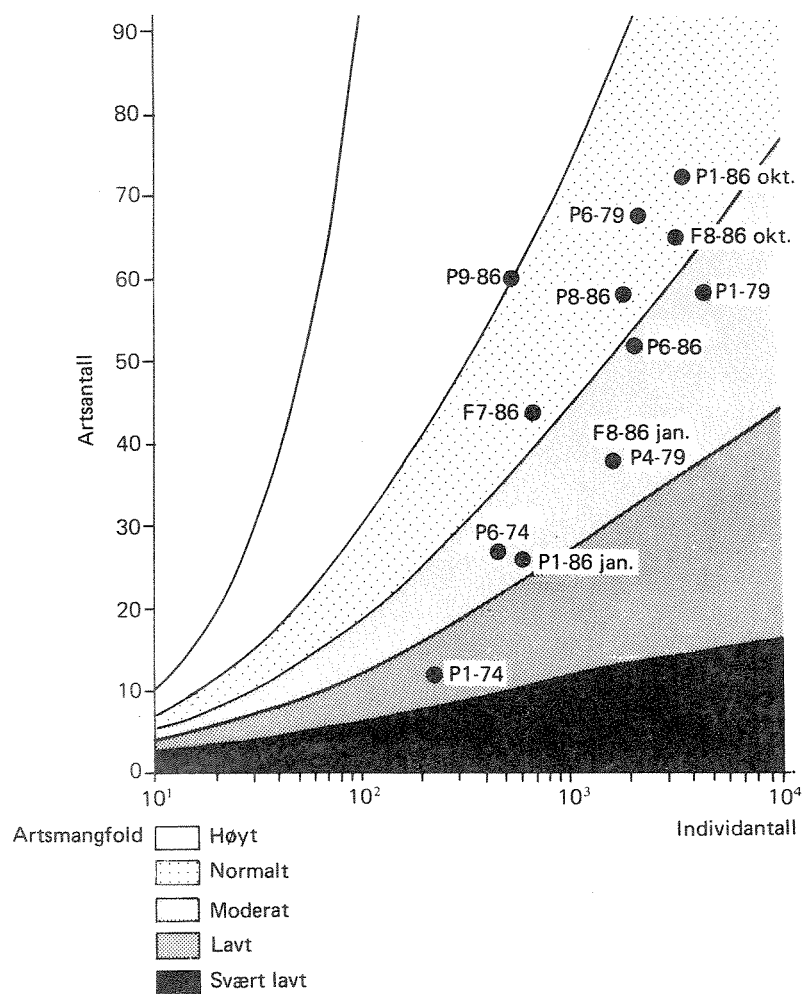


Fig. 8.2. På grunnlag av resultater fra en rekke fjorder med forskjellig forurensningsgrad er det laget et klassifika-sjonssystem som viser sammenhengen mellom antall individer og antall arter ved forskjellig artsmangfold. Moderat, lavt og svært lavt artsmangfold tyder på forurensningsvirk-ninger. Figuren viser resultater fra Grenlandsfjordene i 1974, 1979 og januar/oktober 1986.

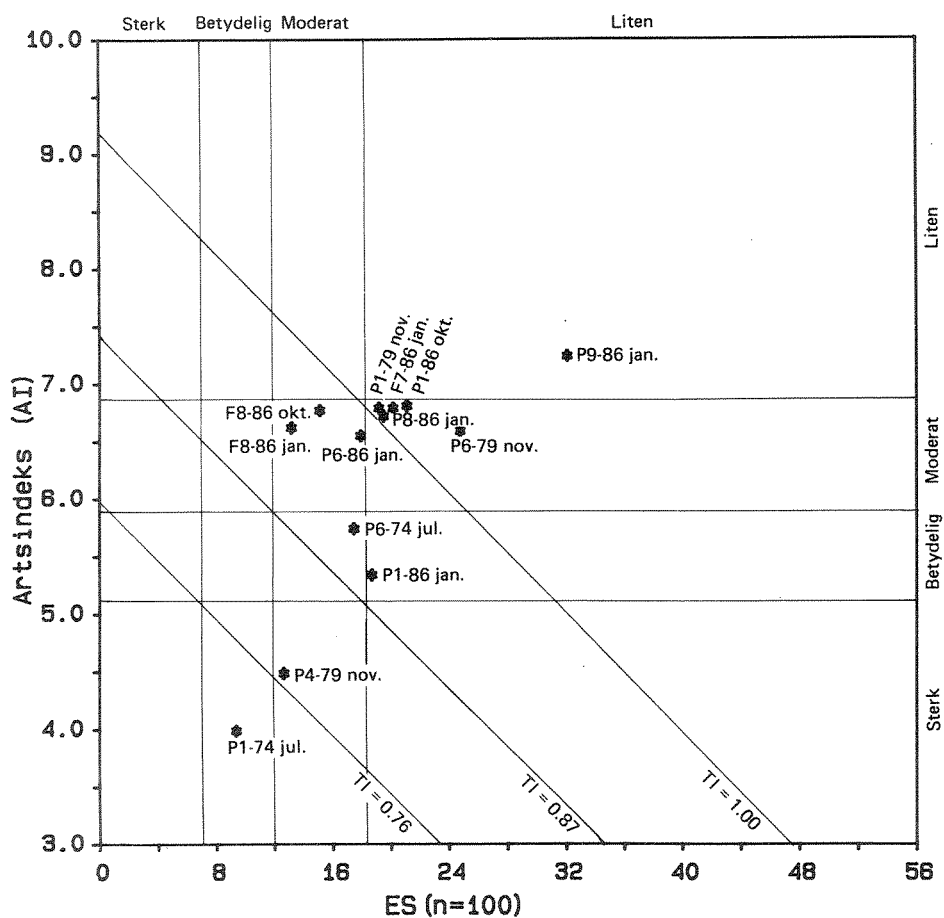


Fig. 8.3. Tilstanden i bløtbunnfaunasamfunn kan klassifiseres ved artsmangfold (ES), artsindeks (AI) og ved en tilstandsindeks (TI) som kombinerer begge (jfr. Tabell 1). På diagrammet er verdier for TI tegnet inn som diagonale linjer. Vannrette og loddrette felter klassifiserer henholdsvis artsindeks og artsmangfold. Diagonale felter klassifiserer tilstandsindeks. Benevnelsene sterk, betydelig, moderat og liten angir påvirkningsgrad. Stasjonenes status med hensyn til både artsmangfold, artsindeks og tilstandsindeks kan leses ut direkte. Stasjon P9 i Åbyfjorden skilte seg ut ved høyt artsmangfold og høy artsindeks. På de andre stasjonene varierte påvirkningsgraden mellom liten og sterk.

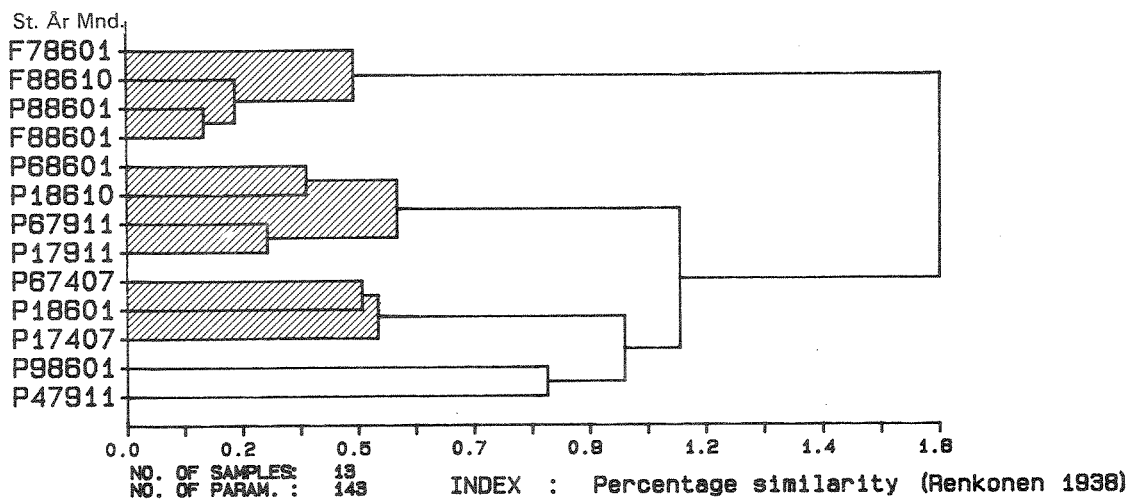


Fig. 8.4. Dendrogram som viser grupperinger av innbyrdes like stasjoner, basert på similaritetsindeks for alle par av stasjoner. Like stasjoner grupperes tidligst sammen i dendrogrammet, dvs. lengst til venstre. Skalaen angir grad av ulikhet. Det framtrer 3 tydelige grupper (skravert), samt to enkeltstasjoner uten tydelig gruppetilhørighet.



Tabell 8.3. Oversikt over stasjoner og prøver samt verdier for noen viktige faunaparametre.

ST	ÅR	MND	AREAL (m <sup>2</sup> )	S	N	H log(2)	ESn n=100	AI	TI
P4	79	nov	0.4	38	1673	2.32	12.70	4.49	0.78
P1	74	jul	0.5	12	222	1.78	9.39	3.99	0.71
P1	79	nov	0.4	58	4179	3.54	19.20	6.79	1.00
P1	86	jan	0.4	26	597	3.04	18.71	5.34	0.89
P1	86	okt	0.8	72	3438	3.93	21.14	6.81	1.02
P6	74	jul	0.5	27	457	3.46	17.47	5.74	0.91
P6	79	nov	0.4	67	2142	4.22	24.80	6.59	1.04
P6	86	jan	0.4	52	2055	3.38	17.94	6.55	0.97
F7	86	jan	0.4	44	677	3.31	20.18	6.79	1.01
F8	86	jan	0.4	38	1652	2.42	13.20	6.62	0.94
F8	86	okt	0.8	65	3240	2.28	15.15	6.77	0.96
P8	86	jan	0.4	58	1807	3.02	19.52	6.72	1.00
P9	86	jan	0.4	60	533	4.76	32.12	7.24	1.15

S: Artsantall  
N: Samlet individantall  
H: Shannon-Wiener indeks (artsmangfold)  
ESn: Forventet artsantall pr. 100 individer  
AI: Artsindeks  
TI: Tilstandsindeks

Tabell 8.4. Individantall pr. m<sup>2</sup> av de tallrikeste artene på de enkelte stasjonene.

STASJON:	P1 BALSØYA			
DATO:	JULI 1974	NOV 1979	JAN 1986	OKT 1986
Thyasira sp	306	2545	555	859
Corbula gibba	34	178	240	241
Labidoplax buskii	-	663	68	635
Prionospio cirrifera	-	785	-	573
Prionospio malmgreni	-	320	-	236
Amphiura filiformis	-	718	2	235
Polydora antennata	-	2755	-	465

STASJON:	P6 ÅSSTRANDA		
DATO:	JULI 1974	NOV 1979	JAN 1986
Thyasira sp	298	628	815
Corbula gibba	92	290	173
Labidoplax buskii	-	583	953
Prionospio cirrifera	-	208	655
Prionospio malmgreni	-	275	130
Amphiura filiformis	-	340	1425
Polydora antennata	2	1163	10

STASJON:	F8 BREVIKFJORDEN	
DATO:	JAN 1986	OKT 1986
Heteromastus filiformis	2360	2650
Chaetozone setosa	438	410
Cossura longocirrata	438	295
Myriochele oculata	270	63
Mugga wahrbergi	8	76
Melinna cristata	113	19
Prionospio malmgreni	70	36
Cumacea spp	-	41
Amphipoda spp	-	18

STASJON: P4 VOLLSFJORDEN  
 DATO: NOV 1979

Polydora ciliata	1948
Corbula gibba	496
Heteromastus filiformis	292
Thyasira sp	188
Chaetozone setosa	88
Polydora antennata	62

STASJON: F7 EIDANGERFJORDEN  
 DATO: JAN 1986

Heteromastus filiformis	770
Nucula nitidosa	125
Tharyx marioni	123
Spiophanes kroeyeri	88
Paramphinome jeffreysi	85
Paraonis lyra	73
Thyasira sp	68

STASJON: P8 LANGESUNDFJORDEN  
 DATO: JAN 1986

Heteromastus filiformis	2378
Chaetozone setosa	390
Myriochele oculata	365
Cossura longocirrata	198
Nemertinea spp indet	180

STASJON: P9 ÅBYFJORDEN  
 DATO: JAN 1986

Heteromastus filiformis	178
Nuculoma tenuis	115
Echinocardium cordatum	115
Abra nitida	103
Paraonis gracilis	88

### 8.6. Samlet vurdering og diskusjon

Blant de undersøkte stasjonene var det bare P9 i Åbyfjorden som kunne klassifiseres som helt upåvirket av forurensninger. Prøvene derfra viste høyt arts mangfold og et rikt innslag av forurensningsømfintlige arter (høy artsindeks).

Mest påvirket var stasjonene i indre Frierfjord (P4 i Volls fjorden, P1 ved Balsøya og P6 ved Åsstranda), hvor forurensningsgraden i de fleste tilfeller lå mellom moderat og sterk. På P1 og P6 var påvirkningen mye tydeligere i 1974 enn i 1979 og 1986. I Eidangerfjorden (F7), Brevikfjorden (F8) og Langesundfjorden (P8) var påvirkningen liten til moderat, og mest tydelig i Brevikfjorden. Tilstanden var noe bedre i oktober enn i januar 1986 i Brevikfjorden (Tabell 8.5).

Faunaen i Volls fjorden var tydelig forurensningspåvirket i november 1979, et tidspunkt da tilstanden for faunaen i Frierfjorden var betydelig bedre enn i 1974 og i januar 1986. Situasjoner som er gunstige for faunaen i Frierfjorden ser derfor ikke ut til å medføre samtidig forbedring i Volls fjorden. Dette kan bero på mindre grad av utskifting av vannmassene i Volls fjorden. Trolig er faunaen i Volls fjorden konstant forurensningspåvirket.

Tabell 8.5. Samlet vurdering av forurensningspåvirkning.

ST	ÅR	MND	Påvirkningsgrad	
P4	79	nov	Volls fjorden	Betydelig/Sterk
P1	74	jul	Balsøya	Sterk
P1	79	nov		Moderat
P1	86	jan		Moderat/Betydelig
P1	86	okt		Liten/Moderat
P6	74	jul	Åsstranda	Moderat/Betydelig
P6	79	nov		Liten/Moderat
P6	86	jan		Moderat
F7	86	jan	Eidangerfjorden	Liten/Moderat
F8	86	jan	Brevikfjorden	Moderat
F8	86	okt		Moderat
P8	86	jan	Langesundfjorden	Moderat
P9	86	jan	Åbyfjorden	Ingen

Forurensningsvirkningene på faunaen i Grenlandsfjordene kan skyldes

flere faktorer. Det er betydelig belastning av fjordsystemet, både med forskjellige miljøgifter, organisk materiale og næringssalter. På bakgrunn av tidligere undersøkelser i forskjellige fjorder er det én miljøgift, kopper, som ser ut til å ha medført skader på bløtbunnfaunasamfunn (Rygg 1985). I Grenlandsfjordene ligger kopperinnholdet i sedimentet lavere enn det som kan forventes å gi skader. Mulige virkninger av de andre miljøgiftene i området er vanskelig å bedømme.

Konsentrasjoner under 2 ml  $O_2$ /l er kritiske for bunnfaunaen. Den dårlige tilstanden på stasjon F8 i januar 1986, som bl.a. mangelen på krepsdyr indikerte, kan ha sammenheng med en forutgående lav oksygenkonsentrasjon. Oksygenminima ned mot 2 ml/l i dypvannet i Brevikfjorden er observert i flere år i november–desember. Målinger 20. desember 1985 og 21. januar 1986 viste henholdsvis 4.4 og 5.4 ml  $O_2$ /l nær bunnen. Lav oksygenkonsentrasjon i november kan ha forekommet og satt spor etter seg i faunaen utover vinteren. Imidlertid mangler oksygenmålinger fra høsten 1985 før 20. desember. Ved faunainnsamlingen 22. oktober 1986 var oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (105m) 2.68 ml/l. Høsten 1986 ble et oksygenminimum på 2.12 ml/l målt den 18. desember. Den 22. januar 1987 hadde nytt vann brakt oksygenkonsentrasjonen opp i 5.9 ml/l.

Den høye individtettheten av dyr på stasjon F8 og P8 tyder på stor næringstilgang for faunaen. I Eidangerfjorden (F7) var individtettheten lavere og indikerer at næringstilgangen der var mindre.

Forurensningsvirkningene på faunaen i Frierfjorden og Volls fjorden er også trolig forårsaket av organisk belastning og dårlige oksygenforhold i perioder, men virkninger av miljøgifter kan ikke utelukkes. Faunaens respons er et uttrykk for samlet påvirkning. Individtettheten i indre Frierfjord var enda høyere enn i Brevik-Langesundfjorden og indikerer stor næringstilgang. En beregning av næringstilgangen til faunaen i de to områdene vil kunne gjøres når resultatene fra sedimentfellene gjennom et år foreligger. Oksygenmålinger forut for faunainnsamlingen i januar og oktober 1986 i indre Frierfjord mangler. Ved tidspunktene for innsamling var oksygenkonsentrasjonene i 20–30m dyp omkring 5 ml/l (januar) og 4 ml/l (oktober). Den dårligere faunatilstanden på stasjon P1 i januar enn i oktober kan ha vært forårsaket av lave oksygenkonsentrasjoner i en periode forut for januar. I juli 1974 var den dårlige faunatilstanden et resultat av oksygenmangel i dypintervallet 20–30m, forårsaket av gammelt dypvann som ble presset opp i forbindelse med en vannutskiftning. I november 1979 var faunaen lite forurensningspåvirket. Oksygenforholdene hadde da vært gode i en lang periode (Rygg 1980).

Et mer nyansert bilde av faunatilstanden i indre Frierfjord og dens sammenheng med oksygenforholdene vil en få ved å ta prøver langs et dybdeprofil fra f.eks. 15m og ned til det dyp hvor råttet bunn nås. Slik innsamling, sammen med sedimentundersøkelser, er planlagt utført i oktober 1987 innenfor et forskningsprosjekt ved NIVA.

## 9. HENVISNINGER

### 9.1. Referanser

- Abdullah, M.I., Ringstad, O. & N.J. Kveseth, 1982. Polychlorinated biphenyls in the sediments of the inner Oslofjord. *Water, Air and Soil Poll.* 18:485-497.
- Bokn, T., Kirkerud, L., Kvalvågnæs, K. & B. Rygg, 1977. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Rapport 6. Fremdriftsrapport fra de biologiske undersøkelserne mars 1974-mai 1976. NIVA O-70111, 234 s.
- Haver, E., 1986. Mudring ved PF, våren 1986. Rapport fra resipientovervåkingen. Norsk Hydro, Porsgrunn. Notat, 8 s.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology*, 53:577-586.
- Johansen, Ø., Kolstad, S., Bokn, T. & B. Rygg, 1973. Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Rapport 1. Tidligere undersøkelser - generelle forhold - forurensningstilførsler. NIVA O-70111, 93 s.
- Knutzen, J., 1984. Basisundersøkelse i Ranafjorden, en marin industriresipient. Delrapport IV. Undersøkelse av organismesamfunn på grunt vann og av PAH og metaller i hvirvelløse dyr og tang 1980-81. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 120/84. SFT/NIVA, 108 s.
- Knutzen, J., 1987. Sources, occurrence and effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the aquatic environment - a preliminary review. NIVA E-87700, 21 p.
- Knutzen, J., Rygg, B. & J. Skei, 1982. Overvåking av Saudafjorden 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 50/82. SFT/NIVA, 87 s.
- Molvær, J. & J. Skei, 1986. Undersøkelser av spredning av kvikksølv i vannmassene etter mudring i Porsgrunn Fabrikkers havneområde. NIVA O-86106, 30 s.
- Molvær, J., Rygg, B. & J. Skei, 1980. Resipientundersøkelse av Volls-fjorden. Skien kommune. NIVA O-77114, 44 s.

- National Academy of Science (NAS), 1972. Particulate polycyclic organic matter. NAS, Washington D.C., 361 S.
- Niemistö, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst. Skr. Helsinki, 238:3-38.
- Næs, K., 1983. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller, suspendert materiale og sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 70/83. SFT/NIVA, 100 s.
- Næs, K., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 193/85. SFT/NIVA, 62 s.
- Oehme, M. & S. Manø, 1986. Bestemmelse av polyklorerte dioksiner og dibenzofuraner i fiskeprøver. NILU 0-8652, 11 s.
- Rygg, B., 1980. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1979. Delrapport 4. Bløtbunnsfauna. NIVA 0-76129, 16 s.
- Rygg, B., 1983. Forslag til langtidsprogram Grenlandsfjordene og Skienselva. NIVA 0-8000312. Notat. 25.4.1983, 17 s.
- Rygg, B., 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser - et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. NIVA OF-80612, 29 s.
- Rygg, B., 1985. Effect of sediment copper on benthic fauna. Mar. Ecol. Prog. Ser., 25:83-89.
- Rygg, B., 1985. Forslag til overvåking av Grenlandsfjordene og Skienselva i 1986. NIVA 0-8000312. Notat 29.10.1985, 10 s.
- Rygg, B., 1986a. Bløtbunnfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. En ny forurensningsindeks basert på artssammensetning. NIVA, OF-80612, 20 s.
- Rygg, B., 1986b. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. Rapport 2. Forurensningsvirkninger på bløtbunnsfaunasamfunn. NIVA 0-8612601, 42 s.



- Rygg, B. & J. Molvær, 1987. Program for overvåking av Grenlandsfjordene og Skienselva i 1987. NIVA 0-8000312. Notat 13.2.1987, 8 s.
- Shannon, C.E. & W. Weaver, 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Skei, J., 1976. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilleggende fjordområder. Rapport 3. Fremdriftsrapport fra de geokjemiske undersøkelsene i juli 1975. NIVA 0-70111, 60 s.
- Skei, J., 1981. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og nedre del av Skienselva 1980. Delrapport 3. Sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 14/81. SFT/NIVA, 30 s.

9.2. Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen av Grenlandsfjordene og Skienselva

Overvåkingsår	Rapporttittel og utgivelsesdato
1977	Årsrapport for 1977. 25.5.1979
1978	Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger. 14.5.1979
	Metaller og partikulært materiale i vannmassene. 20.8.1979
	Undersøkelse av vannutskiftingsforholdene. 10.8.1979
	Hardbunnsfauna undersøkt ved stereofotografering. 15.11.1979
	Vannkvalitet i overflatelag og dypvann. 3.1.1980
	Sammenfattende årsrapport for 1978. 17.7.1980
1979	Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger. 14.8.1980
	Vannutskiftning og vannkvalitet. 18.9.1980
	Metaller og partikulært materiale i vannmassene. 29.10.1980
	Bløtbunnsfauna. 7.11.1980
1977-79	Hydrokjemiske data. 18.9.1980
1980	Delrapport I. Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger. 4.9.1981
	Delrapport II. Vannutskiftning og vannkvalitet. 1.10.1981
	Delrapport III. Sedimenter. 21.10.1981

Sammenfatning.  
20.11.1981.

- 1981 Grenlandsfjordene og Skienselva 1981.  
Overvåkingsrapport nr. 52/82.  
4.10.1982
- 1982 Grenlandsfjordene og Skienselva 1982.  
Overvåkingsrapport nr. 91/83.  
29.8.1983
- 1983 Grenlandsfjordene og Skienselva 1983.  
Overvåkingsrapport nr. 161/84.  
20.6.1984
- 1984 Grenlandsfjordene og Skienselva 1984.  
Overvåkingsrapport nr. 202/85.  
13.11.1985
- 1985 Grenlandsfjordene og Skienselva 1985.  
Overvåkingsrapport nr. 245/86.  
7.10.1986

**10. VEDLEGG**

## Vedlegg I. Hydrografiske data for stasjon BC1 i Frierfjorden 1986.

DATO	DYP m	TEMP grad Cels	SAL o/oo	DENS	O2 ml/l	O2-METN %	H2S ml/l
860121	2.	-	4.387	-	8.12	-	-
	4.	-	4.016	-	8.20	-	-
	8.	-	27.38	-	5.89	-	-
	12.	-	30.20	-	5.41	-	-
	16.	-	30.38	-	5.09	-	-
	20.	-	30.87	-	4.82	-	-
	25.	-	30.89	-	5.28	-	-
	30.	-	32.03	-	5.62	-	-
	40.	-	33.20	-	2.65	-	-
	50.	-	33.57	-	1.02	-	-
	60.	-	33.65	-	0.36	-	-
85.	-	33.73	-	-	-	0.3	
861021	0.	7.81	5.78	4.414	6.41	79.99	-
	4.	11.08	22.80	17.28	5.19	77.87	-
	8.	12.38	31.06	23.46	4.89	79.48	-
	12.	12.72	31.79	23.96	4.43	72.85	-
	16.	12.92	32.18	24.23	4.29	71.02	-
	20.	12.88	32.28	24.31	4.27	70.67	-
	25.	13.02	32.63	24.55	4.06	67.54	-
	30.	11.88	32.88	24.97	3.61	58.72	-
	40.	6.12	33.21	26.12	1.01	14.46	-
	50.	5.79	33.37	26.29	0.69	9.814	-
	60.	5.73	33.42	26.34	0.78	11.08	-
	70.	5.68	33.44	26.36	0.81	11.50	-
	80.	5.60	33.46	26.38	0.57	8.075	-
90.	5.56	33.46	26.39	-	-	0.45	
93.	5.56	33.46	26.39	-	-	0.61	
861120	60.	5.84	33.41	26.32	0.66	9.401	-
	70.	5.83	33.49	26.38	0.42	5.984	-
	80.	5.67	33.51	26.42	0.24	3.407	-
	90.	5.63	33.47	26.39	<0.1	-	<0.1
861218	60.	5.79	33.43	26.34	0.16	2.277	-
	70.	5.74	33.47	26.38	0.19	2.701	-
	80.	5.67	33.48	26.39	0.17	2.413	-
	90.	5.65	33.50	26.41	-	-	0.84
870122	20.	8.42	31.50	24.47	4.79	71.56	-
	30.	7.99	32.77	25.53	3.37	50.26	-
	40.	7.04	33.33	26.10	3.86	56.52	-
	50.	6.12	33.31	26.20	0.25	3.582	-
	60.	5.75	33.39	26.31	0.25	3.553	-
	70.	-	33.45	-	0.2	-	-
	80.	5.67	33.44	26.36	0.06	0.8513	-
	90.	5.69	33.46	26.38	-	-	1.19

Vedlegg II. Hydrografiske data for stasjon FG1 i Langesundfjorden  
1986.

DATE	DYP m	TEMP grad Cels	SAL o/oo	DENS	O2 ml/l	O2-METN %
860122	2.	-	22.80	-	6.84	-
	4.	-	27.46	-	6.66	-
	8.	-	30.23	-	6.87	-
	20.	-	32.11	-	5.95	-
	25.	-	33.00	-	5.99	-
	30.	-	33.27	-	6.03	-
	40.	-	33.61	-	6.03	-
	50.	-	33.96	-	5.93	-
	60.	-	34.02	-	6.14	-
	80.	-	34.21	-	6.02	-
105.	-	34.39	-	5.43	-	
861022	0.	9.50	18.14	13.89	6.35	89.27
	4.	10.78	29.32	22.39	5.84	90.70
	8.	11.09	30.02	22.89	5.74	90.15
	12.	11.19	30.20	23.01	5.71	89.98
	16.	11.36	30.45	23.17	5.62	89.03
	20.	11.70	30.95	23.50	5.21	83.40
	25.	12.05	31.33	23.73	5.02	81.16
	30.	12.24	31.62	23.92	4.71	76.59
	40.	12.27	32.75	24.79	4.71	77.18
	50.	11.70	33.24	25.28	4.92	79.90
	60.	11.19	33.40	25.50	4.89	78.62
	70.	9.48	33.65	25.98	4.58	71.04
	80.	6.23	34.08	26.80	4.04	58.33
90.	5.61	34.29	27.04	3.17	45.16	
100.	5.53	34.34	27.09	2.74	38.98	
105.	5.53	34.35	27.10	2.68	38.12	
861120	80.	9.47	33.82	26.12	4.86	75.45
	105.	5.78	34.31	27.03	2.52	36.05
861218	80.	9.21	33.77	26.12	4.9	75.61
	105.	6.45	34.20	26.86	2.12	30.79
870122	80.	6.93	34.79	27.26	5.82	85.82
	105.	6.85	34.83	27.31	5.89	86.71

Vedlegg III. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell  
fra Grenlandsfjordene juli-august 1986.

PAH	Prøve mrk.	µg/kg våtvekt							
		C1 30.7.86	A6 30.7.86	A3 30.7.86	A1 30.7.86	C1 29.8.86	A6 29.8.86	A3 29.8.86	A1 29.8.86
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyli									
Acenaftylen									
Acenaften									
4-Metylbi-fenyli									
Dibenzofuran									
Fluoren		17	26						
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantraceni									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiopheni									
Fenantren		159	110	23	17	62	169	21	28
Antraceni		15	10		2	10	21		3
Carbazole									
3-Metylphenantren									
2-Metylphenantren									
2-Metylantraceni									
4,5-Metylenphenantren									
4- og/eller 9-Metylphenantren									
1-Metylphenantren									
Fluoranteni		841	364	70	56	757	1234	144	151
Pyren		208	77	17	13	224	385	15	16
Benzo(a)fluoren		20			3	52	29		
Benzo(b)fluoren		16			3	18	25		
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranteni									
1-Metylpyren									
Benzo(ghi)fluoranteni									
Benzo(c)phenantren ***									
Benzo(a)antraceni *		100	110	28	13	160	201	25	18
Trifenyleni/Chrysen *		311	229	44	30	394	365	61	54
Benzo(b)fluoranteni **		72	63	} ~ 15	7	119	116	20	24
Benzo(j,k)fluoranteni ** 1)		48	60		6	66	96	~ 13	16
Benzo(e)pyreni *		90	72	13	8	110	109	15	8
Benzo(a)pyreni ***		62	70	12	ca. 8	48	149	15	8
Perylen									
Indeno(1,2,3-cd)pyreni *		22	19	3	3	20	20	7	
Dibenz(a,h og/eller a,c)antraceni *** 1)									
Piceni									
Benzo(g,h,i)peryleni		24	17	3	4	25	18	ca. 7	
Anthanthrene									
Coroneni									
Sum		2005	1227	228	173	2065	2937	343	326
Derav KPAH		158	163	23	18	200	313	42	40
% KPAH		7.9	13.3	10.1	10.4	9.7	10.7	12.2	12.3
% Torrstoff		17.3	14.6	15.8	16.2	16.3	17.0	17.6	16.4

Vedlegg IV. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell  
fra Grenlandsfjordene september-oktober 1986.

PAH	Prøve mrk.	mg/kg våtvekt							
		C1 22.9.86	A6 22.9.86	A3 22.9.86	A1 22.9.86	C1 21.10.86	A6 21.10.86	A3 21.10.86	A1 21.10.86
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyli									
Acenaftalen									
Acenaften									
4-Metylbifenyli									
Dibenzofuran									
Fluoren		9	10			14	6	5	4
9-Metylfuoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfuoren									
1-Metylfuoren									
Dibenzothiophen									
Fenantren		99	161	58	17	247	112	68	64
Antracen		10	12	4		38	12	8	4
Carbazole									
3-Metylfenantren									
2-Metylfenantren									
2-Metylantracen									
4,5-Metylenfenantren									
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren									
Fluoranten		502	633	228	60	1470	480	283	191
Pyren		234	282	50	16	618	184	62	44
Benzo(a)fluoren		29	16	11					
Benzo(b)fluoren		37	36	9					
4-Metylpyn									
2-Metylpyn og/eller Metylfuoranten									
1-Metylpyn									
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***						53	16	6	5
Benzo(a)antracen *		142	155	26	19	265	106	32	24
Trifenylen/Chrysen *		385	460	111	24	655	236	105	72
Benzo(b)fluoranten **		196	115	29	14	252	93	33	32
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)		130	68	5	10	125	47	19	17
Benzo(e)pyren *		125	121	15	13	241	74	24	20
Benzo(a)pyren ***		71	120	15	11	151	71	ca. 21	ca. 18
Perylen		9	7			22	6		
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		18	15	5	3	41	15	7	7
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)						6			
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene		19	18		3	45	13	5	4
Anthanthrene									
Coronen									
Sum		2015	2229	566	190	4243	1472	678	505
Derav KPAH		332	269	46	30	465	187	63	58
% KPAH		16.5	12.1	8.1	15.8	11.0	12.7	9.3	11.5
% Torrstoff		16.8	16.5	19.6	18.3	19.1	18.4	20.6	22.0



Vedlegg V. Torsk fra Frierfjord, september 1986. Lengde, vekt, konsentrasjon av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i muskel.

lengde (cm)	vekt (g)	<-----lever----->			<muskel>
		HCB	OCS	DCB	Hg
<-----mg/kg----->					
-	604	8.3	9.0	3.1	0.19
-	733	8.3	9.1	1.5	0.19
-	170	0.9	2.5	1.4	0.17
-	146	2.1	2.9	0.8	0.069
-	112	0.6	1.7	1.1	0.23
29	290	4.7	6.9	1.0	0.11
22	90	1.8	3.8	1.3	0.14
31	320	6.5	8.2	2.8	0.056
27	202	0.6	1.1	1.0	0.12
24	155	0.9	1.1	0.8	0.14
36	396	6.1	15.5	3.9	0.20
28	233	0.5	0.9	0.04	0.18
26	195	0.4	1.4	0.6	0.18
31	308	0.5	0.7	0.2	0.19
30	248	0.6	3.9	1.4	0.18
28	211	3.6	7.7	2.5	1.10
28	231	2.5	7.3	3.1	0.10
36	404	2.4	6.2	2.5	0.10
44	679	1.6	20.8	7.5	0.63
38	388	10.5	18.1	2.8	0.27
37	366	5.7	20.0	5.9	0.33
48	880	7.9	17.7	5.8	0.46
50	1150	13.5	26.8	6.8	0.45
30	291	2.5	8.6	3.2	0.20
49	977	9.3	26.0	5.7	0.36
41	630	8.4	19.4	6.1	0.24
33	341	0.8	2.5	1.6	0.26
38	547	11.2	19.9	3.9	0.23
32	319	5.1	4.2	0.8	0.12
28	241	3.4	13.2	5.4	0.28
30	256	1.5	3.4	0.8	0.24
31	296	0.5	4.8	2.6	0.35
32	342	3.4	9.1	4.2	0.36
29	257	4.8	7.7	2.1	0.14
41	672	12.4	25.9	5.2	0.99
34	500	7.2	15.3	4.3	0.24
47	904	8.7	21.5	7.2	0.56
37	635	3.1	16.5	3.3	0.34
43	693	11.3	13.0	2.0	0.30
27	207	3.0	5.4	1.2	0.17
34	412	6.5	12.5	2.7	0.27
25	176	2.6	12.7	7.7	0.26
24	229	0.8	1.9	1.6	0.11
26	225	1.7	4.3	1.1	0.15
35	498	9.9	19.0	3.3	0.25
37	407	8.7	7.0	1.7	0.25
47	930	8.2	7.4	1.5	0.44
36	440	11.2	15.5	2.1	0.15
34	447	1.2	3.6	1.3	0.18
33	307	2.3	8.8	3.5	0.15
29	290	1.1	2.0	0.9	0.11
24	160	1.2	2.2	0.6	0.15
24	134	0.5	0.8	0.5	0.18
29	150	0.9	1.2	0.4	0.13

Vedlegg VI. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) av kobber (Cu), kadmium (Cd), bly (Pb), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i sedimentene i Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra NIVA.

Stasjon	Snitt (cm)	Cu	Cd	Pb	Zn	Hg
P1 (2)	0-2	68	2,7	230	327	3,5
P1 (3)	"	72	6,0	250	371	3,8
P6 (1)	"	34	0,8	165	182	2,3
P6 (3)	"	43	0,4	141	204	1,2
F5 (2)	"	36	2,0	109	251	1,0
F5 (3)	"	42	2,4	119	279	1,1
F7 (1)	"	43	0,3	152	220	1,1
F7 (2)	"	34	0,1	121	182	0,7
F8 (1)	"	41	0,2	143	195	1,2
F8 (2)	"	40	0,2	139	193	0,9
P8	"	39	0,8	188	249	2,1
P8	"	60	0,5	172	255	1,6
P9	"	24	0,1	81	122	0,4
P9	"	25	0,1	76	122	0,4

Vedlegg VII. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/g}$  tørt sed.) av kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), nikkel (Ni), krom (Cr), kadmium (Cd), mangan (Mn) og jern (Fe) i mg/g i Grenlandsfjordene januar 1986. Analyseresultater fra Universitetet i Oslo, Biologisk institutt.

Station	Core No.	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Cd	Mn	Fe
P1	1	67	349	212	35	61	2.2	1060	2.8
	2	70	357	229	35	66	2.5	638	2.7
	3	77	417	267	38	70	4.5	619	2.6
	mean	71	374	236	36	66	3.1	772	2.7
P6	1	38	199	160	22	40	0.8	484	2.2
	2	40	241	156	25	40	1.1	925	2.1
	3	107	275	184	28	45	1.1	1400	2.5
	mean	62	238	167	25	42	1.0	936	2.3
F3	1	62	412	208	54	60	3.6	1990	3.0
	2	53	355	172	50	59	2.8	2160	2.9
	3	47	300	152	44	58	1.9	1310	2.9
	mean	54	356	177	49	59	2.8	1820	2.9
F5	1	48	328	118	32	35	3.6	10380	3.1
	2	44	296	110	30	35	3.1	5880	3.0
	3	47	320	118	32	35	3.4	7430	3.0
	mean	46	315	115	31	35	3.4	7900	3.0
F7	1	48	241	142	37	56	0.9	1720	4.3
	2	39	205	114	33	50	0.8	8480	4.4
	3	44	238	141	35	34	1.1	5440	4.1
	mean	44	228	132	35	53	0.9	5210	4.3

## Vedlegg VII, forts.

F8	1	44	228	135	35	51	0.8	1500	4.1
	2	42	216	126	35	60	0.8	3570	4.2
	3	42	208	117	33	45	1.1	5880	4.0
	mean	43	217	126	34	52	0.9	3650	4.1
P8	1	48	238	134	33	50	(0.6)	1050	3.5
	2	47	228	130	32	50	1.1	2880	3.5
	3	64	297	167	32	40	1.1	664	3.1
	mean	53	254	144	32	47	**	1530	3.4
P9	1	28	141	73	33	40	0.8	454	3.5
	2	26	139	71	30	40	(0.6)	653	3.3
	3	27	147	67	29	35	(0.6)	503	3.1
	mean	27	142	70	31	38	**	537	3.3

Vedlegg VIII. Innhold ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tørt sed.) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene i Grenlandsfjordene januar 1986.

PAH	Prøve mrk.	$\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt							
		P1 (2) 0-2 cm	P1 (3) 0-2 cm	P6 (1) 0-2 cm	P6 (3) 0-2 cm	F5 (2) 0-2 cm	F5 (3) 0-2 cm	F7 (1) 0-2 cm	F7 (2) 0-2 cm
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyli									
Acenaftylen									
Acenaften									
4-Metylbifenyli									
Dibenzofuran									
Fluoren						112			
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiophen									
Fenantren		1333	418	312	260	2000	538	1322	577
Antracen		40	116	26	58	102	132		
Carbazole									
3-Metylfenantren									
2-Metylfenantren									
2-Metylantracen			56		88				
4,5-Metylfenantren									
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren			59		31	88			
Fluoranten		825	1113	276	390	2406	1188	1268	651
Pyren		539	1493	282	379	992	1138	1739	536
Benzo(a)fluoren				52	173	228	274		
Benzo(b)fluoren				42	183	220	270		
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten									
1-Metylpyren				47		177	73		
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***									
Benzo(a)antracen *		612	1365	387	420	977	1538	881	189
Trifenylen/Chrysen *		938	2011	666	726	2596	3392	1823	396
Benzo(b)fluoranten **		1298	2824	1205	2111	4500	3251	1655	1082
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)		670	1701	708	1050		1243	881	
Benzo(e)pyren *		942	2115	915	1096		1890		404
Benzo(a)pyren ***		2411	2300	950	1000	1834	2456	997	Mashed
Perylen			515		242				
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		768	845	756	745	1351	1395		341
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)		106	389	227	248		328		146
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene		427	1398	718	725	1450	1144		627
Anthanthrene									
Coronen									
Sum		10909	18718	7569	9925	19033	20250	10566	4949
Derav KPAH									
% KPAH									
% Tørrstoff									

PAH	Prove mrk.	µg/kg tørrvekt					
		F8 (1) 0-2 cm	F8 (2) 0-2 cm	P8 (1) 0-2 cm	P8 (3) 0-2 cm	P9 (1) 0-2 cm	P9 (3) 0-2 cm
Naftalen							
2-Metylnaftalen							
1-Metylnaftalen							
Bifenyl							
Acenaftalen							
Acenaften							
4-Metylbifenyl							
Dibenzofuran							
Fluoren							
9-Metylfuoren							
9,10-Dihydroantracen							
2-Metylfuoren							
1-Metylfuoren							
Dibenzothiophen							
Fenantren		367	480	499	504	282	607
Antracen		39		46	52	49	
Carbazole							
3-Metylfenantren							
2-Metylfenantren							
2-Metylantracen							
4,5-Metylfenantren							
4- og/eller 9-Metylfenantren							
1-Metylfenantren			63				
Fluoranten		227	599	319	815	1829	891
Pyren		192	367	280	807	1536	702
Benzo(a)fluoren					122		
Benzo(b)fluoren			55	63	171		
4-Metylpyren							
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten							
1-Metylpyren			66				
Benzo(ghi)fluoranten							
Benzo(c)fenantren ***							
Benzo(a)antracen *		125	383	382	338	775	761
Trifenylen/Chrysen *		209	746	658	529	957	871
Benzo(b)fluoranten **		} 528	723	1314	781	} 323	986
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)			384	634	391		553
Benzo(e)pyren *			485	945	490	152	350
Benzo(a)pyren ***		152	Mashert	1150	500	150	300
Perylen							
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		388	506	588	354	155	349
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)		128		192	62		136
Picen							
Benzo(g,h,i)perylene		723	938	655	372	498	619
Anthanthrene							
Coronen							
Sum		3078	5795	7725	6288	6706	7125
Derav KPAH							
% KPAH							
% Tørrstoff							

Vedlegg IX. Innhold av klorerte hydrokarboner (ng/g tømt sed.) i Grenlandsfjordene 1986. Analyseresultater fra SI.

	2CB	3CB	4CB	5CB	HCB	PCB	dekaklor- bifenyl	Pentakl. styren	α-hexakl. styren	cis- hexakl. styren	trans- hera- kl. styren	trans- hepta- kl. styren	BB'-hepta- kl. styren	cis- hepta- kl. styren	oktakl. styren
ST.F-5	i.p.	9	i.p.	16	150	i.p.	210	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	64
ST.F-7	"	8	≤6	7	46	≤12	60	"	"	"	"	"	"	"	14
ST.F-8	≤5	≤6	i.p.	4	44	≤16	45	"	"	"	"	"	"	"	7
ST.P-1	i.p.	18	12	38	340	100	680	"	"	"	"	"	"	"	120
ST.P-6	"	7	6	19	170	≤41	340	"	"	"	"	"	"	"	45
ST.P-8	"	7	i.p.	5	46	≤23	41	"	"	"	"	"	"	"	6
ST.P-9	"	5	"	4	52	i.p.	2	"	"	"	"	"	"	"	3
Påvisningsgrense (Gj.sn.)	3-17	0,5-3	0,4-3	0,3-2	0,2-1	6-36	0,3-2	0,9-5	0,7-4	0,9-5	1-7	0,6-4	1-5	1-7	0,2-1

i.p. = ikke påvist  
CB = klorbenzener

Vedlegg X. Komplette artslister og individantall fra bløtbunnfaunaundersøkelsene i Grenlandsfjordene i 1974-1986. En del av materialet er artsbestemt ved Universitetet i Oslo, Biologisk institutt.

GRENLANDSFJORDENE 1974-1986 Bløtbunnfauna	Stasjon:	P4	P1	P1	P1	P1	P6	P6	P6	F7	F8	F8	P8	P9
	Ar:	79	74	79	86	86	74	79	86	86	86	86	86	86
	Måned:	NOV	JUL	NOV	JAN	OKT	JUL	NOV	JAN	JAN	JAN	OKT	JAN	JAN
	Antall grabb:	4	5	4	4	8	5	4	4	4	4	8	4	4
<b>ANTHOZOA</b>														
<i>Cerianthus lloydi</i> Gosse	-	-	-	2	1	-	-	10	-	-	-	-	-	-
<i>Edwardsia claparedii</i> (Panceri)	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>NEMERTINEA</b>														
<i>Nemertinea</i> indet	-	2	-	7	35	14	-	15	7	39	36	72	32	
<b>NEMATODA</b>														
<i>Nematoda</i> indet	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>POLYCHAETA</b>														
<i>Amaeana trilobata</i> (M.Sars 1863)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Ampharete lindstroemi</i> Malmgren 1867	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ampharetidae</i> indet	-	-	8	-	1	-	4	1	-	-	-	1	-	-
<i>Amphicteis gunneri</i> (M.Sars 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	7	4	-	-
<i>Anaitides cf. groenlandica</i> (Oersted 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Anaitides groenlandica</i> (Oersted 1842)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Anaitides</i> sp	2	-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Apistobanchus tullbergi</i> (Theel 1879)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Asychis biceps</i> (M.Sars 1861)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brada</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-	-	-	10
<i>Brada villosa</i> (Rathke 1843)	-	-	2	-	43	1	25	-	-	-	-	-	-	-
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius 1780)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caulleriella</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	11	-	-
<i>Caulleriella killariensis</i> (Southern 1914)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Ceratocephale loveni</i> Malmgren 1867	-	-	-	1	-	-	-	2	1	3	1	1	1	1
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	44	8	-	6	-	2	-	24	175	328	156	2	-	-
<i>Chone</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	20	16	11	-	-	-
<i>Chone/Euchone</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-
<i>Cirratulidae</i> indet	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict 1887	-	-	-	1	1	5	-	17	175	236	79	1	1	5
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren 1867)	-	-	3	7	10	-	28	3	-	1	-	1	5	-
<i>Eteone</i> sp	2	-	-	-	-	-	1	-	1	-	6	6	-	-
<i>Euchone analis</i> (Kroeyer 1856)	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Euchone cf. papillosa</i> (M.Sars 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-
<i>Euchone papillosa</i> (M.Sars 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-
<i>Euchone</i> sp	5	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eumida</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Gattyana amondseni</i> (Malmgren 1867)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glycera alba</i> (O.F.Mueller 1776)	11	-	5	-	2	-	4	4	2	-	1	5	5	-
<i>Glycera rouxii</i> Audouin & Milne Edwards 1833	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	9	-
<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren 1865)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Goniada maculata</i> Oersted 1843	1	-	17	9	42	2	12	45	1	2	-	1	17	-
<i>Gyptis rosea</i> (Malm 1874)	-	-	-	-	-	3	-	1	-	1	-	1	-	-
<i>Harmothoe nodosa</i> (M.Sars 1860)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Harmothoe sarsi</i> (Kinberg 1865)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
<i>Harmothoe</i> sp	-	-	3	-	8	-	-	-	-	-	2	-	2	-
<i>Hesionidae</i> indet	4	-	4	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	146	-	44	1	9	21	49	1	308	944	2120	951	71	-
<i>Jasmineira</i> sp	-	-	-	-	80	-	-	4	-	-	15	1	-	-
<i>Lanassa venusta</i> (Malm 1874)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-
<i>Laonice cirrata</i> (M.Sars 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-
<i>Lumbrineris scopia</i> Fauchald 1974	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	8	-
<i>Lumbrineris</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Lysilla loveni</i> Malmgren 1865	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Magelona minuta</i> Eliason 1962	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maldanidae</i> indet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Mediomastus fragilis</i> Rasmussen 1973	-	-	-	25	42	-	-	2	-	10	45	15	27	1
<i>Melinna cristata</i> (M.Sars 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	61	4	-
<i>Mugga wahrbergi</i> Eliason 1955	-	-	-	-	27	-	1	-	1	3	61	4	-	-
<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922	7	-	51	102	141	26	23	57	2	108	50	146	6	-
<i>Nephtys ciliata</i> (O.F.Mueller 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	18	11	1	-
<i>Nephtys cirrosa</i> Ehlers 1868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny 1818	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nephtys incisa</i> Malmgren 1865	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Nephtys paradoxa</i> Malm 1874	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Nereimyra punctata</i> (O.F.Mueller 1788)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notomastus latericeus</i> Sars 1851	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophelina acuminata</i> Oersted 1843	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Ophelina modesta</i> Stoep-Bowitz 1958	1	-	34	-	-	-	5	2	1	-	-	-	-	-
<i>Ophelina</i> sp	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	4	1	-	-
<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje 1822)	-	-	1	2	3	9	8	-	-	-	-	-	2	-
<i>Orbinia sertulata</i> (Savigny 1820)	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)	-	-	-	6	3	-	-	-	34	1	-	5	4	-
<i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen 1883)	-	1	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paraonis gracilis</i> (Tauber 1879)	-	-	-	-	1	21	3	3	12	6	13	4	35	-
<i>Paraonis lyra</i> (Southern 1914)	-	-	7	-	3	-	39	8	29	21	25	30	2	-





