



Statlig program for
forurensningsovervåking

0.2/59

Rapport

327|88

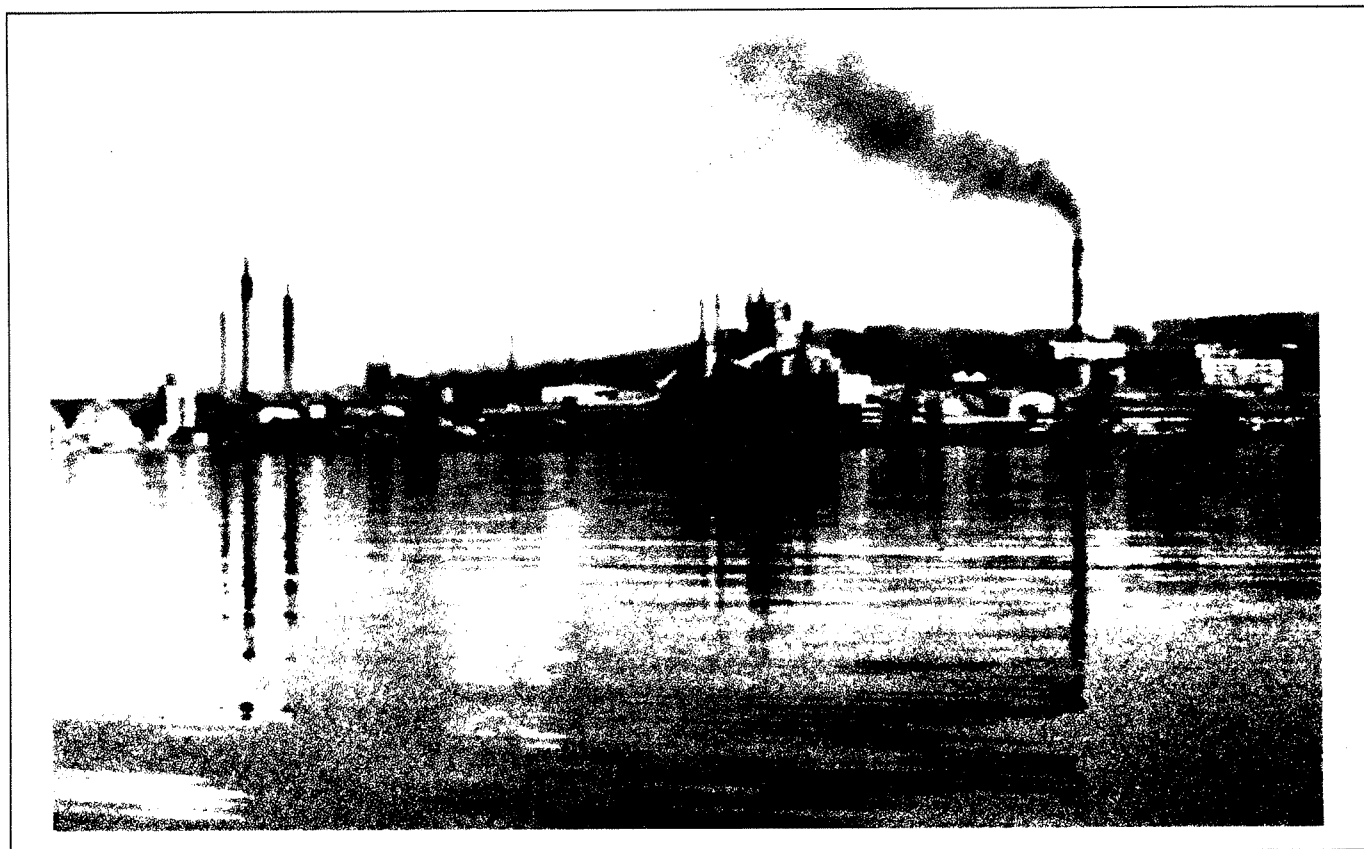
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Grenlandsfjordene og Skienselva 1987



Norsk institutt for vannforskning



NIVA



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder

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

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

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

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

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

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

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

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

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

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

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

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

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

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

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	Sørlandsavdelingen Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	--	--	--

Prosjektnr.:	8000312
Undernummer:	
Løpenummer:	2159
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Grenlandsfjordene og Skienselva 1987. (Overvåkingsrapport nr. 327/88)	Dato: 11.10.1988
Forfatter (e): Brage Rygg Norman Green Jon Knutzen Jarle Molvær	Rapportnr.
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Telemark
	Antall sider (inkl. bilag): 72

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

Ekstrakt:
Det er høye konsentrasjoner av PAH i blåskjell fra både Grenlandsfjordene og kysten Grenland-Kragerø. I fisk er konsentrasjonene av klorerte hydrokarboner stadig høye. Påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner førte til at helsemyndighetenes tidligere anbefalinger om begrensninger på konsum av fisk og skaldyr fra Grenlandsfjordene og området utenfor er ytterligere skjerpet. Tilførslene av PAH og klorerte hydrokarboner må reduseres betydelig dersom brukerinteressene skal ivaretas. Det var lavere utslipp av PAH i 1987 enn i 1986. Undersøkelser med sedimentfeller viste at sedimentasjonen av organisk materiale, og dermed oksygenforbruket, i Grenlandsfjordene er høyere enn normalt i norske fjorder. For å minske forurensningsvirkningene på bunndyrsamfunnene, må sedimentasjonen av organisk materiale reduseres. Dypere enn 45-50 m i Frierfjorden var oksygeninnholdet kritisk lavt i hele 1987.

4 emneord, norske:

1. Grenlandsfjordene
2. Miljøgifter
3. Fisk
4. Blåskjell
Sedimentfeller

4 emneord, engelske:

1. Grenland fjords, Norway
2. Toxic pollutants
3. Fish
4. Mussels
Sediment traps

Prosjektleder:


Brage Rygg

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN - 82-577-1444-5



Statlig program for forurensningsovervåking

O-8000312

GRENLANDSFJORDENE OG SKIENSELVA 1987

Oslo, 11. oktober 1988

Prosjektleder: Brage Rygg
Medarbeidere: Norman Green
Jon Knutzen
Jarle Molvær

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). Deler av sedimentfelleundersøkelsene i 1987 er finansiert via NIVAs egne forskningsmidler. Analysene av kvikksølv og klorerte hydrokarboner i fisk er utført av Veterinærinstituttet.

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.

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 kapittel 9: HENVISNINGER.

Denne rapporten legger fram resultatene fra undersøkelsene i 1987, og sammenligner dem med tidligere års resultater.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	side
FORORD	2
FIGURFORTEGNELSE	5
TABELLFORTEGNELSE	8
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	9
1.1. Formål	9
1.2. Konklusjoner og tilrådninger	9
2. INNLEDNING	12
2.1. Området	12
2.2. Brukerinteresser	12
2.3. Forurensninger	15
2.4. Undersøkellesprogram	18
3. SIKTEDYPMÅLINGER	20
3.1. Frierfjorden og Skienselva	20
3.2. Eidangerfjorden	24
4. OKSYGEN OG VANNUTSKIFTNING	26
4.1. Måleprogram	26
4.2. Resultater	26
5. SEDIMENTASJON AV ORGANISK MATERIALE	29
5.1. Bakgrunn og formål	29
5.2. Prøveinnsamling og analyser	29
5.3. Resultater	32
6. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL	46
7. MILJØGIFTER I TORSK	50
7.1. Datamaterialet	50
7.2. Gruppering i tid	51
7.3. Vektkorrigerings	51
7.4. Analyse av vektkorrigerede data, Frierfjordfisk	52
7.5. Fisk fra Eidangerfjorden	59
8. KLORERTE DIBENZODIOKSINER OG DIBENZOFURANER	62
9. HENVISNINGER	64
9.1. Referanser	64

9.2. Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen av Grenlandsfjordene og Skienselva	65
10. VEDLEGG	67
10.1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell april-mai 1987.	68
10.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell august 1987.	69
10.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell november 1987.	70
10.4. Torsk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden, november 1987. Lengde, vekt, konsentrasjon av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i filet, mg/kg våtvekt.	71

FIGURFORTEGNELSE

Fig. 2.1.	Kart over Grenlandsfjordområdet med enkelte industriutslipp og utvalgte hydrografistasjoner angitt.	14
Fig. 2.2.	Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighetsprofilen.	15
Fig. 2.3.	Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av suspendert partikulært materiale, organisk stoff (som BOD ₅), og næringssalter (som N og P) i 1972 og 1976-87. ⁷ Skraveringen angir bidraget fra befolkningen.	17
Fig. 2.4.	Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av organiske miljøgifter i (1975) 1976-87.	18
Fig. 3.1.	Siktedypmålinger på st. BC1 i Frierfjorden i 1987.	20
Fig. 3.2.	Månedsmidler av siktedyp i Frierfjorden. Verdiene for 1987 (*) er plottet sammen med tilsvarende månedsmidler for tidsrommet 1978-86 (heltrukken linje). Et standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-86 er vist med stiplet linje.	21
Fig. 3.3.	Aritmetiske årsmidler av siktedyp i Frierfjorden.	22
Fig. 3.4.	Aritmetisk årsmiddel for målingene på de tre stasjonene i Skienselva, sammenlignet med Frierfjorden.	23
Fig. 3.5.	Siktedypmålinger ved Klokkarholmen mellom Eidanger- og Ormefjorden sommeren 1986.	25
Fig. 4.1.	Oksygenmålinger i Frierfjordens dypvann i 1987.	27
Fig. 4.2.	Oksygenforhold i Frierfjorden og Langesundsfjorden den 12.10.1987. Situasjonsbilde i form av et lengdesnitt.	28
Fig. 5.1.	Sedimentfellestasjonene P1 i Frierfjorden og F8 i Langesundsfjorden.	30
Fig. 5.2.	Fluks av totalt partikulært materiale (TP) (gram tørrvekt/m ² /døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.	33
Fig. 5.3.	Prosentvis andel av karbon (C) i fellematerialet i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.	34
Fig. 5.4.	Fluks av totalt partikulært materiale (TP) (gram tørrvekt/m ² /døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.	34
Fig. 5.5.	Prosentvis andel av karbon (C) i fellematerialet i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.	35

Fig. 5.6.	Fluks av partikulært karbon (C) (gram tørrvekt/m ² /døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.	36
Fig. 5.7.	Fluks av partikulært nitrogen (N) (milligram tørrvekt /m ² /døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.	37
Fig. 5.8.	Fluks av partikulært karbon (C) (gram tørrvekt /m ² /døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.	37
Fig. 5.9.	Fluks av partikulært nitrogen (N) (milligram tørrvekt /m ² /døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.	38
Fig. 5.10.	Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i 10 og 20 m på stasjon P1 i løpet av et år.	39
Fig. 5.11.	Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i 20, 40 og 80 m på stasjon F8 i løpet av et år.	39
Fig. 5.12.	Fluks av klorofyll <u>a</u> og phaeophytin (mg tørrvekt/m ² /døgn) i 10 m dyp på stasjon P1, Frierfjorden. 0=uten kloroform; c=med kloroform i fellene.	42
Fig. 5.13.	Fluks av klorofyll <u>a</u> og phaeophytin (mg tørrvekt/m ² /døgn) i 20 m dyp på stasjon P1, Frierfjorden.	42
Fig. 5.14.	Fluks av klorofyll <u>a</u> og phaeophytin (mg tørrvekt/m ² /døgn) i 20 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.	43
Fig. 5.15.	Fluks av klorofyll <u>a</u> og phaeophytin (mg tørrvekt/m ² /døgn) i 40 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.	43
Fig. 5.16.	Fluks av klorofyll <u>a</u> og phaeophytin (mg tørrvekt/m ² /døgn) i 80 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.	44
Fig. 5.17.	Forskjell i fluks av totalt partikulært materiale (TP) (g/m ² /d) i 80 og 40 m dyp på stasjon F8.	45
Fig. 6.1.	Stasjoner for innsamling av blåskjell i Grenlandsfjordene.	48
Fig. 6.2.	Stasjoner for innsamling av blåskjell på strekningen Grenland-Kragerø.	49
Fig. 7.1.	Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall for log ₁₀ [vekt(g)] av torsk fanget i årene 1968-1987. Skalaen angir fiskens vekt i gram.	53
Fig. 7.2.	Kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i torskefilet (mg/kg våtvekt) fra Frierfjorden 1968-1987. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk på 1 kg.	54

- Fig. 7.3. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg. 55
- Fig. 7.4. Oktaklorstyrenkonsentrasjon (OCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg. 56
- Fig. 7.5. Dekaklorbifenylnkonsentrasjon (DCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg. 57
- Fig. 7.6. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) (·····) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt) og utslipp av HCB (—) til Frierfjorden (antall 100kg/år) i perioden 1975-1987. 58
- Fig. 7.7. 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. 60
- Fig. 7.8. Medianverdier for konsentrasjoner av oktaklorstyren (OCS) og dekaklorbifenyl (DCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1986 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt. 61
- Fig. 8.1. Ekvivalenter av 2,3,7,8-TCDD (den giftigste blant dioksinforbindelsene) i fisk, taskekrabbe og blåskjell fra Grenlandsfjordområdet 1986-87, ng/kg friskvekt. 63

TABELLFORTEGNELSE

Tab. 3.1.	Tidsrom, antall målinger (N) og resultater for siktedyp i Eidangerfjorden og ved Klokkarholmen.	24
Tab. 4.1.	Oksygenmålinger fra Langesundsfjordens dypvann i desember 1986 og i 1987 (ml O ₂ /l).	26
Tab. 5.1.	Datoer for utsetting, tømming og opptak (avslutning) av sedimentfeller i Frierfjorden (P1) og Langesundsfjorden (F8).	31
Tab. 5.2.	Forholdet mellom totalmengde partikulært materiale i parallelle feller uten kloroform/med kloroform.	32
Tab. 5.3.	Forholdet mellom konsentrasjonene i parallelle feller uten kloroform/med kloroform. Karbon og nitrogen.	35
Tab. 5.4.	Årlig sedimentasjon i Frierfjorden (stasjon P1) og Langesundsfjorden (stasjon F8) fra oktober 1986 til oktober 1987.	40
Tab. 5.5.	Sedimenteringsrate for partikulært organisk karbon (C) (g/m ² /år) i noen norske fjorder og andre kystlokaliteter.	41
Tab. 6.1.	Medianverdier av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene 1980-1986. n = antall analyser.	46
Tab. 6.2.	Konsentrasjoner av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene og på strekningen mot Kragerø i 1987.	47
Tab. 7.1.	Dataoversikt for torsk fra Frierfjorden.	51

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER

1.1. Formål

Hovedhensikten med overvåkingsundersøkelsene i Grenlandsfjordene er å:

- a) Følge tidsutviklingen i forurensningssituasjonen
- b) Holde øye med miljøgiftnivåene i marine organismer
- c) Sammenligne forurensningstilstanden med brukerspesifikke krav (vurdere behovet for tiltak).

1.2. Konklusjoner og tilrådninger

Undersøkelsene med sedimentfeller viste at sedimentasjonsraten for partikulært organisk stoff i Grenlandsfjordene er høyere, og oksygenforbruket dermed også høyere, enn normalt i en fjord. Minskert sedimentasjon av organisk materiale vil redusere forurensningsvirkningene på bunndyrsamfunnene og gjøre større bunnarealer levelige.

Siktedypet i Frierfjorden var bedre i 1987 enn foregående år. Siktedypet bestemmes i hovedsak av vannkvaliteten ved utløpet av Skienselva.

Dypvannsfornyelsen i Frierfjorden var liten i 1987, og oksygenforholdene dypere enn 45-50 m var kritiske hele året.

Det er fremdeles høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Grenlandsfjordene. Helse- direktoratet har frarådet konsum av blåskjell fra hele Brevik- Langesundområdet. Disse områdene er heller ikke egnet for akvakultur. Det er innført omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene.

Grovt sett har miljøgiftinnholdet i fisk ikke forandret seg i perioden 1978-1987. I tillegg til de tidligere påviste miljøgiftene i fisk, er det i 1986 og 1987 også påvist klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner. Disse er ekstremt giftige.

Hvis det skal være et mål at forurensningen ikke skal være i konflikt med bruksinteresser, bl.a. at fisk og skalldyr fra hele

fjordområdet skal kunne spises uten frykt for miljøgifter, må tilførslene av klorerte hydrokarboner og PAH reduseres betydelig.

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

På bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner i fisk og krabbe har Statens næringsmiddeltilsyn anbefalt ytterligere begrensninger i konsum av fisk og skalldyr, ikke bare fra Frierfjorden, men også fra området utenfor. Statens næringsmiddeltilsyn sendte 19. mai 1988 ut følgende pressemelding:

Dato: 19. mai 1988

Kontaktperson: Spesialrådgiver Ole Harbitz

Nummer: 1/88

Telefon: (02) 67 15 85

Sperrefrist: Ingen

DIOKSINER I FISK OG SKALLDYR I GRENLANDSFJORDENE

Kostholdsråd fra Statens næringsmiddeltilsyn

Det er påvist dioksiner i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene. Utslipet stammer fra magnesiumfabrikken til Norsk Hydro på Herøya. Statens næringsmiddeltilsyn ser alvorlig på forholdet. Dioksinene er giftige stoffer som lagres i kroppens fettvev.

På grunn av annen miljøforurensning har helsemyndighetene tidligere gitt kostholdsråd for produkter fra Grenlandsområdet. De påviste dioksin-nivåene gjør det nå nødvendig med skjerpede forholdsregler.

Dette bør ikke spises:

- blåskjell og torskelever fra Grenlandsfjordene
- ål og krabbe fra Frierfjorden og Vollsfjorden
- krabbe fra Langesundsfjorden ut til Arøya

Dette kan spises i begrensede mengder:

- krabbe fra vestsiden av Langesundsbukta (Såstein): 1 pr måned
- krabbe fra østsiden av Langesundsbukta (Nevlunghavn): 3 pr måned
- torsk fra Frierfjorden og Vollsfjorden: 1 måltid i uka
- torsk fra Eidangerfjorden: 4 måltid i uka

Publikum kan få ytterligere opplysninger fra den lokale næringsmiddelkontrollen.

De angitte mengdene gjelder dersom man spiser like mye hele året. Det er i orden å spise mer enkelte måneder, bare forbruket reduseres tilsvarende utenom sesongen. Det er det totale årsinntaket som teller.

En nordisk ekspertgruppe har beregnet hvor mye dioksiner man kan få i seg hver uke hele livet uten risiko for helseskade. En noe høyere total belastning vil ikke medføre fare for umiddelbare helseskader. Myndighetene ønsker allikevel at inntaket skal holdes godt innenfor sikkerhetsmarginene. Dette er bakgrunnen for kostholdsrådene.

Foreløpig har man få analyseresultater å holde seg til. Det pågående analyseprosjektet ventes å bli ferdig innen utgangen av året. Dette vil gi myndighetene et bedre grunnlag for beslutninger. Omsetningsforbud og nye kostholdsråd vil bli vurdert da.

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 m³/s og 1000 m³/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 90 000 mennesker, konsentrert i Skien, Porsgrunn, Brevik, Stathelle og Langesund.

I 1987 ble det gjennomført en innledende undersøkelse av nåværende og potensiell bruk av Grenlandsfjordene, og en kartlegging av hvilke brukerkonflikter som er til stede i forhold til forurensning. Dette er beskrevet i en rapport innenfor Statlig program for

forurensningsovervåking (Gulbrandsen et al. 1987).

Fire brukerinteresser er særlig viktige:

1. Friluftsliv og naturvern
2. Yrkesfiske og akvakultur
3. Skipstrafikk
4. Resipientinteresser

De to første ønsker rent vann og fri ferdsel, de to sistnevnte fører til forurensninger og begrensninger for småbåtferdsel.

Området har et bredt spektrum av naturverdier og verneinteresser. De viktigste naturtypene er sjøfuglområder (derav fem reservater), havstrandsvegetasjon og kystnære skogområder (to reservater). Flere av områdene ligger utsatt til.

Skienselva innbyr i dag lite til friluftsliv og reiseliv pga. industrianlegg, forurensninger og manglende opprydding av tidligere virksomheter. Det er behov for initiativ i tråd med Vannplan for Skienselva. Det vil også være viktig å tilrettelegge forholdene for ytterligere lakseoppgang i Skiensfossen.

Frierfjorden er viktig for industri og skipsfart og som resipient. Forurensningene og ferdselsbegrensningene er så store at det er svært lite annen aktivitet. Gunnekleivfjorden er en viktig resipient for Porsgrunn fabrikker.

Utenfor Brevik er vestsiden i det vesentlige dominert av bebyggelse samt noe industri. Østsiden og øyene er for en stor del avsatt til hytteområder, friluftsanser og naturområder. Fjordområdet har mye friluftsliv med båtbruk, bading og fiske. I indre områder kan forurensningen i perioder gi dårlig siktedyp og gjøre bading mindre attraktivt. Skipstrafikken legger begrensninger på båtlivet.

Det foregår et betydelig yrkesfiske og fritidsfiske i fjordene utenfor Brevik. Det finnes ingen anlegg for akvakultur.

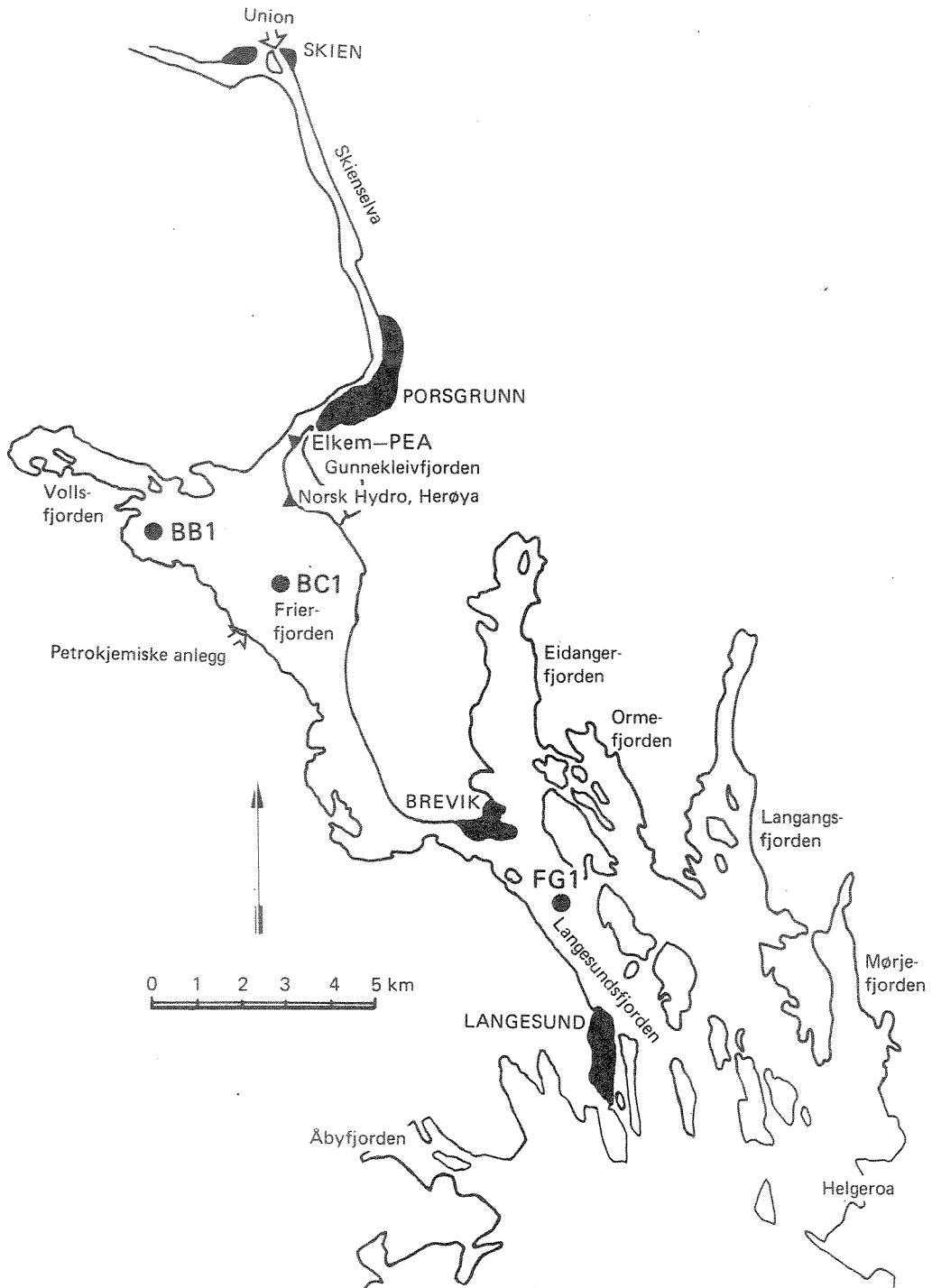


Fig. 2.1. Kart over Grenlandsfjordområdet med enkelte industriutslipp og utvalgte hydrografistasjoner angitt.

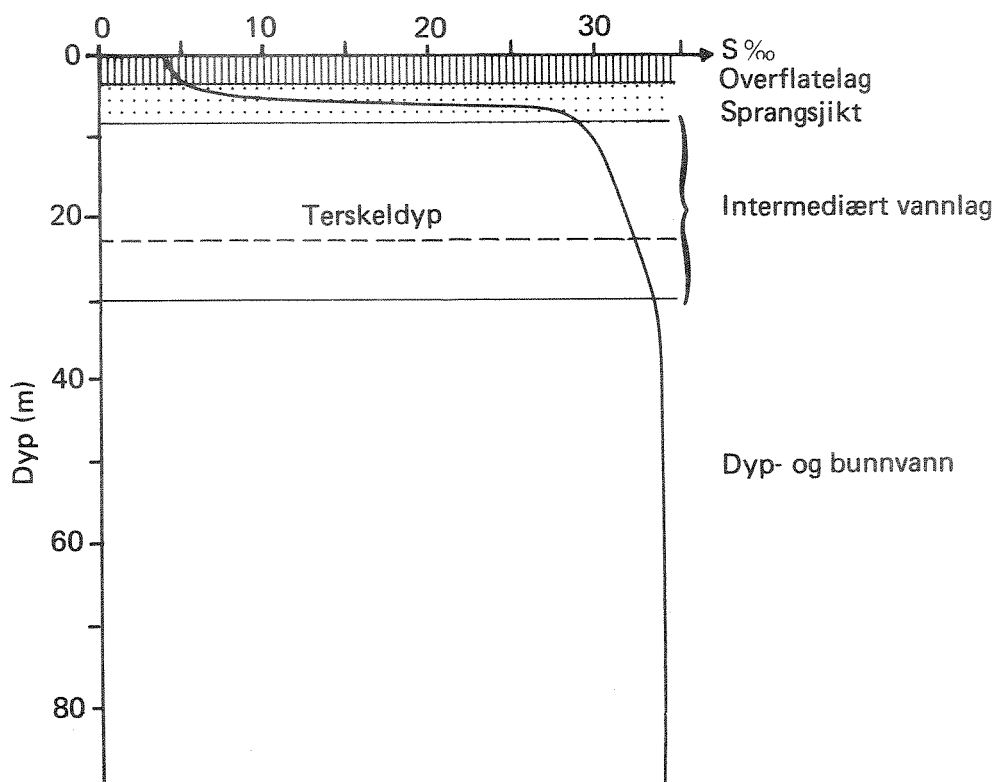


Fig. 2.2. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighetsprofilen.

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 2.3-2.4 viser tilførslene av viktige forurensningskomponenter til Skienselva og Frierfjorden. Stort sett 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. Også det kommunale avløpsvann bidrar med mye organisk stoff (Fig. 2.3). Utslippene forårsaker høyt oksygenforbruk og grumset vann. Utslipet av fiber fra Union Bruk i Skien var dobbelt så høyt i 1987 som i 1986, og utgjorde den altoverveiende del av

totalutslippene av suspendert materiale til Skienselva og Frierfjorden (Fig. 2.3). Utslippene av organisk stoff fra cellulosefabrikken ved Union Bruk ble omtrent halvert våren 1988 pga. nedlegging av en del av produksjonen. Tiltak som minst vil halvere utslippene av suspendert organisk materiale vil i følge bedriftens planer bli gjennomført i 1989/90.

I slutten av 1986 stanset Hydro Porsgrunn sitt utslipp av partikler fra kalsineringsanlegget for dolomitt. Dette utslippet var tidligere på 1000-2000 tonn pr. år.

Fosfor- og nitrogenforbindelser tilføres hovedsakelig fra kunstgjødselfabrikkene på Herøya og fra befolkning. Nitrogenutslippene fra industrien er svært store (Fig. 2.3). Næringssalttilførslene er mye større enn det som algene i Frierfjorden klarer å bruke opp, og tilførslene bidrar derfor til eutrofieringssymptomer også utenfor Brevik.

Fullgjødselfabrikkene på Herøya er pålagt å gjennomføre betydelige reduksjoner i utslippene av fosfor og nitrogen i de nærmeste årene. Renseanlegg for kommunale utslipp vil muligens være operativt i 1991.

Miljøgiftene stammer hovedsakelig fra industri (Fig. 2.4). Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya er den største kilden for klorerte organiske forbindelser, deriblant dibenzofuraner og dibenzodioksiner. Sistnevnte er ekstremt giftige (se kapittel 8).

Utslippsreduksjoner omkring 1975 førte til at de svært høye konsentrasjonene av miljøgifter som tidligere ble funnet i fisk, sank betraktelig. Likevel er de ennå så høye at de begrenser konsum av fisk fra Frierfjorden. Nedleggingen av den mest forurensende delen av magnesiumproduksjonen våren 1988 vil føre til reduserte utslipp. Ytterligere reduksjon i utslippene vil bli pålagt i løpet av 1988.

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. Produksjonen ble stanset høsten 1987. Kildene for kvikksølv i fisk er nå hovedsakelig sedimenter som tidligere er forurenset av industriutslipp (Skienselva, Frierfjorden, Gunnekleivfjorden). I 1987 ble det påvist at store mengder kvikksølv (ca. 120 tonn) i årenes løp har lekket ut eller blitt deponert fra klor-alkalifabrikken.

Den største kilden for tilførsel av PAH til fjorden er ELKEM (PEA). Utslippene var betydelig lavere i 1987 enn i 1986 (Fig. 2.4). Dette var også forventet som følge av tiltak som er satt i verk for å redusere utslippene.

De ordinære utslippene fra de petrokjemiske anleggene i Bamble har siden 1979 stort sett ligget under konsesjonene.

Rundt årsskiftet 1987/88 ble det gjort en undersøkelse for å vurdere forurensningspåvirkning av Frierfjorden som følge av ekstraordinært utsig av pyrolyseolje fra etylenfabrikken, Hydro Rafnes. Det ble konkludert med at sedimentene i hele Frierfjorden var betydelig forurenset med hydrokarboner. Forurensningen skyldes hovedsakelig andre tilførsler enn utlekkingen av pyrolyseolje, selv om noe pyrolyseolje også ble påvist. Det er ikke påvist hvilke hydrokarbonkilder som er de største, men tidligere utslipp av sot fra ammoniakfabrikken på Herøya og utslipp fra anlegg for vasking av røykgass kan være betydningsfulle. Konsentrasjonene av hydrokarboner i Frierfjordsedimentene er så høye at de muligens bidrar til utarming av organismesamfunnene. Det er vanskelig å dokumentere dette, fordi Frierfjorden i mange år har vært belastet med forurensninger av forskjellig slag. De gjenlevende artene er forurensningstolerante arter. Potensielle effekter av enkeltfaktorer kan derfor maskeres av den totale forurensningsbelastning. Ved undersøkelser av bunndyrsamfunn ble det ikke påvist skadevirkninger som var spesifikke for nærområdet til etylenfabrikken (Rygg 1988).

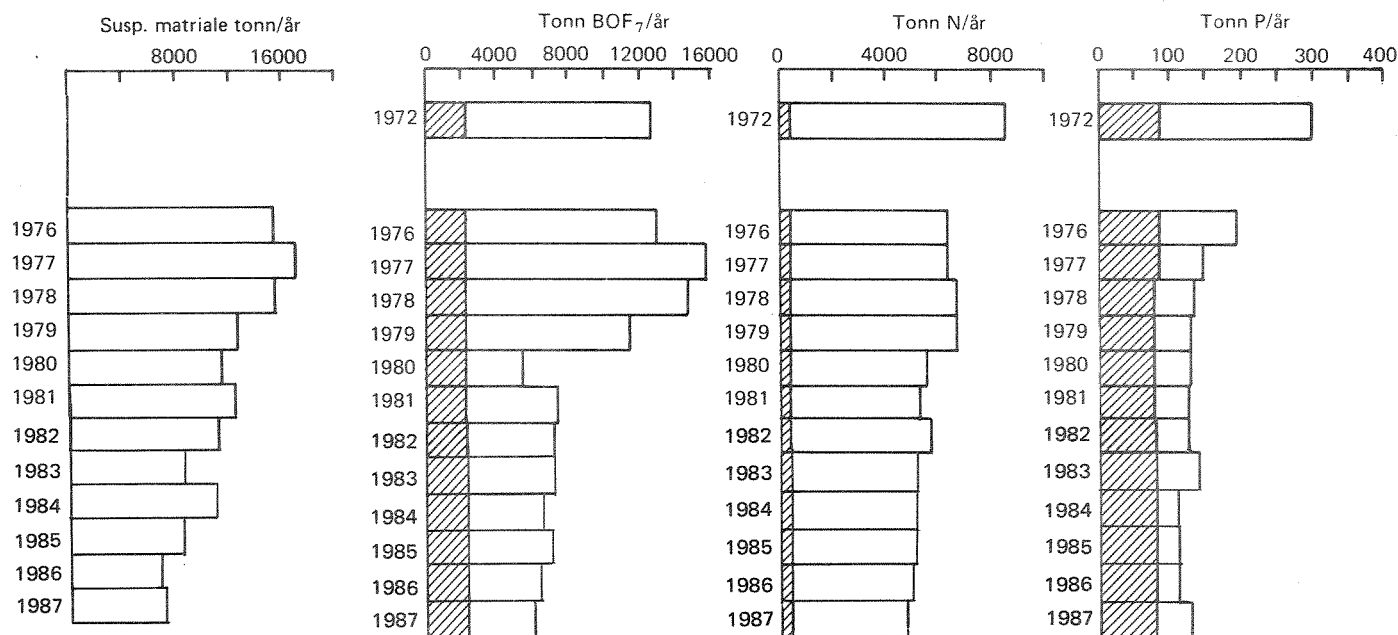


Fig. 2.3. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av suspendert partikulært materiale, organisk stoff (som BOF₇), og næringsalter (som N og P) i 1972 og 1976-87. Skraveringen angir bidraget fra befolkningen.

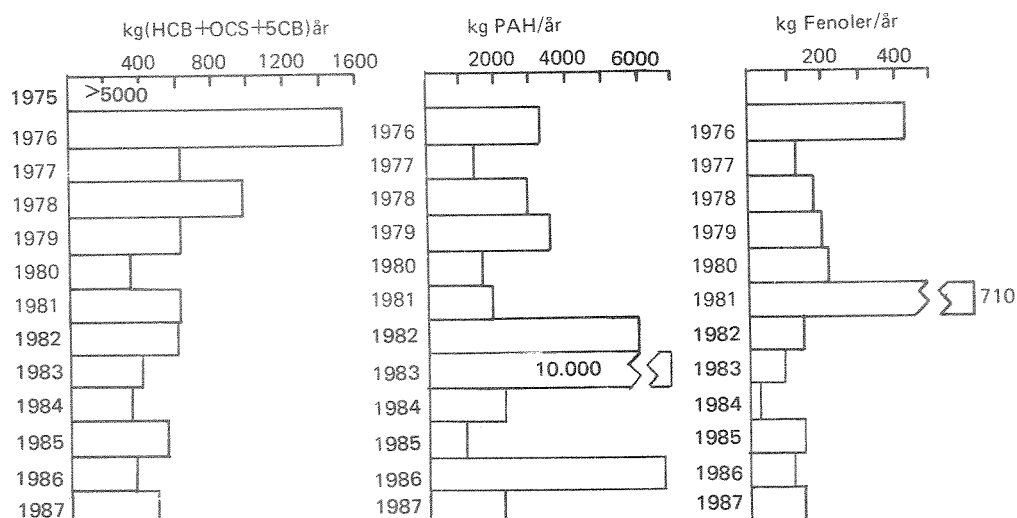


Fig. 2.4. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av organiske miljøgifter i (1975) 1976-87.

2.4. Undersøkelserprogram

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).

I 1987 ble det innledet en brukerundersøkelse. Den omfattet nåværende og potensiell bruk av de indre og ytre fjordområdene og hvilke brukerkonflikter som er til stede i forhold til forurensning. Det ble også gitt en beskrivelse av de naturgitte forhold og de begrensninger som ligger i disse (Gulbrandsen et al. 1987). I neste omgang bør det utarbeides bruksmål og gjøres en samlet vurdering av behov for forurensningsbegrensende tiltak.

I 1987 ble det utarbeidet program for undersøkelser av eutrofisituasjonen i Grenlandsfjordene og utenforliggende kystvann (Rygg og Molvær 1988). Programmet ble satt i gang i begynnelsen av 1988.

I forbindelse med sedimentfelleobservasjonene i 1987 ble det også samlet bløtbunnfauna ved de samme stasjonene samt i Håøyfjorden. Resultatene fra bløtbunnfaunaundersøkelsene i Langesundsfjorden og

Håøyfjorden blir rapportert som en del av eutrofiprojektet.

Det øvrige overvåkingsprogram i 1988 omfatter miljøgifter i organismer etter samme opplegg som i 1986-87. Det gjennomføres egne programmer som tar for seg forurensningen med klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner og potensiell forurensning fra kvikksølvdeponiene i Gunnekleivfjorden. Kvikksølvundersøkelsene ble aktualisert av påvisningen av de store mengder kvikksølv (ca. 120 tonn) som i årenes løp har lekket ut eller blitt deponert fra klor-alkalifabrikken på Herøya.

3. SIKTEDYPMÅLINGER

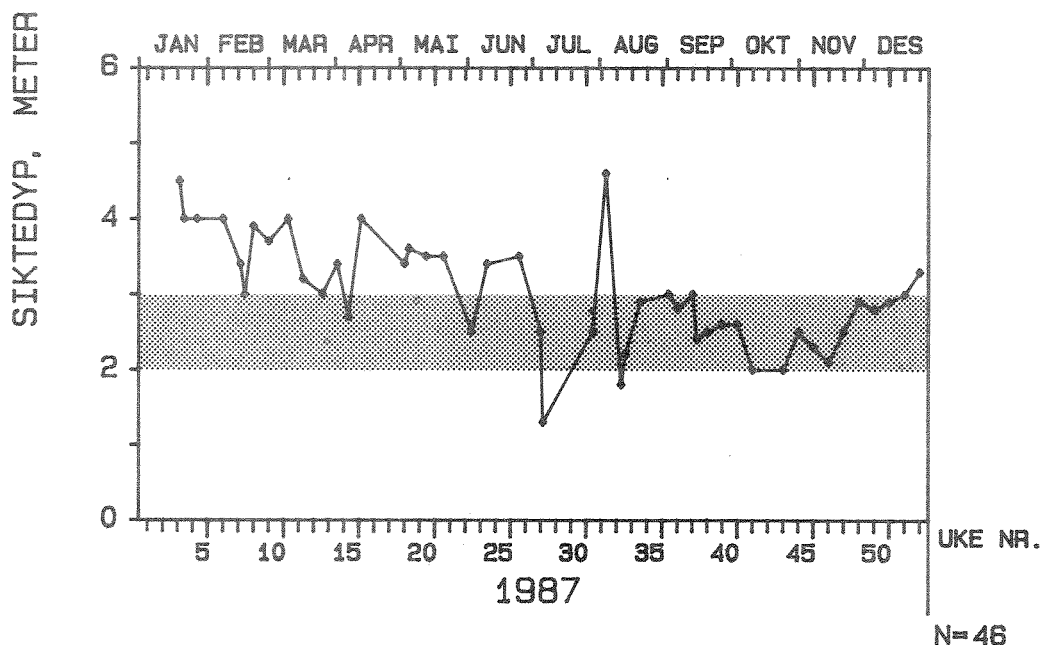
3.1. Frierfjorden og Skienselva

I første halvdel av 1987 var siktedypet bedre enn i foregående år. Siktedypet i Frierfjorden bestemmes i hovedsak av vannkvaliteten ved utløpet av Skienselva.

På st. BC1 i Frierfjorden har Porsgrunn Havnevesen målt siktedypet 2-5 ganger pr. måned siden august 1976. Etter 1980 har det vært en tendens til avtakende sikt i fjorden, med spesielt lave verdier i 1986. Hovedårsaken til dette må være økte tilførsler av partikulært materiale og oppløst stoff som gir farge.

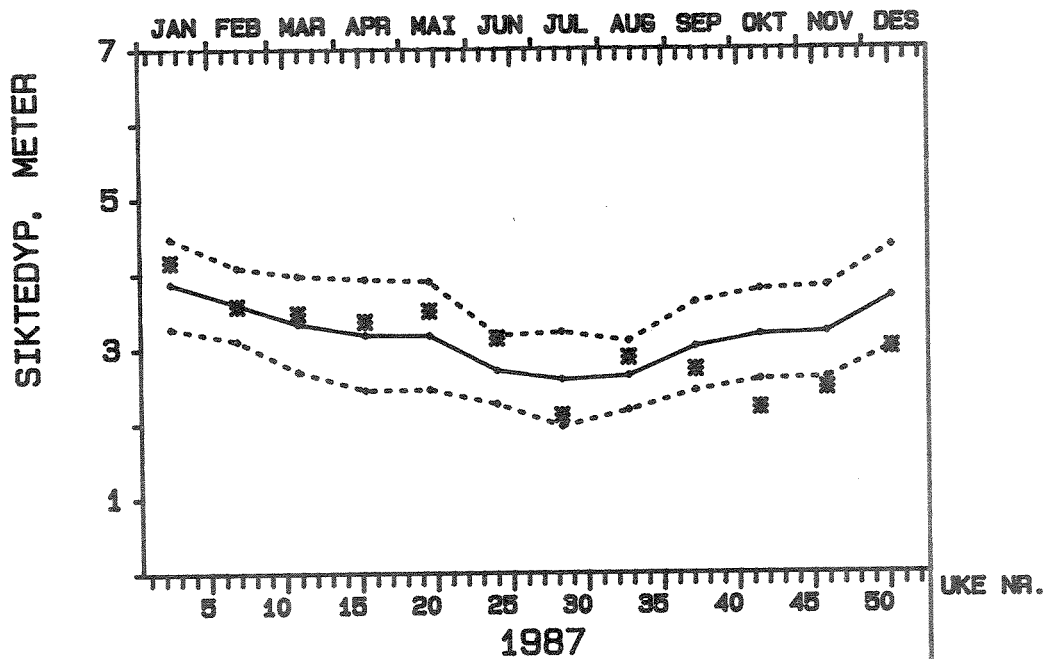
For å få et inntrykk av hvor mye direkte utslipp til fjorden betyr i denne sammenhengen, i forhold til effekten av ellevannet, utførte Porsgrunn Havnevesen i 1987 også målinger på tre stasjoner i nedre del av Skienselva.

I likhet med i tidligere rapporter, har vi valgt å sammenligne resultatene fra Frierfjorden med data fra tidsrommet etter 1978 - i dette tilfellet altså 1978-86. Figur 3.1 viser målingene fra 1987. Minimum var 1.3 m den 7. juli, maksimum var 4.6 m den 8. august. Aritmetisk middel for året var 3.03 m (n=46).



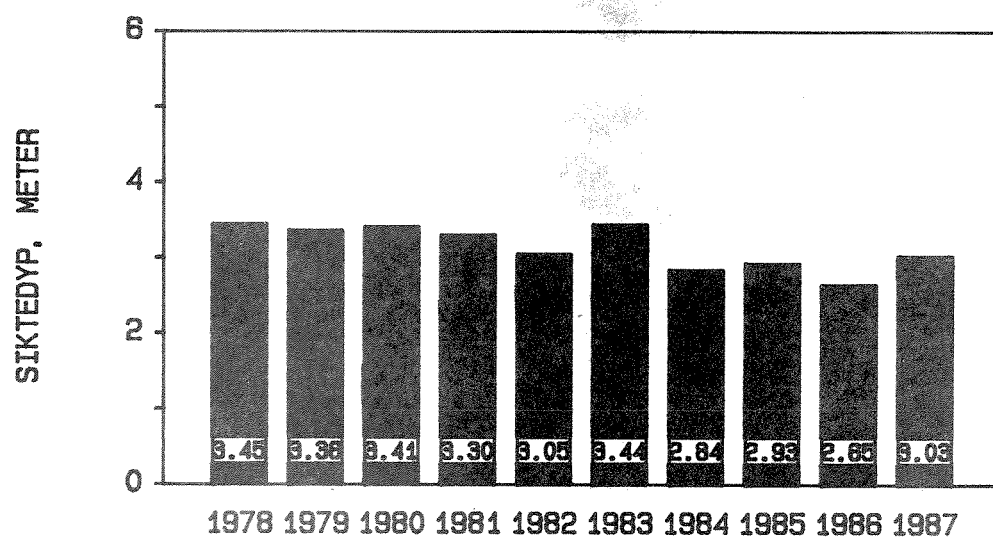
Figur 3.1. Siktedypmålinger på st. BC1 i Frierfjorden 1987.

Figur 3.2 viser månedsmidler for 1987 sammen med månedsmidler for de ni årene 1978-86. Spredningen i 9-årsserien er antydnet med et standardavvik på begge sider av middelverdiene. Siktedypet fram til juli var relativt godt, mens det i siste halvår gjennomgående var dårlig. Badevann skal ha et siktedyp på over 2-3 m (over grått felt).



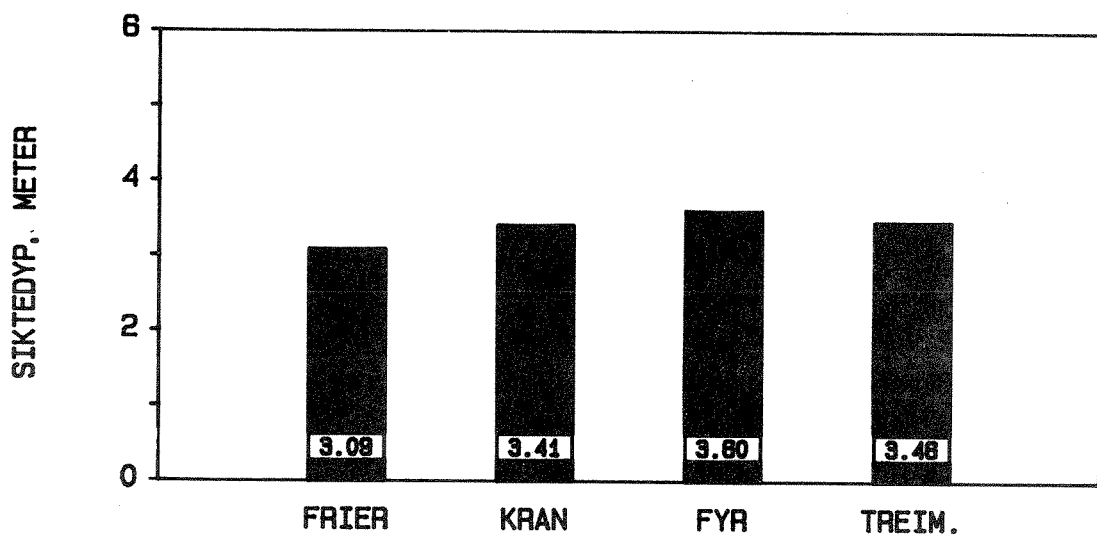
Figur 3.2. Månedsmidler av siktedyp i Frierfjorden. Verdiene for 1987 (*) er plottet sammen med tilsvarende månedsmidler for tidsrommet 1978-86 (heltrukken linje). Et standardavvik på begge sider av verdiene for 1978-86 er vist med stiplede linje.

Aritmetiske årsmidler for 1978-87 er vist på Fig. 3.3. Som middel var siktedypet i 1987 klart bedre enn foregående år.



Figur 3.3. Aritmetiske årsmidler av siktedyp i Frierfjorden.

Spørsmålet er videre i hvilken grad direkte utslipp bestemmer siktedypet i Frierfjorden. Figur 3.4 viser gjennomsnittsverdier fra 1987 for de fire stasjonene hvor det ble utført målinger. Resultatene viser at siktedypet på stasjonene i Skienselva i gjennomsnitt bare var 0.3-0.5 m bedre enn i Frierfjorden.



Figur 3.4. Aritmetisk årsmiddel for målingene på de tre stasjonene i Skienselva, sammenlignet med Frierfjorden.

3.2. Eidangerfjorden

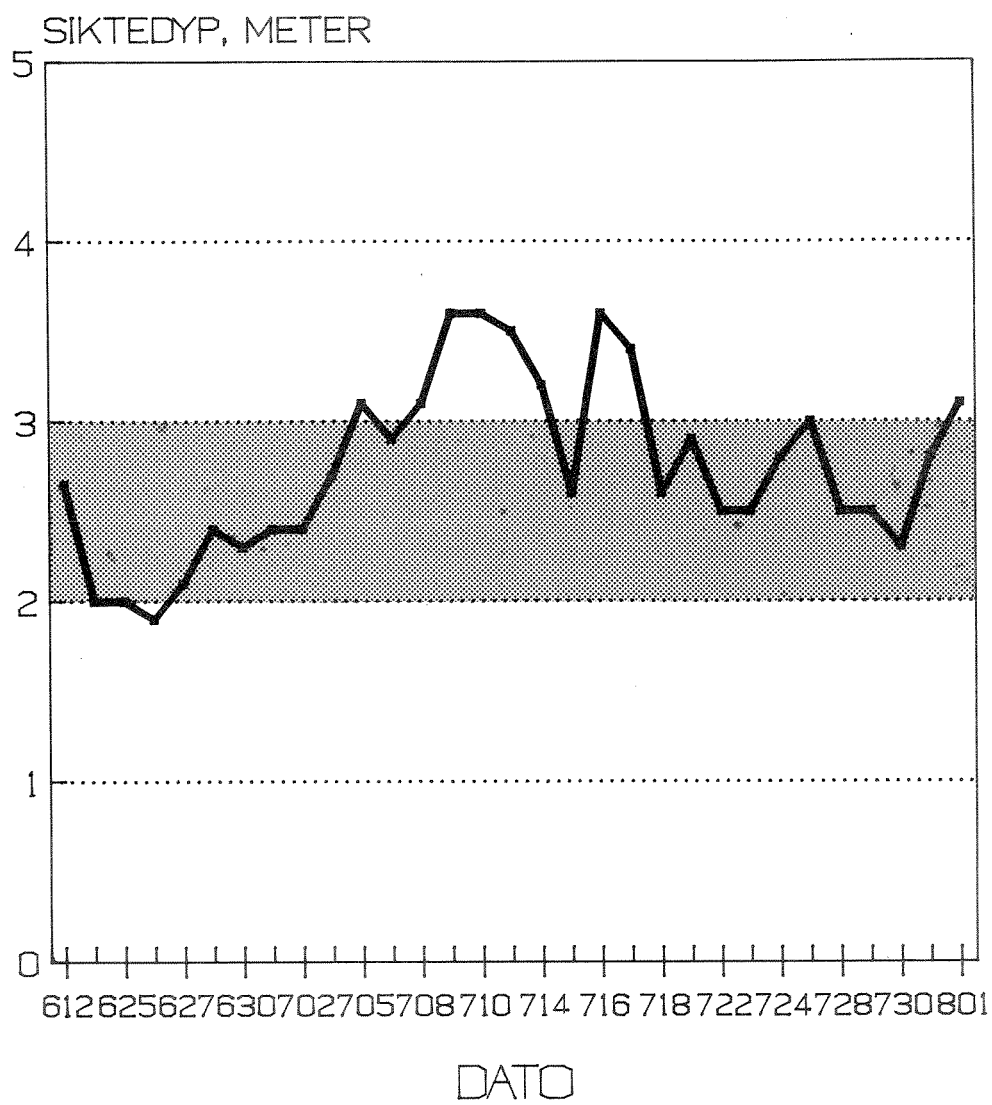
Stor algevekst i vannmassene medfører uklart vann utenfor Brevik.

I badesesongen får Næringsmiddelkontrollen i Porsgrunn og Bamble utført hyppige målinger av siktedyp i Eidangerfjorden, og ved Klokkarholmen mellom Eidangerfjorden og Ormefjorden. Etter avtale skal vi kort gjengi resultatene fra de tre siste årene (Tabell 3.1).

Tabell 3.1. Tidsrom, antall målinger (N) og resultater for siktedyp i Eidangerfjorden og ved Klokkarholmen.

Sted	Tidsrom	N	Midde1	Maks.	Min
Klokkarholmen	12.6. - 1.8.86	31	2.7	3.6	1.9
	25.5. - 19.6.87	16	3.2	4.0	2.7
Eidangerfjorden	3.6. - 1.8.85	17	3.1	4.4	2.3
	12.6. - 25.6.86	3	2.3	3.0	1.9

Målingene viser at siktedypet i Eidangerfjorden og over mot Ormefjorden sommerstid ofte er dårlig, eller på grensen av det Helse-direktoratet regner for akseptabelt for friluftsbad (2-3 m siktedyp, SIFF 1976) (Fig. 3.5).



Figur 3.5. Siktedypmålinger ved Klokkarholmen mellom Eidanger- og Ormefjorden sommeren 1986.

4. OKSYGEN OG VANNUTSKIFTNING

Målingene fra Langesundsfjorden tyder på at forholdene i 1987 fulgte samme mønster som tidligere år, med fallende oksygenkonsentrasjoner fram mot desember-januar. I Frierfjorden var dypvannsfornyelsen liten, og oksygenforholdene under 45-50 m dyp kritiske hele året.

4.1. Måleprogram

I tilknytning til målingene med sedimentfeller ble det rutinemessing gjort målinger av oksygen, saltholdighet og temperatur i Frierfjordens dypvann (st. BC1) og enkelte ganger også i Langesundsfjorden (st. FG1). Tidspunktene var:

22. januar:	st. BC1 og FG1	7. juli:	st. BB1 og BC1
19. februar:	st. BB1 og BC1	12. august:	st. BB1 og BC1
18. mars:	st. BB1 og BC1	16. sept.:	st. BB1 og BC1
8. april:	st. BB1 og BC1	12. oktober:	st. BB1, BC1 og FG1
6. mai:	st. BB1 og BC1	1. desember:	st. BC1
4. juni:	st. BB1 og BC1		

4.2. Resultater

Først noen ord om de to måleseriene fra Langesundsfjorden. Undersøkelser av oksygenforhold og vannutskiftning helt siden 1974 har vist at dypvannet der følger en syklus hvor oksygenforholdene i tidsrommet januar-juni vanligvis er gode pga. store vannutskiftninger. Utover sommeren avtar vannutskiftningen, og nedbrytning av organisk materiale tærer på dypvannets oksygeninnhold. Resultatet blir fallende oksygenkonsentrasjoner fram mot desember-januar, da nye vannutskiftninger oftest inntreffer.

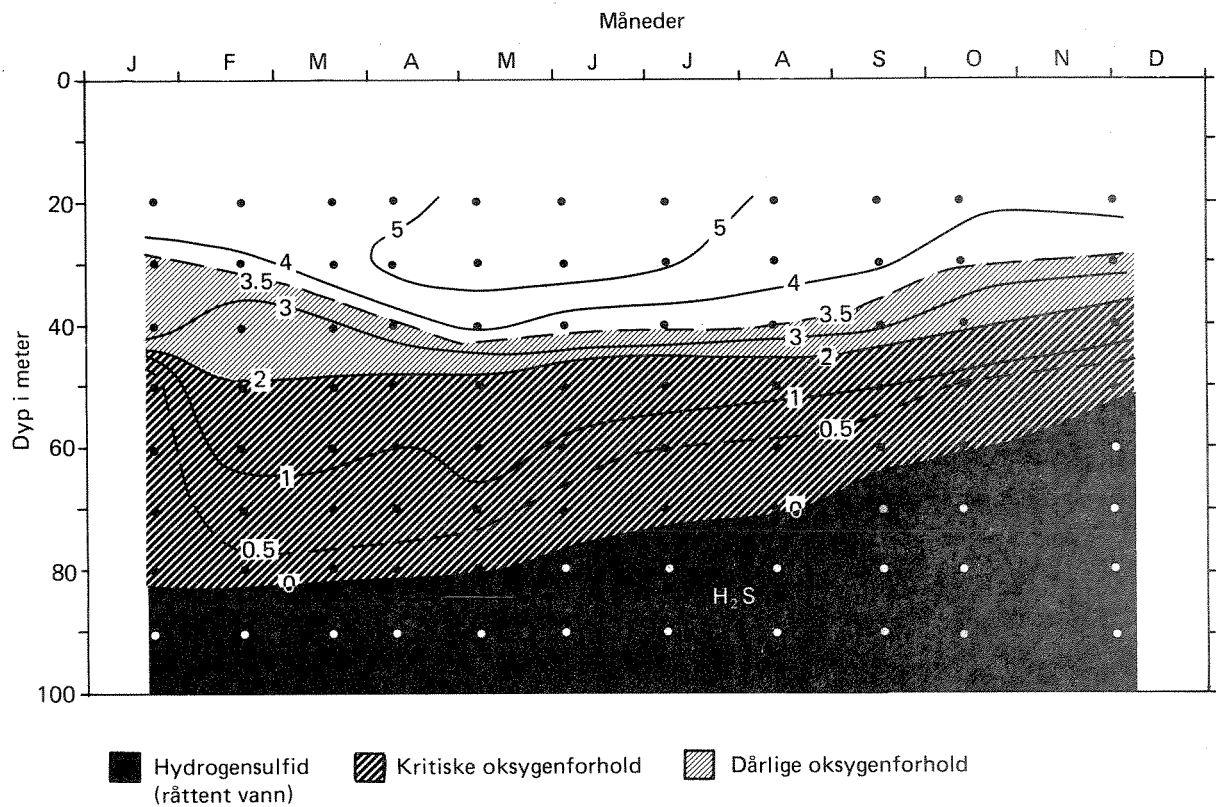
Tabell 4.1 viser resultatene fra høsten 1986 og fra 1987.

Tabell 4.1. Oksygenmålinger fra Langesundsfjordens dypvann desember 1986 og i 1987 (ml O₂/l).

Måledyp	18.12.86	22.1.87	12.10.87
80 m	4.90	5.82	4.00
105 m	2.12	5.89	3.19 (100 m dyp)

Vi ser at resultatene fra 1987 passer med den generelle syklusen. Konsentrasjonen i oktober 1987 var noenlunde som tidligere målt på dette tidspunktet.

Oksygenmålingene fra Frierfjordens dypvann er vist på Fig. 4.1 i form av en tidsisoplet. Skraveringen på figuren antyder vannlag hvor oksygenforholdene er dårlige ($2-3.5 \text{ ml O}_2/\text{l}$) eller kritiske ($< 2 \text{ ml O}_2/\text{l}$).



Figur 4.1. Oksygenmålinger i Frierfjordens dypvann i 1987.

Kort skissert var oksygenforholdene i dypvannet under ca. 45 m dyp kritiske i januar 1987. Det var dårlige forhold opp til ca. 35 m dyp. I tidsrommet fram til neste prøveserie i februar inntraff imidlertid en delvis dypvannsfornyelse som bedret forholdene noe. Fornyelsen var imidlertid for liten til å gi noen vesentlig forbedring.

Mindre innstrømninger fant sted fram til mai, da dypvannet etterhvert gikk inn i en stagnasjonsperiode med gradvis dårligere oksygenforhold som resultat. Tilstanden i begynnelsen av desember - med hydrogensulfid opp til ca. 55 m dyp, og kritiske oksygenforhold derifra opp til ca. 30 m dyp - er nokså karakteristisk for Frierfjorden under en lengre stagnasjonsperiode.

5. SEDIMENTASJON AV ORGANISK MATERIALE

Sedimentasjonsraten for partikulært organisk stoff i Grenlandsfjordene er høyere, og oksygenforbruket dermed også høyere, enn normalt i en fjord.

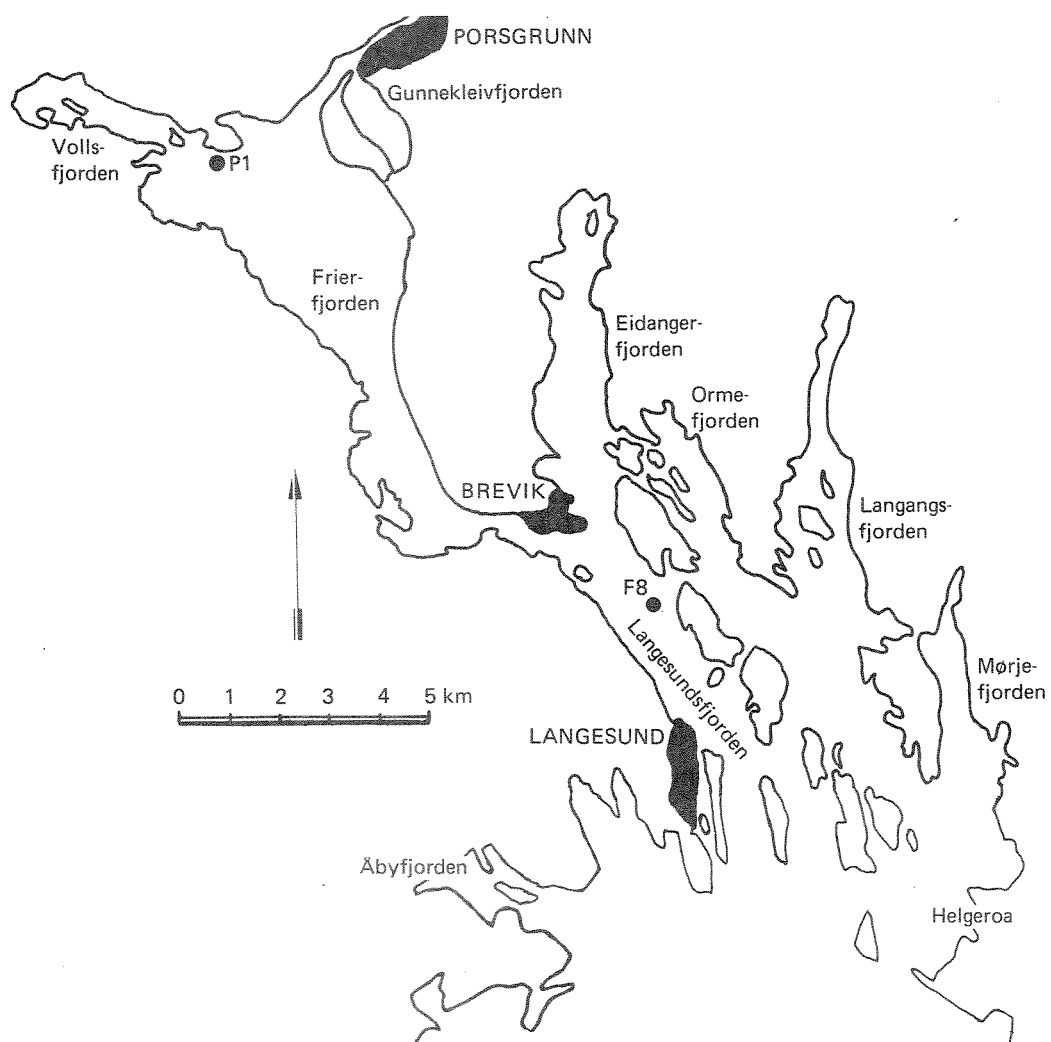
5.1. Bakgrunn og formål

Stor tilførsel av organisk materiale til dypvannet medfører høyt oksygenforbruk. Frierfjorden mottar betydelige mengder plantenæringsstoffer og organisk materiale. Denne forurensningen bidrar til økt sedimentering av organiske partikler. Det er viktig å kunne sammenligne sedimenteringen i Grenlandsfjordene med sedimenteringen i andre fjorder.

Sedimentfeller ble satt ut i indre Frierfjord og Langesundsfjorden for å undersøke fluksen av sedimenterende partikler til dypvann og bunn. Det var viktig å få sammenlignet de to områdene, da nærhet til forurensningskildene, nærhet til munningen av Skienselva, vannmassenes oppholdstid og lagdeling er forskjellig og påvirker sedimenteringen. Resultatene skal danne basis for å anslå framtidige forandringer i sedimenteringen f.eks. som følge av forurensningsbegrensende tiltak. Målinger med sedimentfeller fortsetter i 1988 innenfor eutrofidelen av overvåkingsprogrammet.

5.2. Prøveinnsamling og analyser

Sedimentfeller sto utplassert i Frierfjorden og Langesundsfjorden fra oktober 1986 til oktober 1987 (Fig. 5.1). Stasjon P1 ved Balsøya har et bunndyp på 25 m. På en forankret rigg var det plassert feller i 10 og 20 m dyp. Stasjon F8 i Langesundsfjorden har et bunndyp på 105 m. Feller var plassert i 20, 40 og 80 m dyp. Hver felle består av parvise, sylindriske rør med lengde 50 cm og indre diameter 5 cm. Rørene er åpne i øvre ende og har avskrubbare beholdere i bunnen. Her samles sedimenterende materiale. Den ene beholderen i hvert par var tilsatt kloroform for å redusere biologisk nedbrytning av det organiske materialet som samlet seg i fella. Fellene samlet kontinuerlig og ble tømt gjennomsnittlig én gang pr. måned. Tabell 5.1 viser tidspunktene for tømming.



Figur 5.1. Sedimentfellestasjonene P1 i Frierfjorden og F8 i Langesunds-fjorden.

Tabell 5.1. Datoer for utsetting, tømning og opptak (avslutning) av sedimentfeller i Frierfjorden (P1) og Langesundsfjorden (F8).

Dato	Utsetting		Tømning		Opptak	
	P1	F8	P1	F8	P1	F8
861021	*					
861022		*				
861120			*	*		
861218			*	*		
870122			*	*		
870219			*	*		
870318			*			
870325				*		
870408			*	*		
870506			*	*		
870604			*	*		
870707			*	*		
870812			*	*		
870916			*	*		
871012			*	*	*	*

Materialet fra fellene ble sentrifugert, frysetørket og veid. Overflødig vann ble filtrert for å gjenvinne eventuelle suspenderte partikler. Konsentrasjonene av karbon, nitrogen og plantepigmentene klorofyll a og phaeophytin ble analysert og resultatene omregnet til fluks pr. m² pr. døgn eller år.

Ved tidsplot av resultatene er midterste dato i eksponeringsperioden benyttet. Resultat fra feller som sto ute fra f.eks. 870707 til 870812 er plottet som observasjon fra 870725.

Den 18. mars 1987, da fellene i Frierfjorden ble tømt, var det for mye drivis i Langesundsfjorden til at fellene der kunne tas opp og tømmes. De ble i stedet tømt 25. mars. Ved toktet 8. april hadde riggen i Langesundsfjorden flyttet seg mot sørøst og inn på 15 m grunnere vann, antagelig pga. drivisen. Forekomsten av sand i fellene i 80 m dyp tyder på at de hadde subbet i bunnen. Noen av resultatene fra fellene i Langesundsfjorden 8. april er derfor utelatt ved den endelige databehandlingen.

5.3. Resultater

5.3.1. Totalmengde partikulært materiale

I totalmengde partikulært materiale inngår både uorganisk og organisk materiale. Det meste av materialet er uorganisk. Konsentrasjonen av karbon og nitrogen viser omtrent hvor mye av materialet som er organisk. Vanligvis utgjør karbonet om lag 40 prosent av den totale mengden av organisk materiale, nitrogenet om lag fem prosent (i følge data fra Wassmann 1983; 1984; 1985).

Innholdet av partikulært materiale var i gjennomsnitt noe lavere i fellene uten kloroformtilsetning enn i fellene med kloroformtilsetning (Tab. 5.2).

Tabell 5.2. Forholdet mellom totalmengde partikulært materiale i parallelle feller uten kloroform/med kloroform.

Antall observasjoner:	58
Minimum:	0.65
Maksimum:	1.25
Gjennomsnitt:	0.94
Median:	0.94
Standardavvik:	0.10

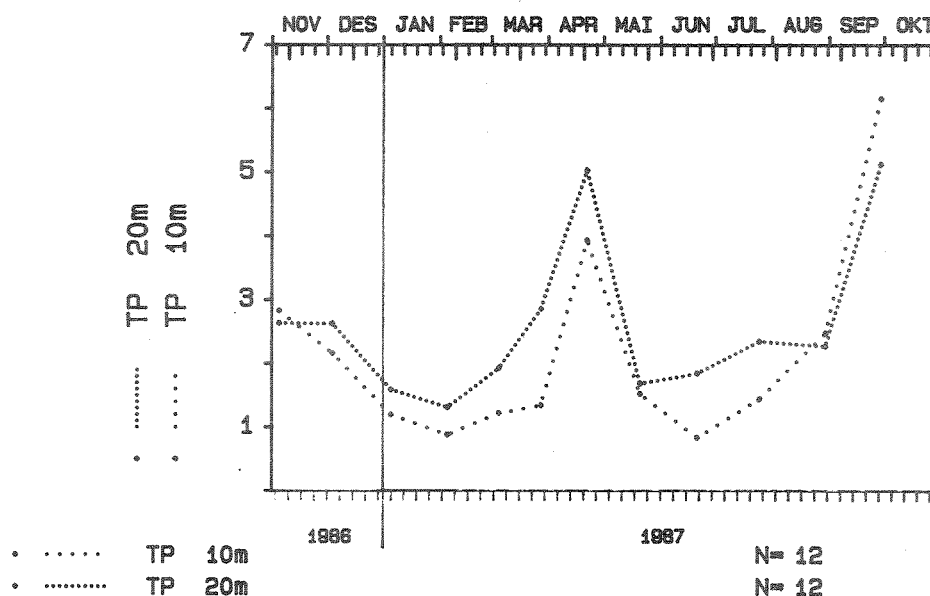
Dette tyder på større nedbrytning av det partikulære materialet i fellene uten kloroformtilsetning. Resultatene fra fellene med kloroform må derfor antas å være mer representative for hva som i virkeligheten sedimenterte i fellene.

Figur 5.2 og 5.4 viser fluks av totalt partikulært materiale i løpet av et år, basert på resultatene fra fellene med kloroformtilsetning. Figur 5.3 og 5.5 viser den prosentvise andel av karbon i materialet.

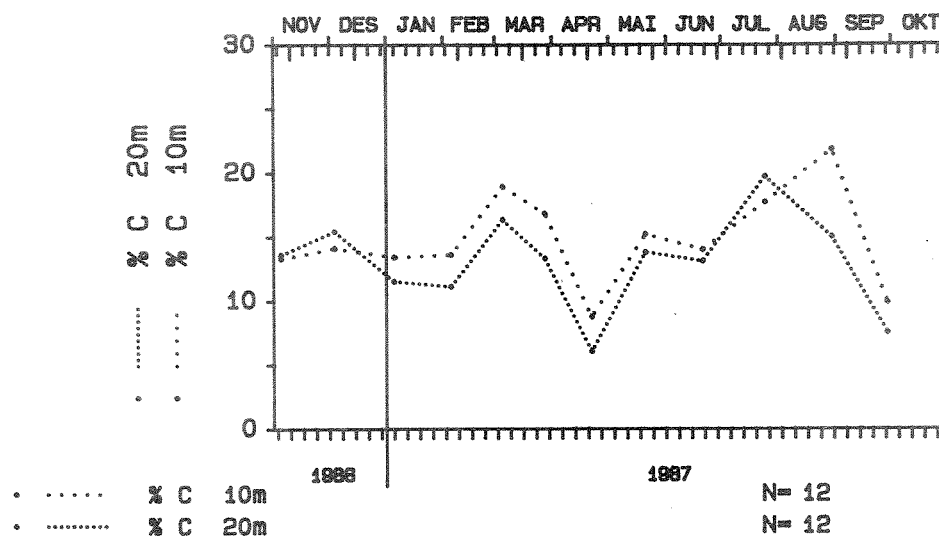
Toppene i fluks av totalt partikulært materiale på stasjon P1 (Fig. 5.2) opptrådte samtidig med stor vannføring i Skienselva (vårflom i april-mai og høstflom i september-oktober). Nedgangen i karbonprosent ved de samme tidspunktene (Fig. 5.3) viser at uorganiske partikler utgjorde størstedelen av denne økningen i partikkelfluks. Fluksen var jevnt over noe større i 20 m enn i 10 m dyp. Andelen av organiske partikler (% C og % N) var imidlertid lavere i 20 m enn i 10 m, slik

at den årlige fluks av organisk materiale var nokså lik i 20 m og 10 m (Tab. 5.4).

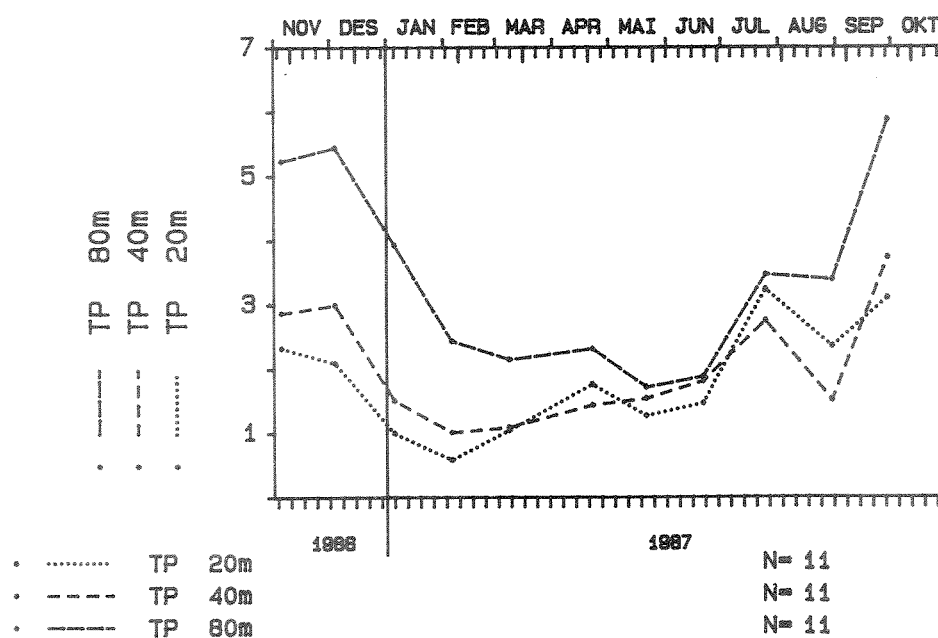
Total partikkelfluks på stasjon F8 var høyest om høsten og førjulsvinteren og lavest om våren (Fig. 5.4). De høye vinterverdiene i 80 m dyp (Fig. 5.17) skyldes sannsynligvis oppvirvling (resuspensjon) som følge av heftigere vannbevegelser, med påfølgende sekundær sedimentering. Økningen i fluks samtidig med nedgangen i karbonprosent i 20 m dyp i april-mai og særlig i september-oktober tyder på at flommen i Skienselva også hadde påvirket partikkelfluksen i Langesundsfjorden. Samlet årlig partikkelfluks var nokså lik i 20 og 40 m dyp på stasjon F8. Fluks av C og N var betydelig større i 20 enn i 40 m dyp. Det var betydelig høyere prosent av C og N i 20 m enn i 40 og 80 m.



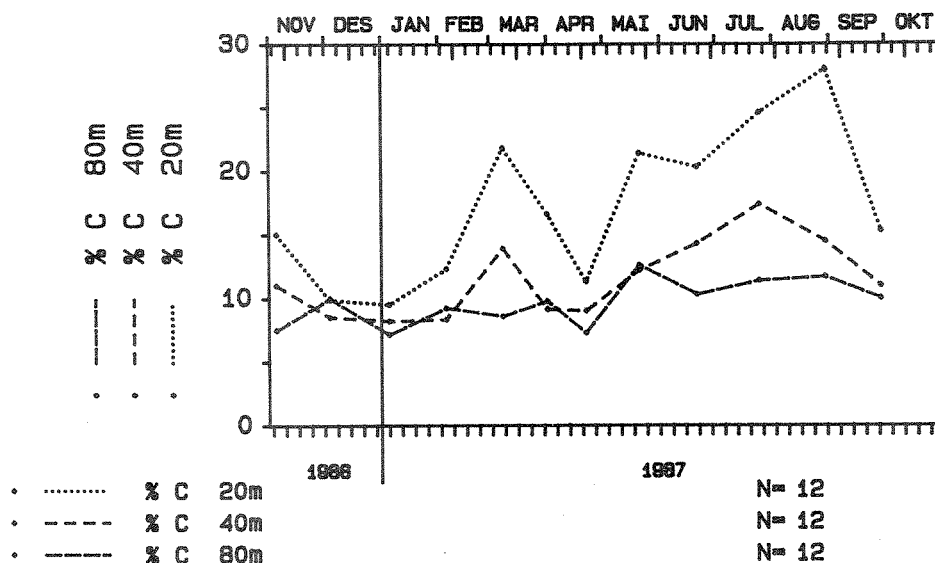
Figur 5.2. Fluks av totalt partikulært materiale (TP) (gram tørrvekt /m²/døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.



Figur 5.3. Prosentvis andel av karbon (C) i felle materialet i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.



Figur 5.4. Fluks av totalt partikulært materiale (TP) (gram tørrvekt /m²/døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.



Figur 5.5. Prosentvis andel av karbon (C) i fellematerialet i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.

5.3.2. Karbon og nitrogen

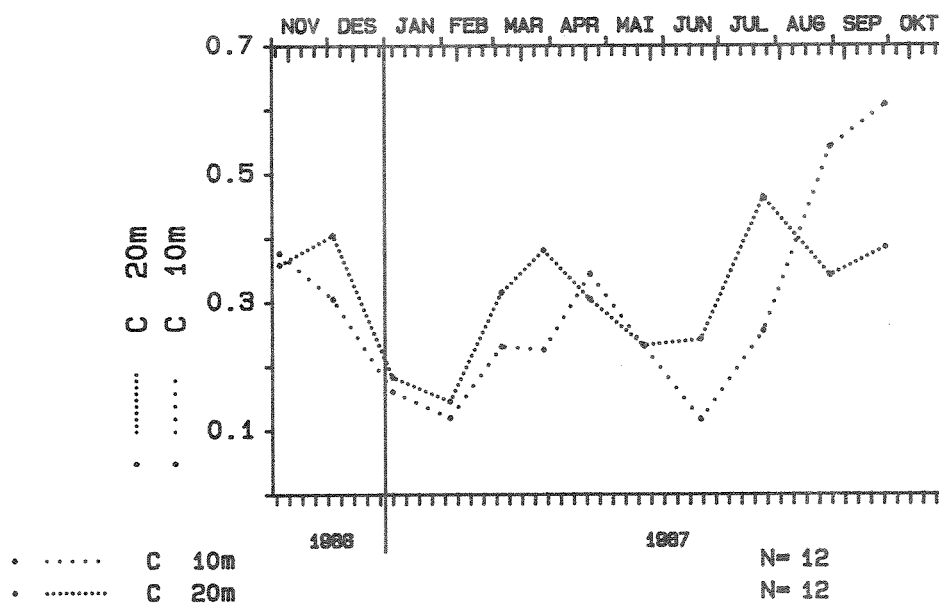
Fluksen av karbon og nitrogen er et mål for fluksen av organisk materiale og dermed for oksygenbehovet.

Konsentrasjonen av karbon og nitrogen var tydelig lavere i fellene uten kloroform enn i fellene med kloroform (Tab. 5.3). Dette tyder på større nedbrytning av organisk materiale i fellene uten kloroform.

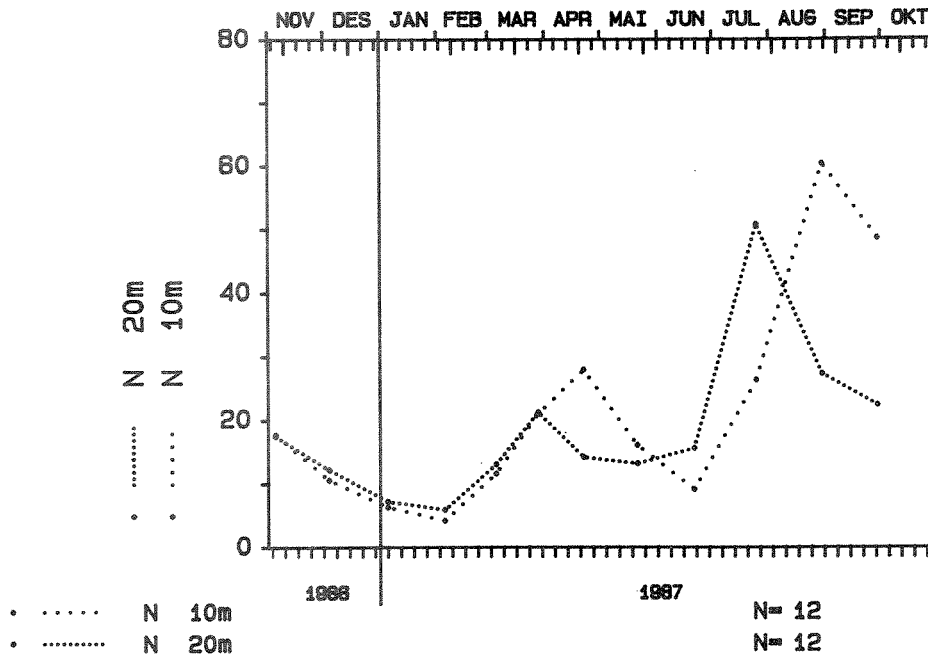
Tabell 5.3. Forholdet mellom konsentrasjonene i parallelle feller uten kloroform/med kloroform.

	Karbon	Nitrogen
Antall observasjoner:	59	57
Minimum:	0.60	0.31
Maksimum:	1.24	1.51
Gjennomsnitt:	0.88	0.86
Median:	0.90	0.86
Standardavvik:	0.14	0.22

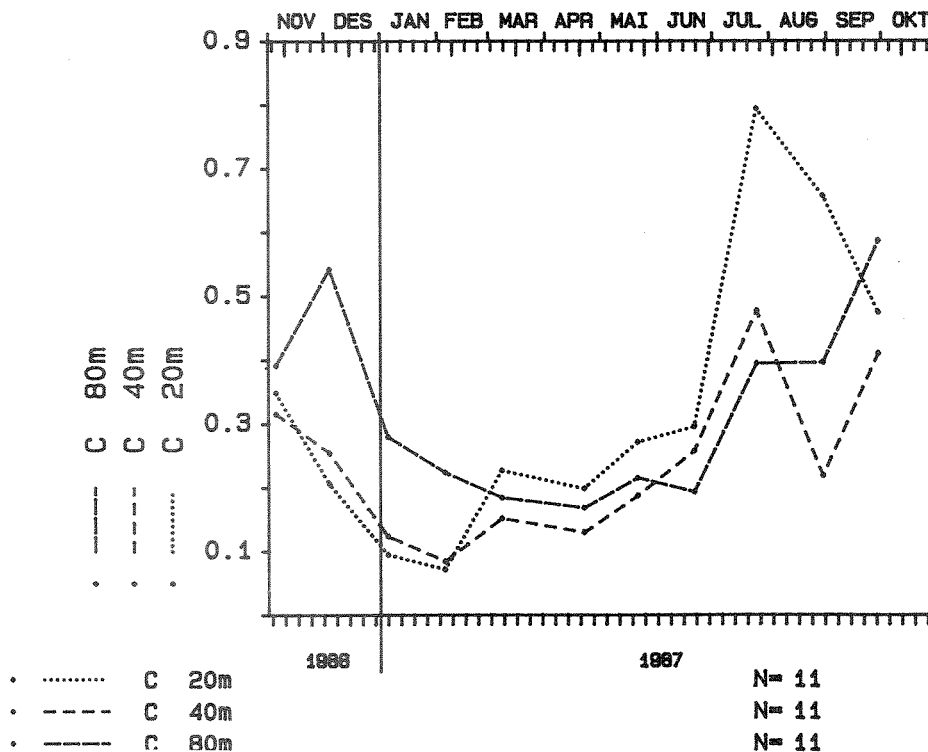
Figur 5.6-5.9 viser fluks av partikulært karbon og nitrogen i løpet av et år, basert på resultatene fra fellene med kloroformtilsetning.



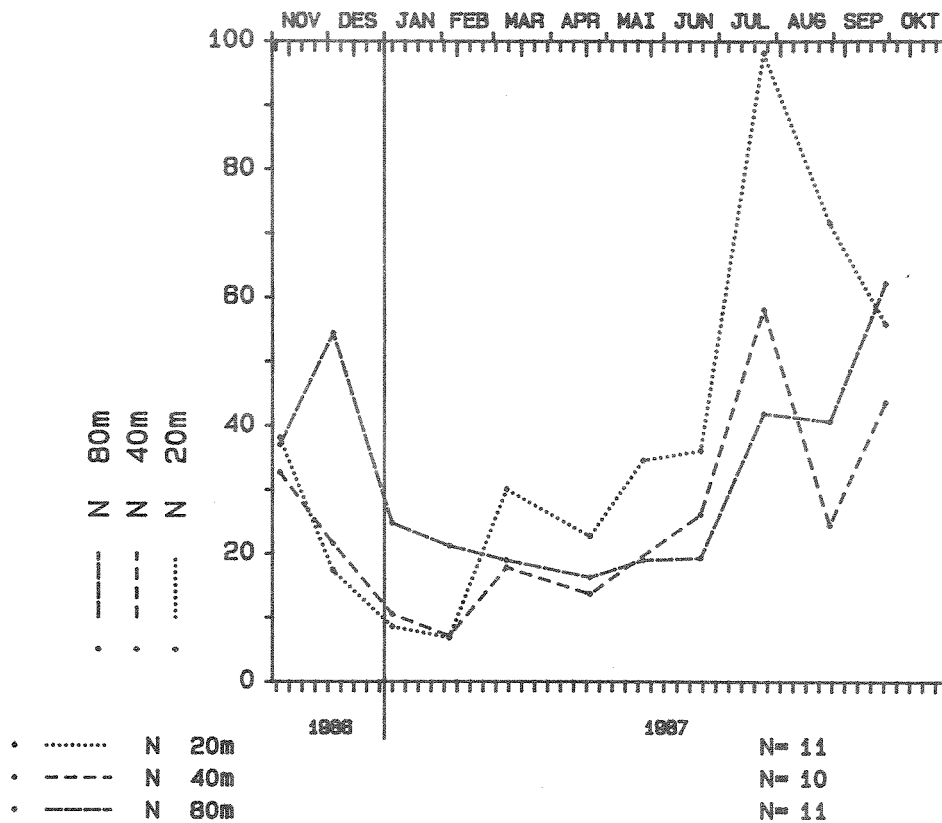
Figur 5.6. Fluks av partikulært karbon (C) (gram tørrvekt /m²/døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.



Figur 5.7. Fluks av partikulært nitrogen (N) (milligram tørrvekt /m²/døgn) i 10 og 20 m dyp på stasjon P1 i indre Frierfjord.

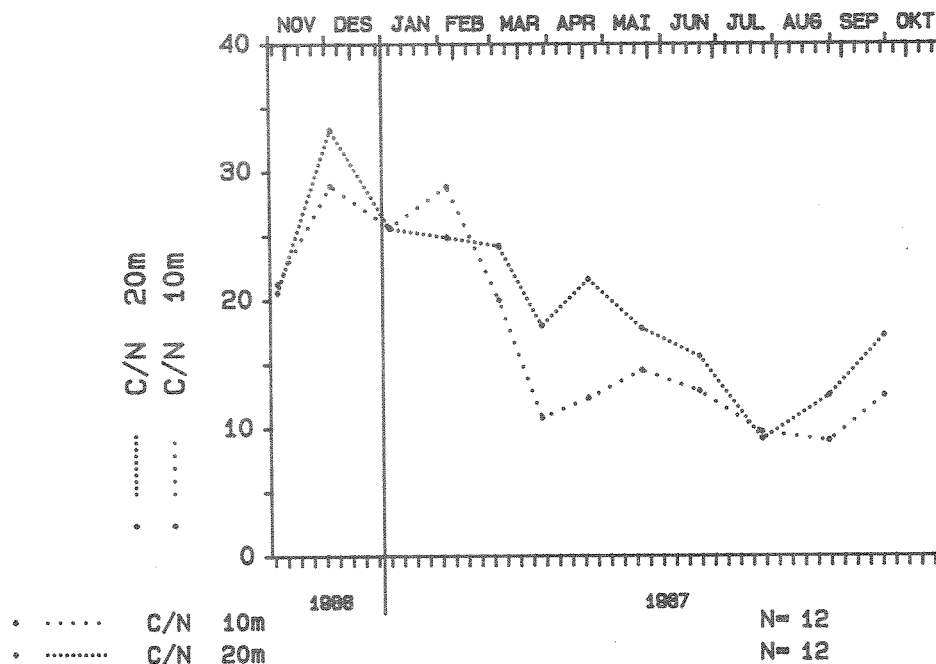


Figur 5.8. Fluks av partikulært karbon (C) (gram tørrvekt /m²/døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.

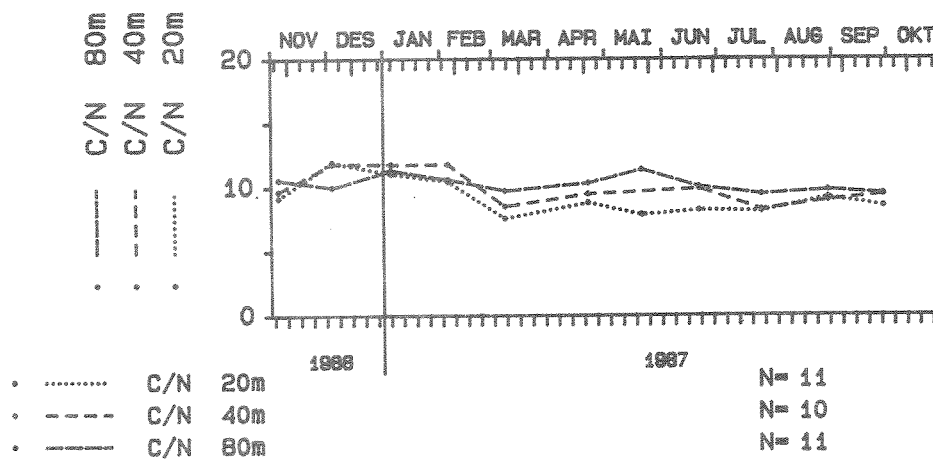


Figur 5.9. Fluks av partikulært nitrogen (N) (milligram tørrvekt /m²/døgn) i 20, 40 og 80 m dyp på stasjon F8 i Langesundsfjorden.

Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) er vist i Fig. 5.10-5.11. C/N-forholdet var tydelig høyere på stasjonen i Frierfjorden enn på stasjonen i Langesundsfjorden, og var høyest om vinteren.



Figur 5.10. Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i 10 og 20 m på stasjon P1 i løpet av et år.



Figur 5.11. Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i 20, 40 og 80 m på stasjon F8 i løpet av et år.

5.3.3. Samlet årlig fluks av partikulært materiale

Samlet årlig fluks er beregnet ved tidsveid middel av observasjonene fra starttidspunkt (861021(22)) til slutt-tidspunkt (871012). Fluks i de manglende 9(10) døgn er anslått ved middelverdien av observasjonene fra 871012 og 861120. Tabell 5.4 viser årlig fluks, midlere prosentandel av karbon og nitrogen og midlere C/N-forhold.

Tabell 5.4. Årlig sedimentasjon i Frierfjorden (stasjon P1) og Langesundsfjorden (stasjon F8) fra oktober 1986 til oktober 1987.

Stasjon	Dyp (m)	Fluks g/m ² /år			C/TP %	N/TP %	C/N forhold
		TP	C	N			
P1	10	793	108	8.1	13.6	1.02	13.3
P1	20	939	114	6.9	12.1	0.73	16.5
F8	20	676	123	14.2	18.2	2.10	8.7
F8	40	729	86	9.5	11.8	1.30	9.1
F8	80	1241	116	11.6	9.4	0.94	10.0

De observerte sedimentasjonsratene for partikulært organisk karbon i Grenlandsfjordene var noe høyere enn de fleste verdier som er oppgitt i litteraturen (Wassmann 1983; 1984; 1985) (Tab. 5.5). Oksygenforbruket må derfor også være noe høyere enn normalt i en fjord.

Tabell 5.5. Sedimenteringsrate for partikulært organisk karbon (C) ($\text{g/m}^2/\text{år}$) i noen norske fjorder og andre kystlokaliteter.

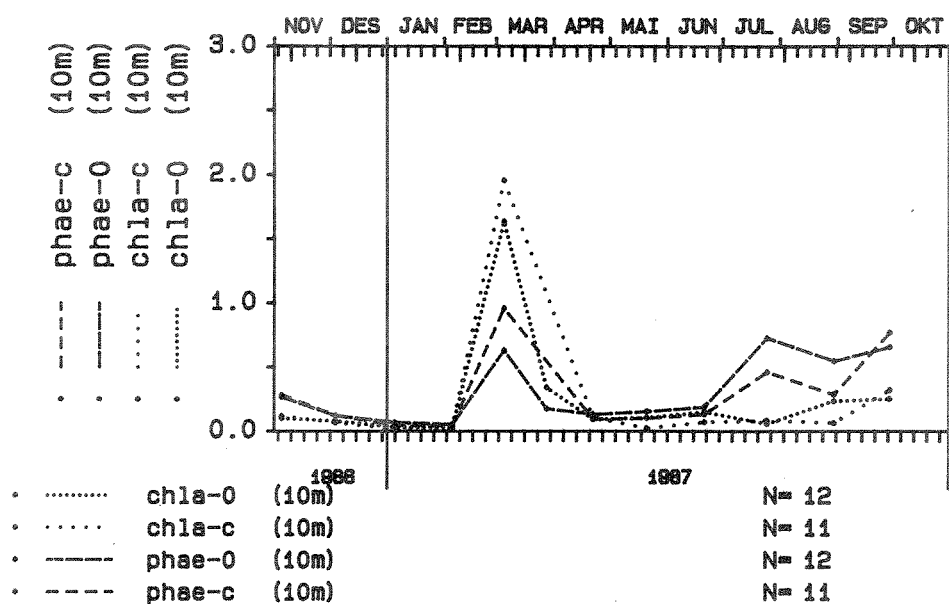
Ulike kyst-lokaliteter	Lindåspollene (Wassmann 1983)		Fanafjorden (Wassmann 1984)		Nordåsvannet (Wassmann 1985)		Langesunds- fjorden	
	Dyp	C	Dyp	C	Dyp	C	Dyp	C
(21 data, sitert av Wassmann 1983)	10m	53			20m	83		
	20m	110			40m	81		
	40m	29			45m	63	20m	123
Spenn av C: 19-247	70m	26	60m	96	50m	63	40m	86
Median: 78	85m	23	90m	107	65m	58	80m	116

5.3.4. Klorofyll a og phaeophytin

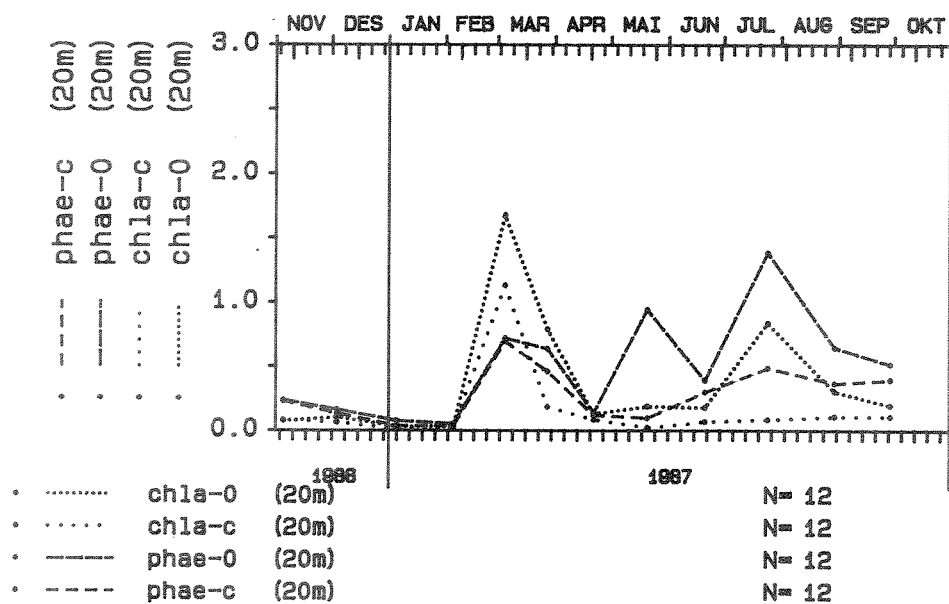
Resultatene for klorofyll a og phaeophytin viste betydelige og til dels usystematiske variasjoner. Konsentrasjonene, særlig av klorofyll a, i fellene uten kloroform lå ofte høyt over konsentrasjonene i feller med kloroform. Det så ut til at kloroformen hadde løst ut klorofyll fra det partikulære materialet. Nedbrytningsraten i fellene uten kloroform er ikke kjent. Dataene er derfor vurdert å være lite brukbare for kvantitative beregninger av fluks. De gir likevel et noenlunde godt bilde av årstidsfluktuasjonene. Figur 5.12-5.16 viser fluks basert på data fra feller både med og uten kloroformtilsetning. En markert økning skjedde fra februar til mars, som følge av våroppblomstringen av planteplankton. En ny topp, tydeligst i Langesundsfjorden, opptrådte i august.

Fluktuasjonene i prosent C og N i 20 og til dels 40 m på stasjon F8 samsvarte med fluktuasjonene i klorofyll a og phaeophytin. Dette tyder på at de sedimenterende organiske partiklene i Langesundsfjorden hovedsakelig er planteplankton. Også det lave forholdet mellom karbon og nitrogen (lavere enn 10:1 i årsmiddel) tyder på at det er lite av terrigent organisk materiale. På stasjon P1 var C/N-forholdet mye høyere. Den organiske belastningen er der i stor grad dominert av materiale som kommer med Skienselva, selv om toppene i klorofyll a og

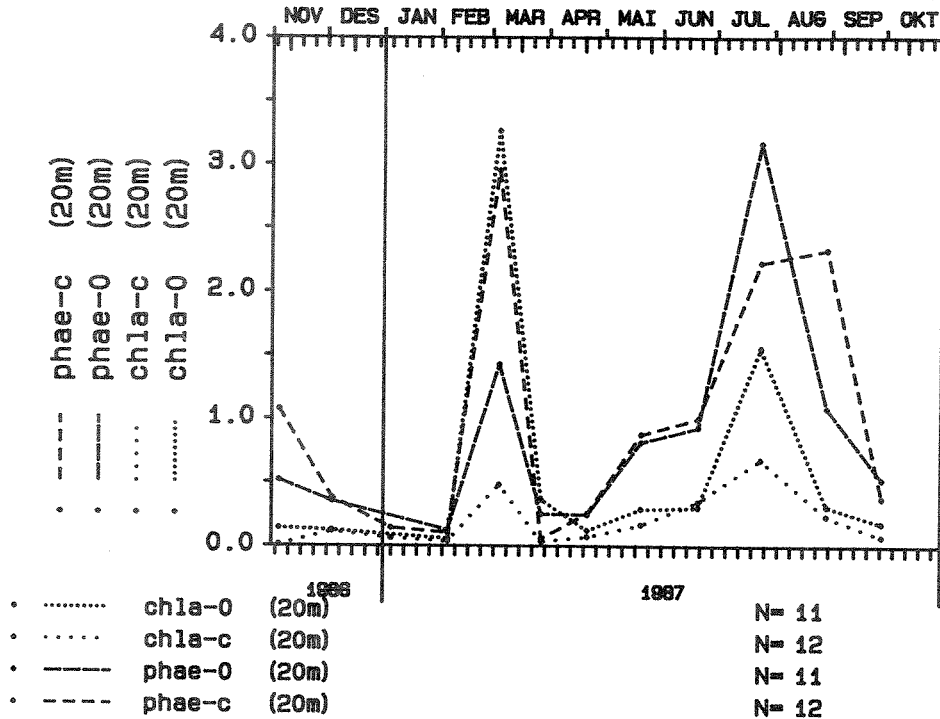
phaeophytin viser at også planteplankton har betydning.



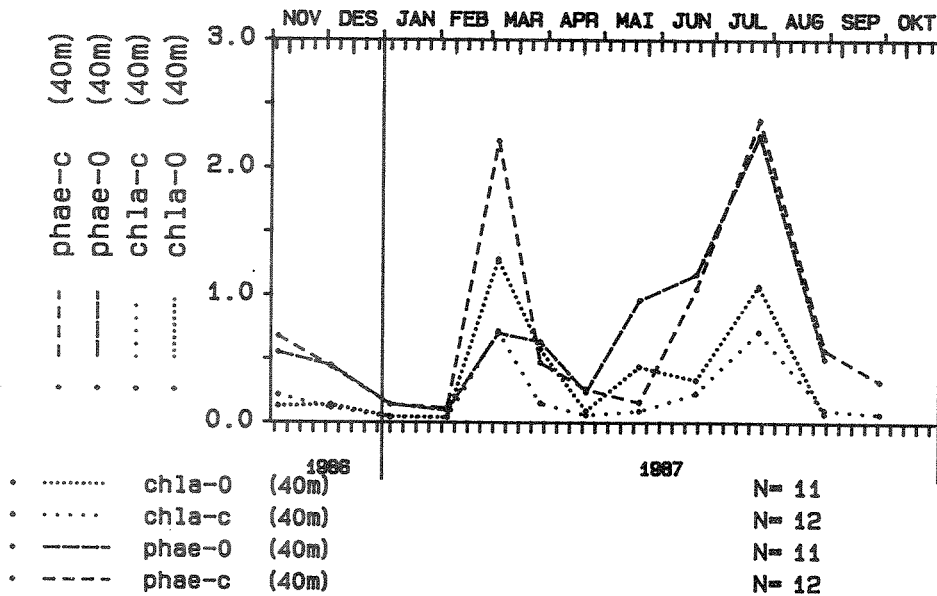
Figur 5.12. Fluks av klorofyll a og phaeophytin (mg tørrvekt/m²/døgn) i 10 m dyp på stasjon P1, Frierfjorden. 0=uten kloroform; c=med kloroform i fellene.



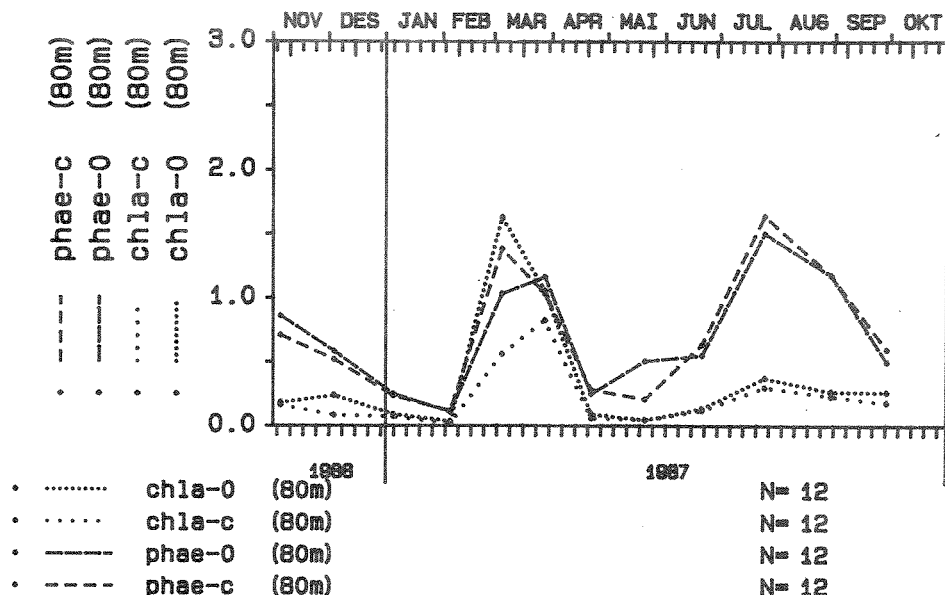
Figur 5.13. Fluks av klorofyll a og phaeophytin (mg tørrvekt/m²/døgn) i 20 m dyp på stasjon P1, Frierfjorden.



Figur 5.14. Fluks av klorofyll a og phaeophytin (mg tørrvekt/m²/døgn) i 20 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.



Figur 5.15. Fluks av klorofyll a og phaeophytin (mg tørrvekt/m²/døgn) i 40 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.



Figur 5.16. Fluks av klorofyll a og phaeophytin (mg tørrvekt/m²/døgn) i 80 m dyp på stasjon F8, Langesundsfjorden.

5.3.5. Resuspensjon og netto fluks av partikler

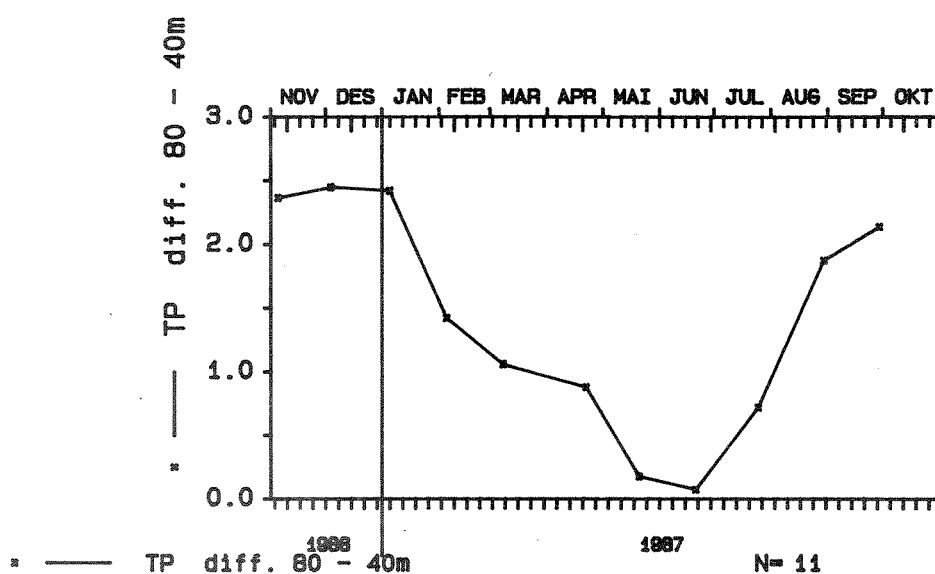
Sedimentfeller samler brutto sedimentering. Brutto sedimentering omfatter primær sedimentering (partikler som synker for første gang) og sekundær sedimentering (partikler som er virvlet opp fra bunnen eller transportert oppover ved turbulens og så synker på nytt).

Det er nettotransporten som er det egentlige mål for belastningen på dypvann/bunnen.

Forhøyet partikkelmengde i fellene nær bunnen tyder på resuspensjon, dvs. at materiale virvles opp fra bunnen og synker igjen.

Partikkelmengden i fellene i 80 m dyp (nærmest bunnen) i Langesundsfjorden var gjennomgående høyere enn i 40 og 20 m (Fig. 5.4). Forskjellen mellom partikkelmengden i 80 m dyp og i grunnere dyp var tydelig årstidsavhengig. I vinterhalvåret var det dobbelt så mye materiale i 80 m som i 40 m. I juni-juli var forskjellen betydelig

mindre (Fig. 5.17). Øst for fellestasjonen (F8) skråner bunnen bratt opp mot grunnere dyp. Noe av bruttosedimenteringen i 80 m kan bestå av partikler som er virvlet opp fra grunnere bunnpartier. Skrånende bunn kan virke som et "forstørrelsesglass" slik at sedimenteringen pr. arealenhet øker med økende dyp. De korrelerte fluktuationene i 20, 40 og 80 m dyp og økningen med dyp støtter denne antagelsen (Fig. 5.4).



Figur 5.17. Forskjell i fluks av totalt partikulært materiale (TP) ($\text{g/m}^2/\text{d}$) i 80 og 40 m dyp på stasjon F8.

6. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL

Det er konstatert høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra både Grenlandsfjordene og kyststrekningen Grenland-Kragerø. Helsedirektoratet har frarådet konsum av blåskjell fra hele Grenlandsfjordområdet. Området er heller ikke egnet for akvakultur. Det er omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene. Hvis PAH-forurensningen ikke skal være i konflikt med bruksinteresser (sanking, dyrking og konsum av blåskjell), må utslippene reduseres betydelig.

Blåskjell for analyse av innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble samlet inn tre ganger i 1987: i månedsskiftet april-mai, august og november. Prøvene ble tatt fra fem stasjoner: Croftholmen ved Brevik, Langangsfjorden, Helgeroa, Klokkertangen mellom Langesund og Kragerø, og Kreppa ved Kragerø (Fig. 6.1-6.2).

Hver analyse omfattet en blandprøve av ca. 50 blåskjell i størrelsesgruppen 4-10 cm.

Konsentrasjonene av de forskjellige enkeltkomponentene av PAH fra 1987-registreringene finnes i Vedlegg 10.3-10.5.

Det er konstatert høye PAH-konsentrasjoner i blåskjell fra alle lokalitetene i Grenlandsfjordene, men høyest i Brevik-Langesundområdet. Siden undersøkelsene startet i 1980 har konsentrasjonene vist store svingninger med maksimumsverdier opptil 150 ganger en antatt "normal-konsentrasjon" på <0,5 mg/kg (Knutzen 1987). Medianverdiene 1980-1986 er (Tabell 6.1):

Tabell 6.1. Medianverdier av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene 1980-1986. n=antall analyser.

År	Åbyfjord	Helgeroa	Langesundsfj	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)

Tabell 6.2 viser resultatene fra 1987. Konsentrasjonene i skjell fra Croftholmen og Helgeroa ligger dels over, dels under det som er målt i 1980-1986. Konsentrasjonene i skjell fra Klokkertangen og Kreppa v/Kragerø ligger på samme nivå som i skjell fra Helgeroa, altså tydelig høyere enn i uforurensete områder. Dette viser at PAH-forurensningen strekker seg minst til Kragerø og muligens lenger. I 1988 tas det prøver på de samme stasjonene som i 1987. Geografisk utvidelse av stasjonsnettet bør vurderes.

Tabell 6.2. Konsentrasjoner av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene og på strekningen mot Kragerø i 1987.

Dato	Crofthlm v/Brevik	Langangs- fjorden	Helgeroa	Klokker- tangen	Kreppa v/Kragerø
29.4-1.5. 1987	39,3	6,9	11,3	8,6	6,7
5.8-7.8. 1987	6,7	0,6	1,3	1,4	0,7
6.11-8.11.1987	15,8	5,1	2,5	3,0	4,6

PAH-innholdet i blåskjell reiser hygieniske spørsmål som helsemyndighetene har hatt til vurdering. Konsum av blåskjell fra hele Grenlandsfjordområdet er frarådet. Området er heller ikke egnet for akvakultur. Det er innført omsetningsforbud for blåskjell som samles i Grenlandsfjordene.

På grunnlag av analyser av avløpsvannet fra PEA er PAH-utslippet i 1987 beregnet til litt over 2 tonn. Andre kilder av betydning er ikke kjent. I 1986 var utslippet 6-7 tonn. De lavere konsentrasjonene i blåskjell i andre halvår 1987 kan skyldes utslippsreduksjonene.

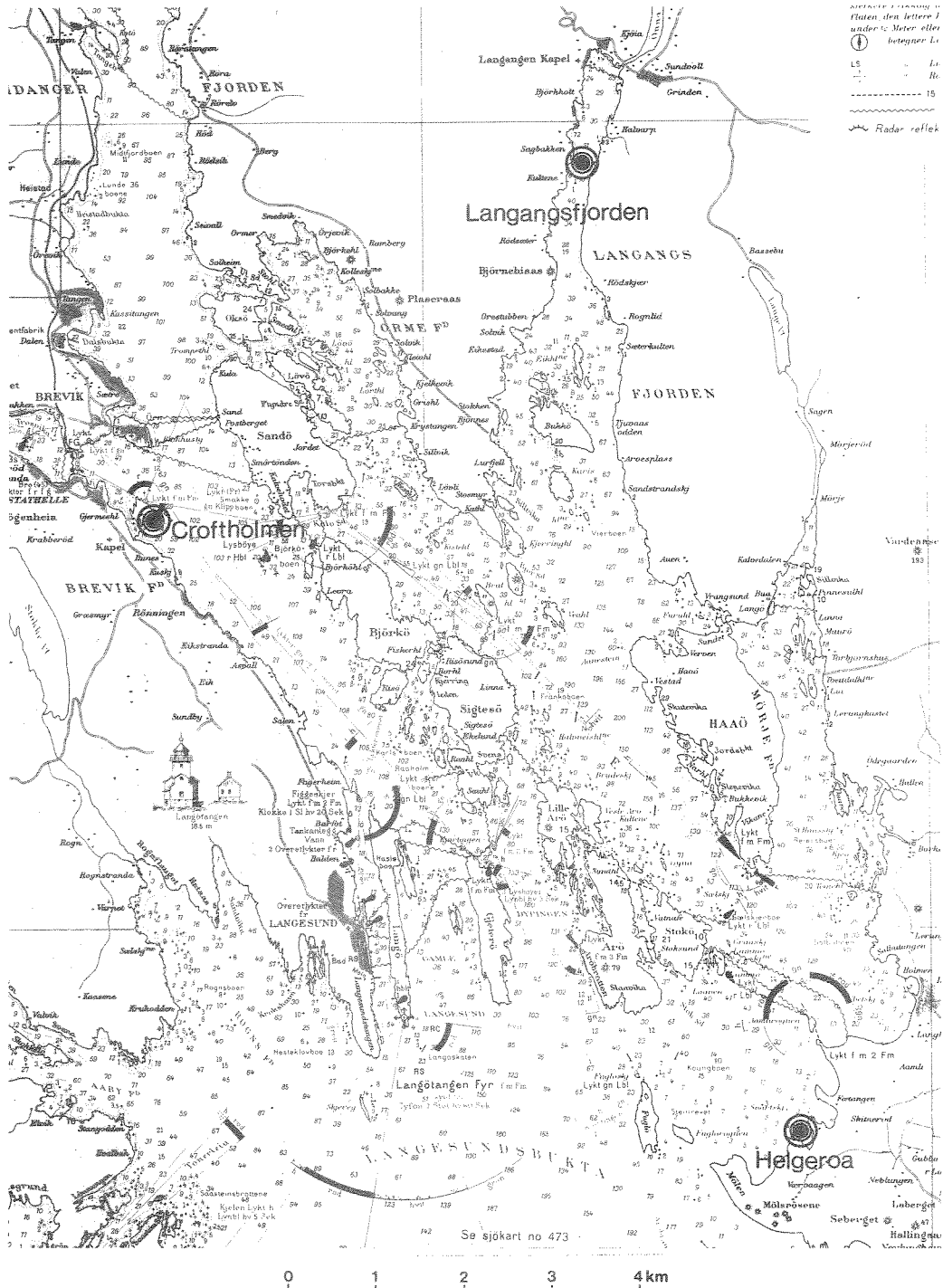


Fig. 6.1. Stasjoner for innsamling av blåskjell i Grenlandsfjordene.

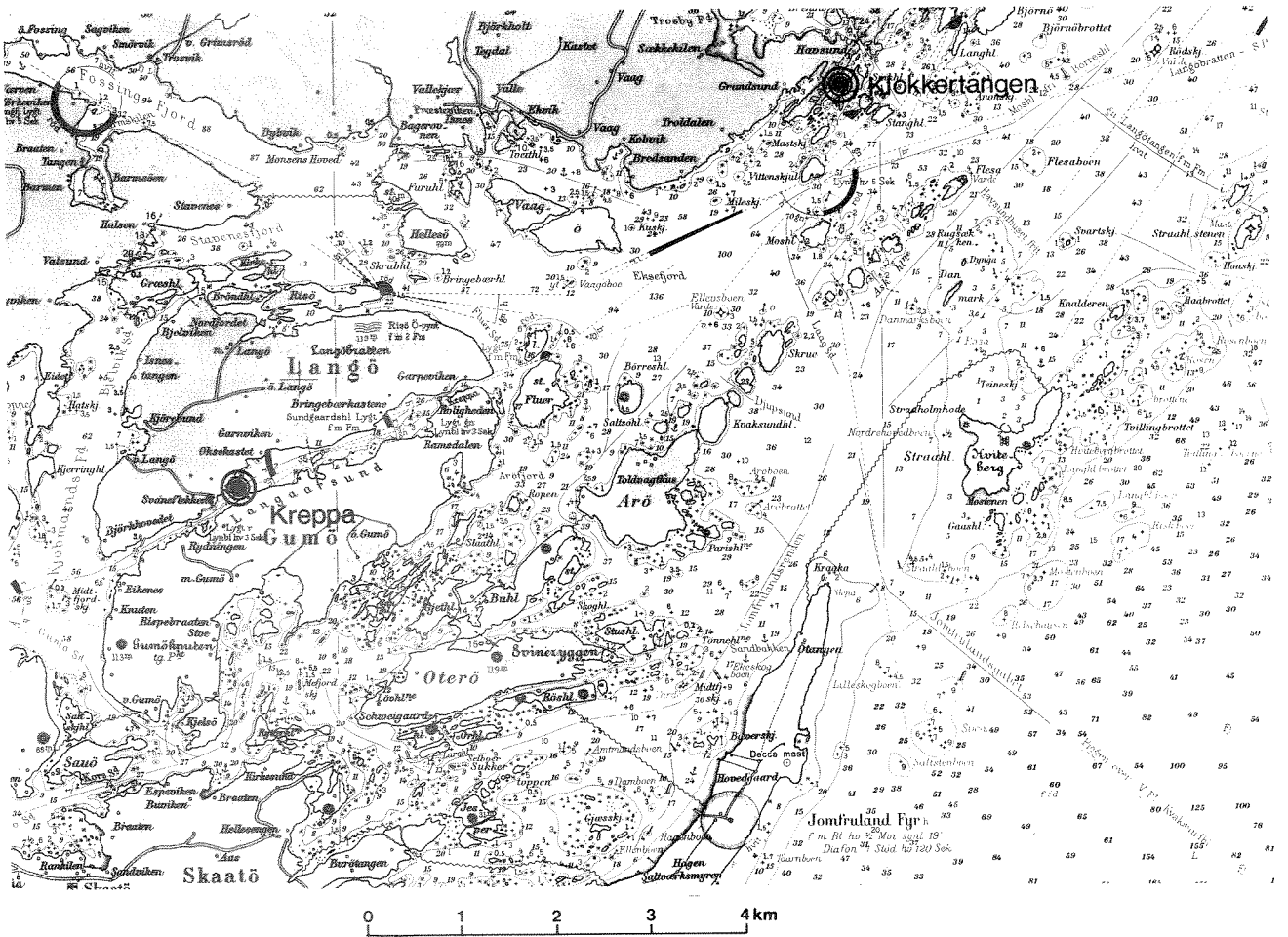


Fig. 6.2. Stasjoner for innsamling av blåskjell på strekningen Grenland-Kragerø.

7. MILJØGIFTER I TORSK

Grovt sett har miljøgiftinnholdet i torsk forandret seg lite i perioden 1978-1987. Fluktuasjonene av heksaklorbenzen (HCB) i fisk ser ut til å ha sammenheng med fluktuasjoner i utslippene.

På bakgrunn av påvisningen av klorerte dibenzodioksiner og dibenzofuraner har helsemyndighetene anbefalt skjerpede begrensninger i konsum av fisk og skalldyr, ikke bare fra Frierfjorden, men også fra området utenfor.

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

7.1. Datamaterialet

Høsten 1987 ble det samlet og analysert 55 torsk fra Frierfjorden og 9 fra Eidangerfjorden. Muskel og lever ble undersøkt for henholdsvis kvikksølv og persistente klorerte hydrokarboner av Veterinærinstituttet.

Det foreligger data for nærmere 750 torsk fra Frierfjorden, fanget inn i årene 1968 til 1987.

Det er gjort en statistisk analyse av både 1987-dataene og resultater fra tidligere år.

Tabell 7.1 viser hvilke data som er brukt. For endel fisk mangler noen av opplysningene. Forkortelsene i tabellen står for:

HCB = Heksaklorbenzen, OCS = Oktaklorstyren, DCB = Dekaklorbifeny1, Hg = Kvikksølv.

Tabell 7.1. Dataoversikt for torsk fra Frierfjorden.

Variabel:	Antall fisk med verdi på denne variabelen:
Vekt	747 (fra 1968)
HCB i lever	620 (fra 1975)
OCS i lever	620 (fra 1975)
DCB i lever	502 (fra 1975)
Hg i filet	746 (fra 1968)

7.2. Gruppering i tid

Data er \log_{10} -transformert og gruppert i årsperiode fra 1.7. til 30.6. Hver periode¹⁰ 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 sammenheng 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 ulik regresjonskoeffisient fra år til år. Estimaten for regresjonskoeffisientene fra år til år varierer sterkt, men det er ikke er 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 datasettet ga forholdsvis små endringer i vektkorrigeringsen:

$$\begin{aligned} \log[\text{HCB}] &= \log[\text{HCB}_1] + 0.82 \cdot \log[\text{vekt}] && \text{endret fra 0.86} \\ \log[\text{OCS}] &= \log[\text{OCS}_1] + 0.82 \cdot \log[\text{vekt}] && \text{ikke endret} \\ \log[\text{DCB}] &= \log[\text{DCB}_1] + 0.62 \cdot \log[\text{vekt}] && \text{endret fra 0.61} \\ \log[\text{Hg}] &= \log[\text{Hg}_1] + 0.55 \cdot \log[\text{vekt}] && \text{ikke endret} \end{aligned}$$

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

7.4. Analyse av vektkorrigerede data, Frierfjordfisk

7.4.1. Variasjoner fra år til år

For hver variabel er det utført variansanalyse 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 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 i Fig. 7.1 viser gjennomsnitt med 95% konfidensintervall for $\log_{10}[\text{vekt}]$ (tilsvarer geometrisk gjennomsnitt for vekt) i årene 1968 til og med 1987 for fisk hvor Hg er bestemt.

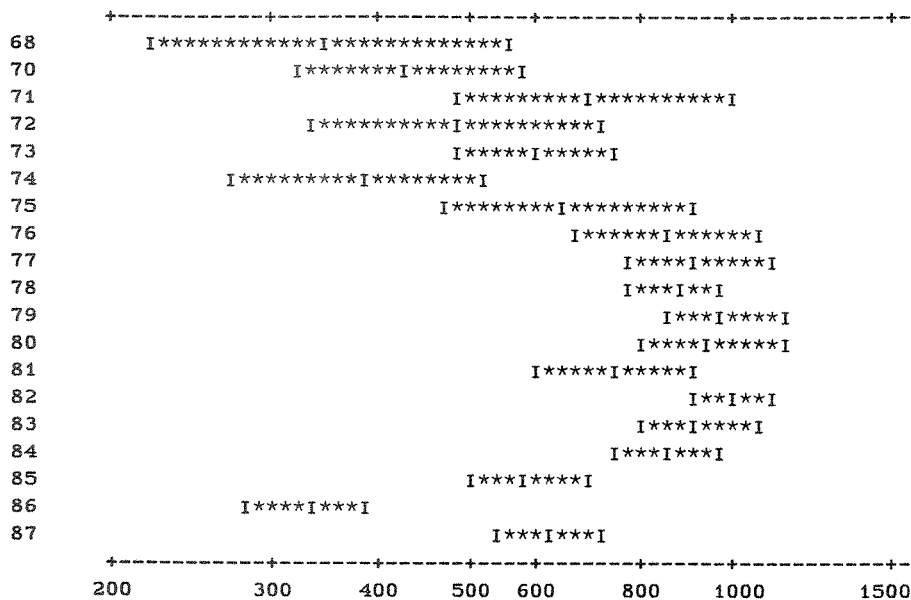


Fig. 7.1. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall for \log_{10} [vekt (g)] av torsk fanget i årene 1968-1987. Skalaen angir fiskens vekt i gram.

Gjennomsnittsvekten er klart lavere før 1975 sammenlignet med årene 1975-1984. Spesielt i årene 68, 70, 72 og 74 hadde fisken gjennomsnittlig lav vekt. I tiden etter 1975 har fisken fra 1985 og 1987 og spesielt 1986 signifikant lavere vekt enn i de fleste andre år.

For miljøgiftkonsentrasjonene er plott av geometrisk snitt med konfidensintervall som funksjon av tid gjort som i tidligere rapporter, med tilleggsdata for 1987 (Fig. 7.2-7.5).

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.

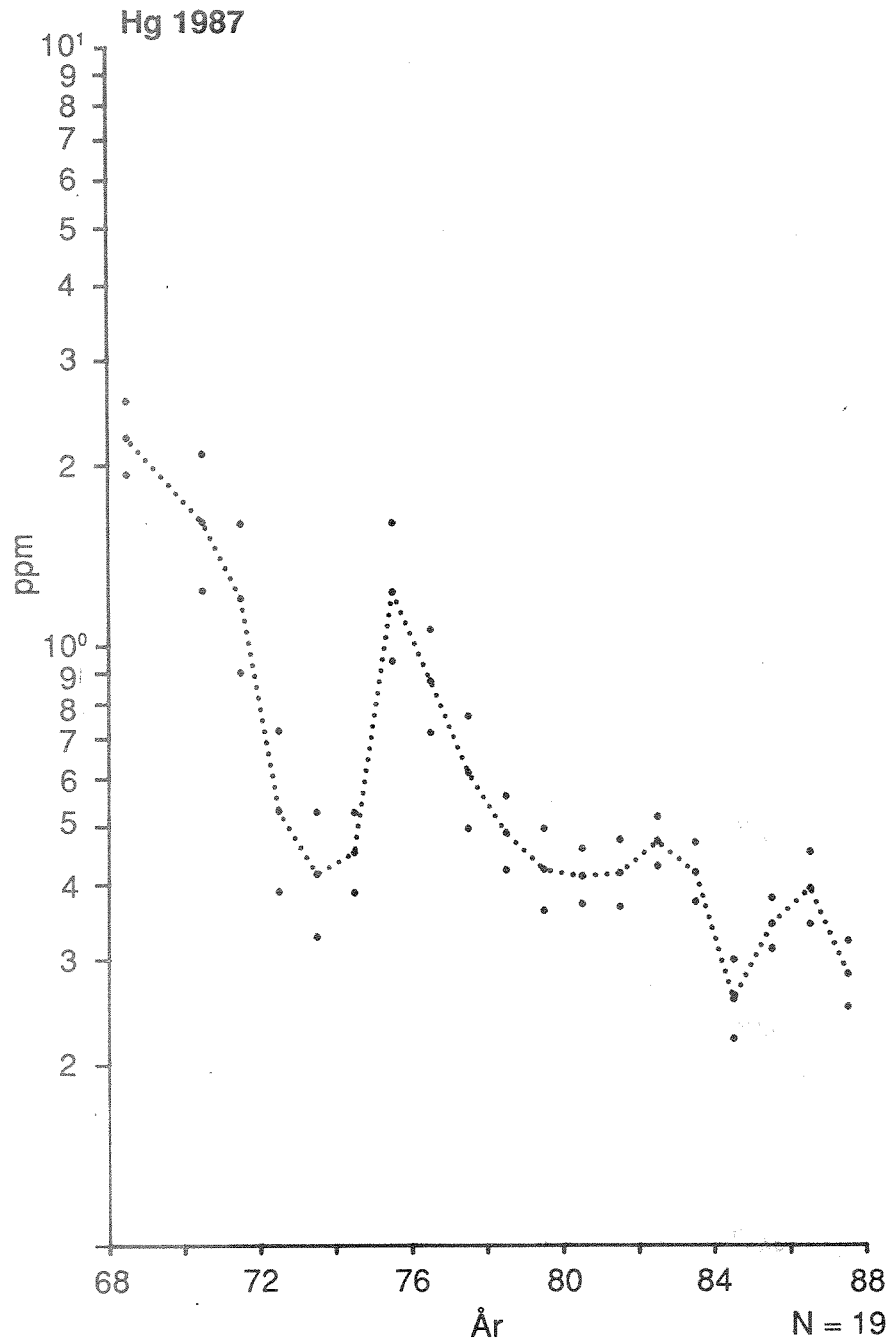


Fig. 7.2. Kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i torskefilet (mg/kg våtvekt) fra Frierfjorden 1968-1987. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk på 1 kg.

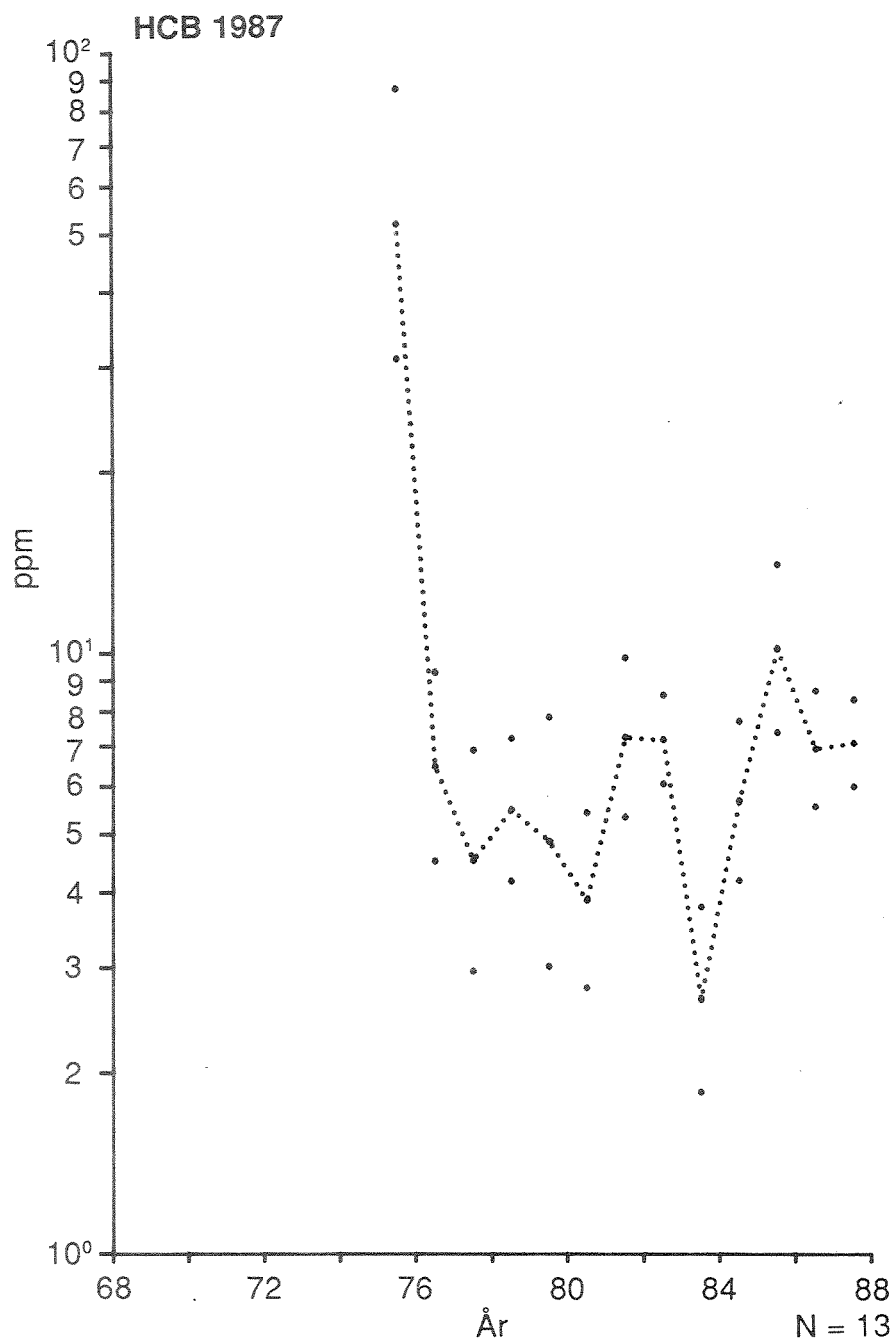


Fig. 7.3. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

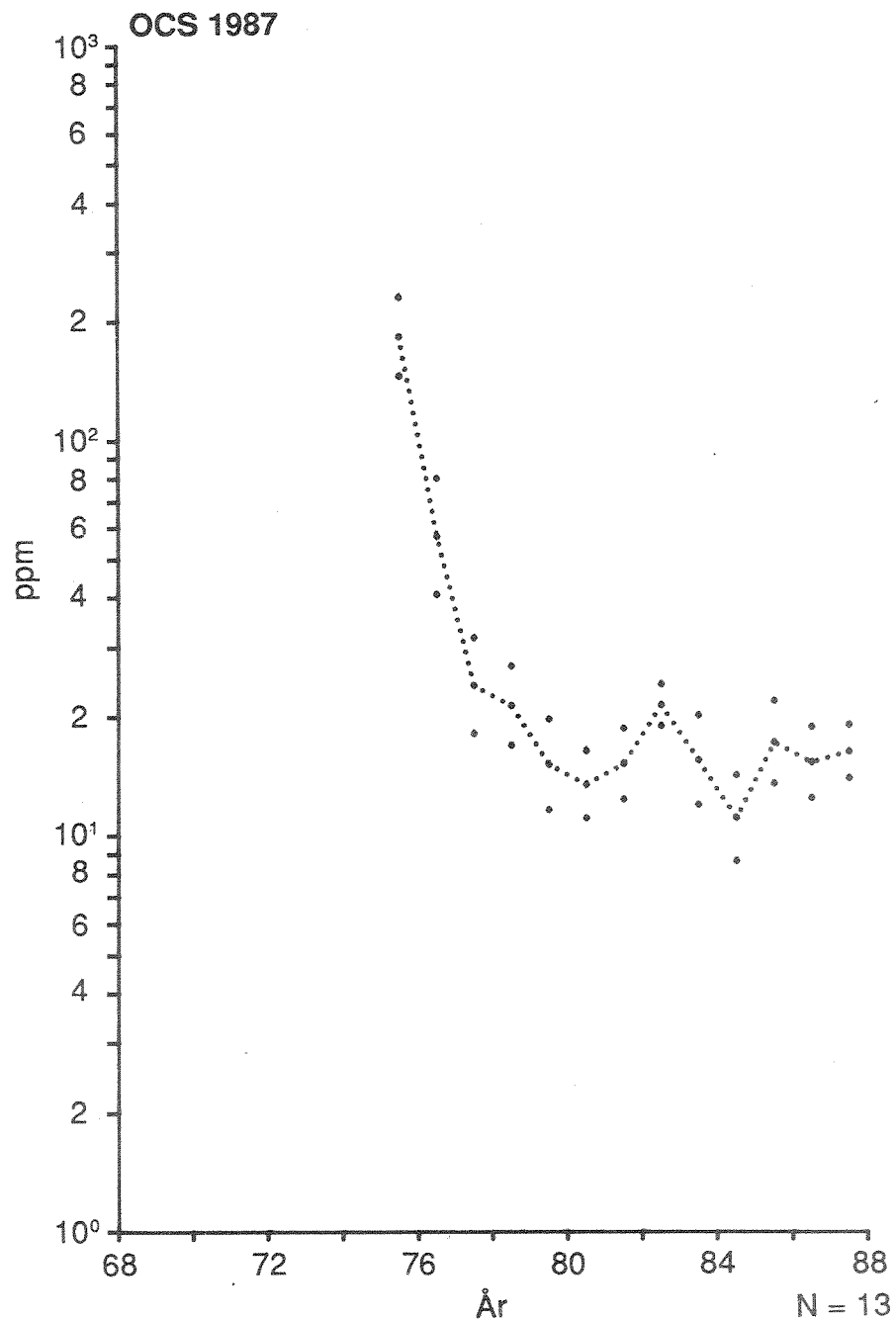


Fig. 7.4. Oktaklorstyrenkonsentrasjon (OCS) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

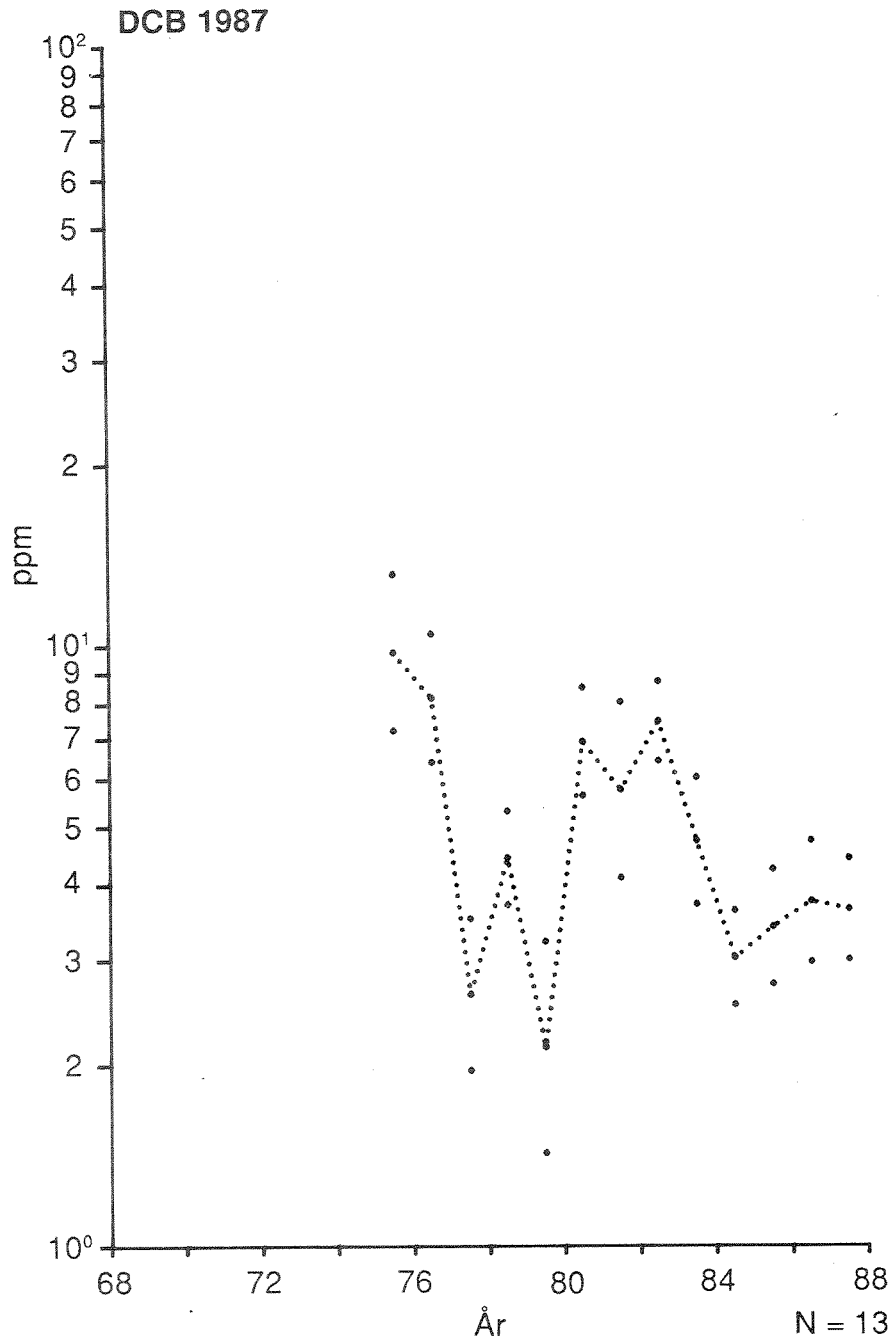


Fig. 7.5. Dekaklorbifenyolkonsentrasjon (DCB) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt). Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

Kvikksølvkonsentrasjonene i torsk fra 1987 var signifikant lavere enn i tidligere år, bortsett fra i 1984 og 1985. Lavere verdier har opptrådt oftere etter 1983 enn i perioden 1978-1983 (Fig. 7.2).

Konsentrasjonene av heksaklorbenzen, oktaklorstyren og dekaklorbifenyyl viser ingen signifikant reduksjon etter 1976 (Fig. 7.3-7.5).

Fluktuasjonene av HCB i torsk viser en tydelig sammenheng med fluktuasjoner i utslippene (Fig. 7.6). Reduksjon i utslippene vil derfor trolig medføre reduserte konsentrasjoner i fisken.

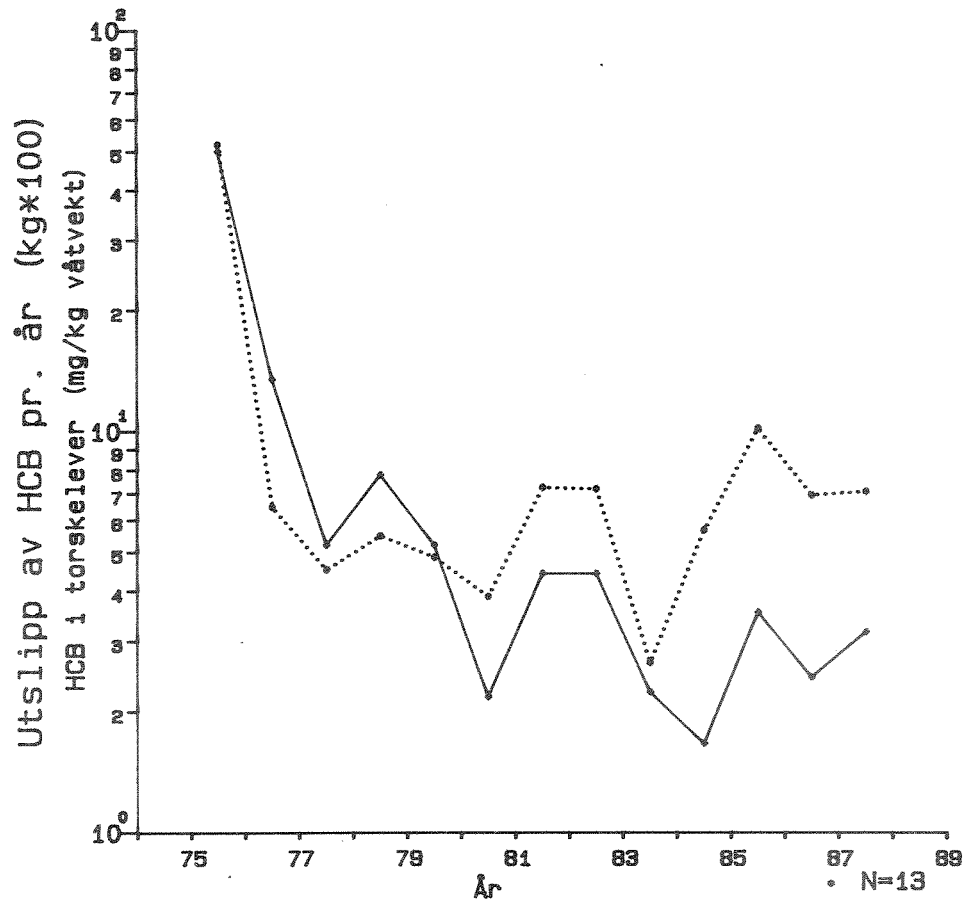


Fig. 7.6. Heksaklorbenzenkonsentrasjon (HCB) (.....) i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt) og utslipp av HCB (—) til Frierfjorden (antall 100kg/år) i perioden 1975-1987.

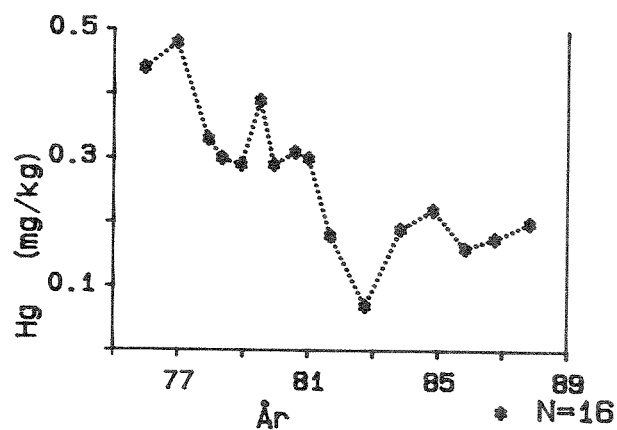
7.5. Fisk fra Eidangerfjorden

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. 7.7).

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. 7.7-7.8).

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

Kvikksølv i torsk



Heksaklorbenzen i torsk

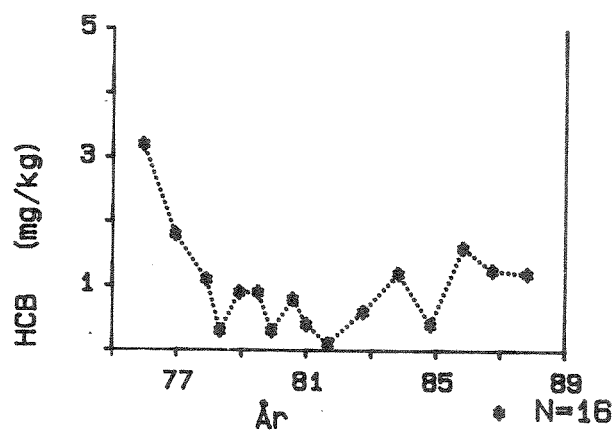
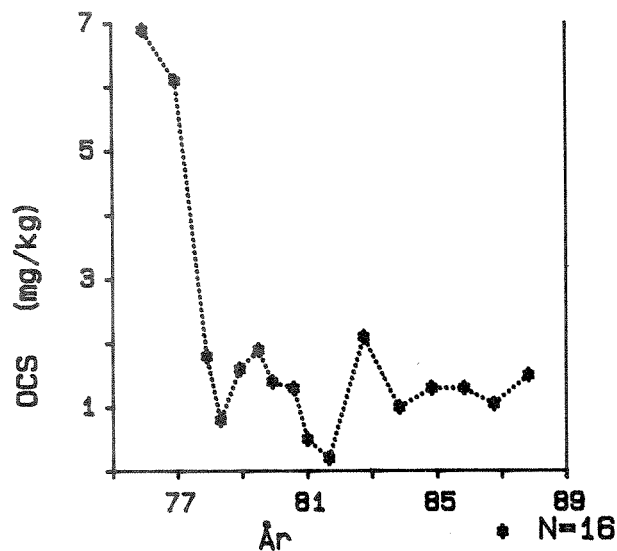


Fig. 7.7. Medianverdier for kvikksølvkonsentrasjon (Hg) i muskel og heksaklorbenzen (HCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1987 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.

Oktaklorstyren i torsk



Dekaklorbifenyl i torsk

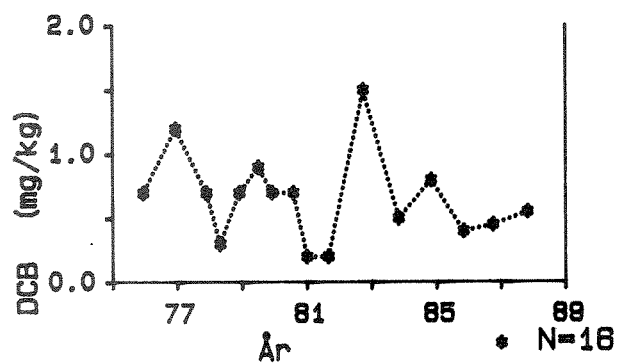


Fig. 7.8. Medianverdier for konsentrasjoner av oktaklorstyren (OCS) og dekaklorbifenyl (DCB) i lever i torsk fra Eidangerfjorden 1976-1987 (mg/kg våtvekt). Verdiene er ikke korrigert for fiskens vekt.

8. KLORETE DIBENZODIOKSINER OG DIBENZOFURANER

Meget høye konsentrasjoner av disse stoffene i fisk og skalldyr har ført til skjærpede advarsler mot konsum.

I 1986 og 1987 har Norsk institutt for luftforskning (NILU) på oppdrag for Norsk Hydro analysert avløpsvann fra magnesiumfabrikken på Herøya, samt fisk, krabbe og blåskjell fra Frierfjorden og kystområdet utenfor. I prøvene ble det påvist polyklorerte dibenzodioxiner (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF). Data for dioksinutslipp viste ekstremt høy belastning sammenlignet med andre kjente kilder, - i størrelsesorden 300-500 g/år av 2,3,7,8-TCDD (tetraklordioksin) ekvivalenter pr. år.

Det finnes 75 forskjellige PCDD og 135 PCDF. 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. 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.

I samsvar med de høye utslippsverdiene har orienterende analyser av klorerte dioksiner og furaner i fisk, krabbe og blåskjell vist meget høye verdier såvel inne i Frierfjorden som utenfor (Fig. 8.1). Konsentrasjonene er tydelig avtagende med økende avstand fra utslippet, men så høye at helsemyndighetene har anbefalt ytterligere begrensninger i konsum av fisk og skalldyr, ikke bare fra Frierfjorden, men også fra området utenfor. (Anbefalingene fra Statens næringsmiddeltilsyn er gjengitt i kapittel 1: Formål - konklusjoner - tilrådninger). For å få en fyldestgjørende oversikt over situasjonen, er det igangsatt et mer omfattende undersøkelsesprogram. Dette vil også belyse i hvilken grad disse stoffene spres sydover og eventuelt nordover langs kysten.

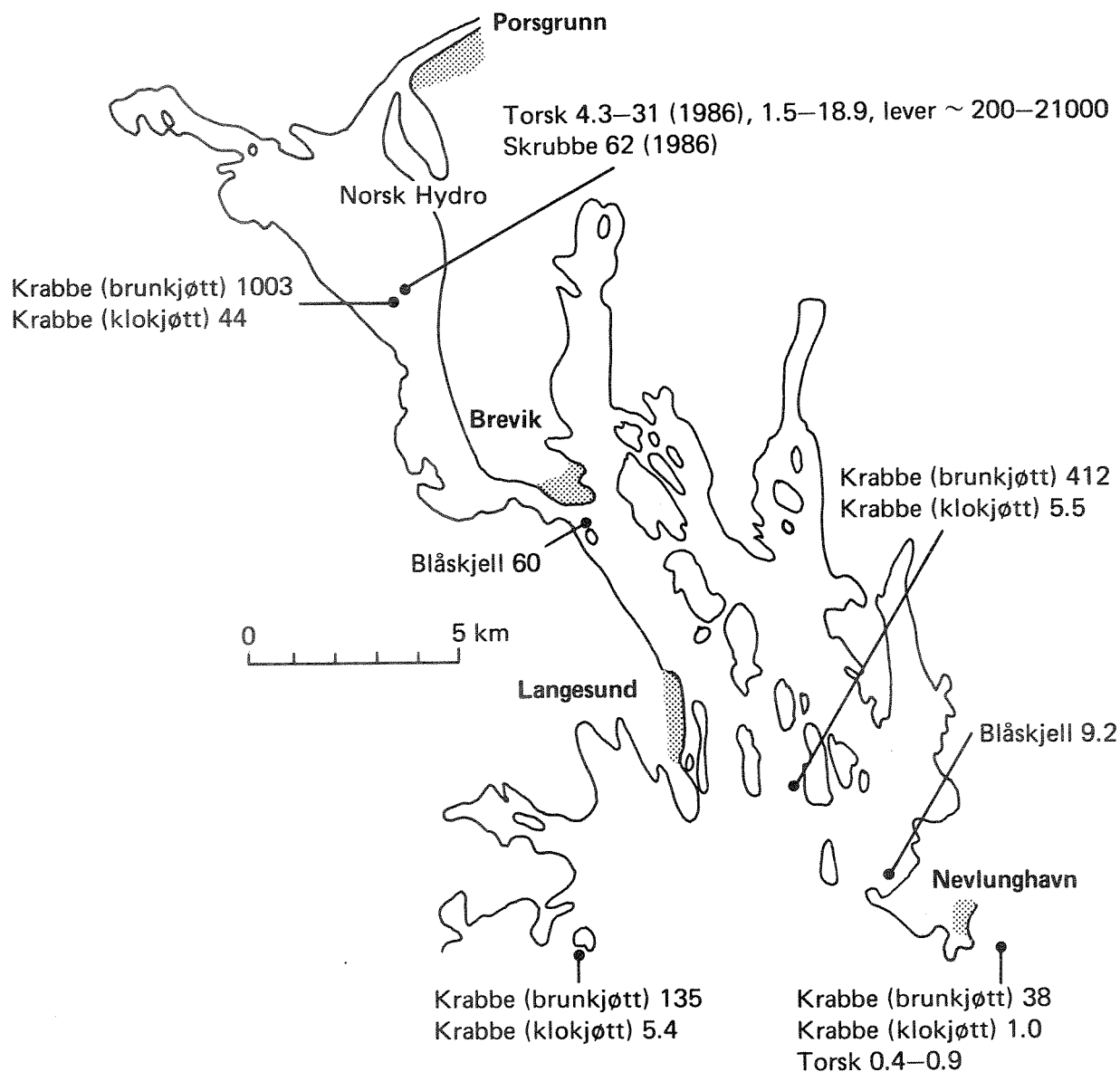


Fig. 8.1. Ekvivalenter av 2,3,7,8-TCDD (den giftigste blant dioksinforbindelsene) i fisk, taskekrabbe og blåskjell fra Grenlandsområdet 1986-87, ng/kg friskvekt.

9. HENVISNINGER

9.1. Referanser

- Gulbrandsen, R., Baalsrud, K., Molvær, J. & B. Rygg, 1987. Brukerundersøkelse for Grenlandsfjordene. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 293/87. SFT/NIVA, 58 s.
- Johansen, Ø., Kolstad, S., Bokn, T. & B. Rygg, 1973. Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilleggende fjordområder. Rapport 1. Tidligere undersøkelser - generelle forhold - forurensningstilførsler. NIVA 0-70111, 93 s.
- Knutzen, J., 1987. Sources, occurrence and effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the aquatic environment - a preliminary review. NIVA E-87700, 21 pp.
- Rygg, B., 1983. Forslag til langtidsprogram Grenlandsfjordene og Skienselva. NIVA 0-8000312. Notat 25.4.1983, 17 s.
- Rygg, B. 1988. Vurdering av forurensningspåvirkning av Frierfjorden som følge av utsig av pyrolyseolje fra etylenfabrikken, Hydro Rafnes. NIVA 0-87201, 21 s.
- Rygg, B. & J. Molvær, 1988. Overvåking av Grenlandsfjordene 1988. NIVA 0-8000312. Notat 1.2.1988, 29 s.
- Statens Institutt for Folkehelse (SIFF), 1976. Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann. Revidert utgave nov. 1976. Oslo.
- Wassmann, P. 1983. Sedimentation of organic and inorganic particulate material in Lindåspollene, a stratified, land-locked fjord in western Norway. Mar. Ecol. Prog. Ser. 13: 237-248.
- Wassmann, P. 1984. Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. Mar. Biol. 83: 83-94.
- Wassmann, P. 1985. Sedimentation of particulate material in Nordåsvannet, a hypertrophic, land-locked fjord in western Norway. Mar. Ecol. Prog. Ser. 22: 259-271.

9.2. Hittil utgitte NIVA-rapporter fra overvåkingen av Grenlands-
fjordene 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
- 1986 Grenlandsfjordene og Skienselva 1986.
Overvåkingsrapport nr. 287/87.
2.9.1987
- 1987 Brukerundersøkelse for Grenlandsfjordene.
Overvåkingsrapport nr. 293/87.
20.11.1987

10. VEDLEGG

Vedlegg 10.1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell
april-mai 1987 (ng/g).

Stasjon/prøve: Crofthlm Langangs Helgeroa Klokkert Kreppa/K
Dato: 870430 870501 870430 870429 870429

	8	4	5	6	7
Fluoren					
Fenantren	275	62	130	113	129
Antracen	49	3	5	19	7
2-Metylantracen	39	11	13	24	14?
1-Metylfenantren	15				
Fluoranten	1035	390	482	451	442
Pyren	664	170	199	224	189
Benzo(a)fluoren	197	23	62	47	29
Benzo(b)fluoren	142	23	39	24	29
1-Metylpyren					
Benzo(a)antracen	526	71	110	60	62
Trifenylen/Chrysen	932	220	323	181	205
Benzo(b)fluoranten	796	98	126	120	80
Benzo(j,k)fluoranten	ca 400	38	87	ca 60	37
Benzo(e)pyren	407	87	116	75	64
Benzo(a)pyren	169	21	28	29	23
Perylen	49	6	8		3
O-Phenylenepyren	40	8	12	8	7
Dibenz(a,h)antracen	19				
Benzo(ghi)perylene	49	8	11	8	8
SUM (ng/g våtvekt)	5811	1243	1756	1449	1335
% tørrstoff	14.8	17.9	15.5	16.8	20.0
SUM (ng/g tørrvekt)	39264	6944	11329	8625	6675

Crofthlm = Croftholmen v/Brevik

Langangs = Langangsfjorden

Helgeroa = Helgeroa

Klokkert = Klokkertangen v/Kjønnøya mellom Langesund og Kragerø

Kreppa = Kreppa v/Kragerø

Vedlegg 10.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i
blåskjell august 1987 (ng/g).

Stasjon/prøve: Crofthlm Langangs Helgeroa Klokkert Kreppa/K
Dato: 870805 870805 870805 870807 870807

Fluoren					
Fenantren	87	17	26	20	24
Antracen	5	1		1	2
2-Metylantracen	7		3		
1-Metylfenantren	7		3		
Fluoranten	344	41	71	75	49
Pyren	131	21	27	45	24
Benzo(a)fluoren	14			5	
Benzo(b)fluoren	11			3	
1-Metylpyren					
Benzo(a)antracen	95	6	22	13	8
Trifenylen/Chrysen	176	16	35	25	19
Benzo(b)fluoranten	48	} 6 }	} 10 }	} 17 }	} 6 }
Benzo(j,k)fluoranten	42				
Benzo(e)pyren	66?		7	4	3
Benzo(a)pyren	12		3		Maskert
Perylen	6				
O-Phenylenepyren	13		3	4	2
Dibenz(a,h)antracen					
Benzo(ghi)perylene	18		3	3	3
SUM (ng/g våtvekt)	1082	108	213	215	139
% tørrstoff	16.1	18.2	16.9	15.3	19.7
SUM (ng/g tørrvekt)	6720	593	1260	1405	706

Vedlegg 10.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell
november 1987 (ng/g).

Stasjon/prøve: Crofthlm Langangs Helgeroa Klokkert Kreppa/K
Dato: 871106 871106 871107 871108 871108

Stasjon/prøve: Dato:	Crofthlm 871106	Langangs 871106	Helgeroa 871107	Klokkert 871108	Kreppa/K 871108
Fluoren	6	5			4
Fenantren	173	53	49	48	57
Antracen	28	7	3	6	7
2-Metylantracen		8			
1-Metylfenantren	13	6	3		6
Fluoranten	861	306	135	209	246
Pyren	556	211	88	141	145
Benzo(a)fluoren	46	15	6		16
Benzo(b)fluoren	57	22	9		22
1-Metylpyren	20	7			
Benzo(a)antracen	195	55	24	34	59
Trifenylen/Chrysen	386	121	64	88	129
Benzo(b)fluoranten	232	97	} 43	66	} 104
Benzo(j,k)fluoranten	ca 155	ca 40		ca 30	
Benzo(e)pyren	139	61	34	37	69
Benzo(a)pyren	36	13	6	9	17
Perylen					
O-Phenylenepyren	9				8
Dibenz(a,h)antracen					
Benzo(ghi)perylene	19	5		3	10
SUM (ng/g våtvekt)	2931	1032	464	671	899
% tørrstoff	18.7	20.4	18.3	22.4	19.5
SUM (ng/g tørrvekt)	15674	5059	2536	2996	4610

Vedlegg 10.4 Torsk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden, november 1987:
lengde, alder, konsentrasjon (ppm våtvekt) av HCB, OCS og
DCB i lever og i filet.

Frierfjorden

lengde (cm)	vekt (g)	<-----lever----->			<filet>	
		HCB	OCS	DCB	Hg	
		<----- mg/kg			våtvekt	----->
34	361	4.8	11	2.4		0.17
36	473	7.7	13	3.5		0.15
42	765	9.1	9.0	1.7		0.18
37	499	4.6	17	6.1		0.17
42	717	3.4	5.3	0.81		0.13
35	489	8.5	14	4.1		0.12
37	497	9.3	15	4.6		0.17
42	717	2.2	11	4.7		0.43
38	502	7.3	19	6.4		0.26
42	788	4.6	3.7	0.82		0.06
31	301	3.5	7.2	2.9		0.15
27	171	0.30	0.69	0.34		0.10
37	542	8.0	8.7	1.5		0.19
38	586	6.2	12	2.9		0.16
38	528	2.9	9.3	2.5		0.20
36	397	6.1	12	3.9		0.15
38	572	9.1	11	3.4		0.12
33	350	8.3	13	3.6		0.13
40	631	8.0	11	2.8		0.15
46	1030	6.7	22	6.8		0.22
47	1098	0.87	0.75	0.13		0.10
45	891	10.0	15	3.6		0.17
35	396	1.5	5.6	1.0		0.06
47	977	8.3	13	2.2		0.12
35	465	8.6	13	3.4		0.11
34	419	5.9	10	2.2		0.20
37	502	7.3	8.0	0.79		0.09
41	660	8.0	26	7.2		0.24
42	780	7.7	24	8.6		0.31
36	485	5.9	8.0	1.9		0.07
39	626	8.0	12	2.2		0.27
49	1152	7.3	20	8.2		0.27
32	286	0.80	2.6	0.72		0.14
37	579	1.5	2.9	0.75		0.10
44	849	12.0	13	2.4		0.22
38	576	6.3	30	13.0		0.45
30	287	0.69	2.4	0.68		0.20
43	830	4.1	21	6.3		0.48
41	737	5.1	15	6.3		0.24
33	313	4.0	8.0	0.95		0.11
40	638	7.0	9.8	1.7		0.10
49	1082	9.8	31	7.0		0.35
36	463	4.6	13	3.7		0.26
40	725	6.8	11	3.7		0.34
48	1184	5.8	16	6.2		0.28
42	704	6.4	14	3.9		0.39
32	328	6.7	10	2.1		0.17
48	1023	8.7	15	3.0		0.37
31	277	4.6	10	2.0		0.18
34	638	7.0	15	5.9		0.22
37	595	8.5	16	4.5		0.21
39	692	6.4	18	6.8		0.23
39	563	6.3	19	7.1		0.18
39	538	7.4	13	2.7		0.15
27	201	0.53	3.4	0.81		0.16

Eidangerfjorden

lengde (cm)	vekt (g)	<-----lever----->			<filet>
		HCB	OCS	DCB	Hg
		<----- mg/kg			våtvekt ----->
=====					
46	1084	1.2	1.5	0.40	0.14
41	915	0.99	0.83	0.17	0.16
45	885	1.7	1.4	0.46	0.16
54	1256	0.25	3.4	1.6	0.62
42	789	0.66	0.99	0.55	0.15
51	1306	1.6	2.2	0.70	0.24
46	989	1.4	1.5	1.4	0.26
48	1448	0.23	0.75	0.53	0.59
46	828	2.0	2.0	0.68	0.20