

2470



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 415 | 90

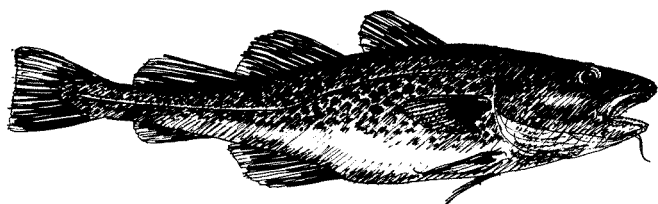
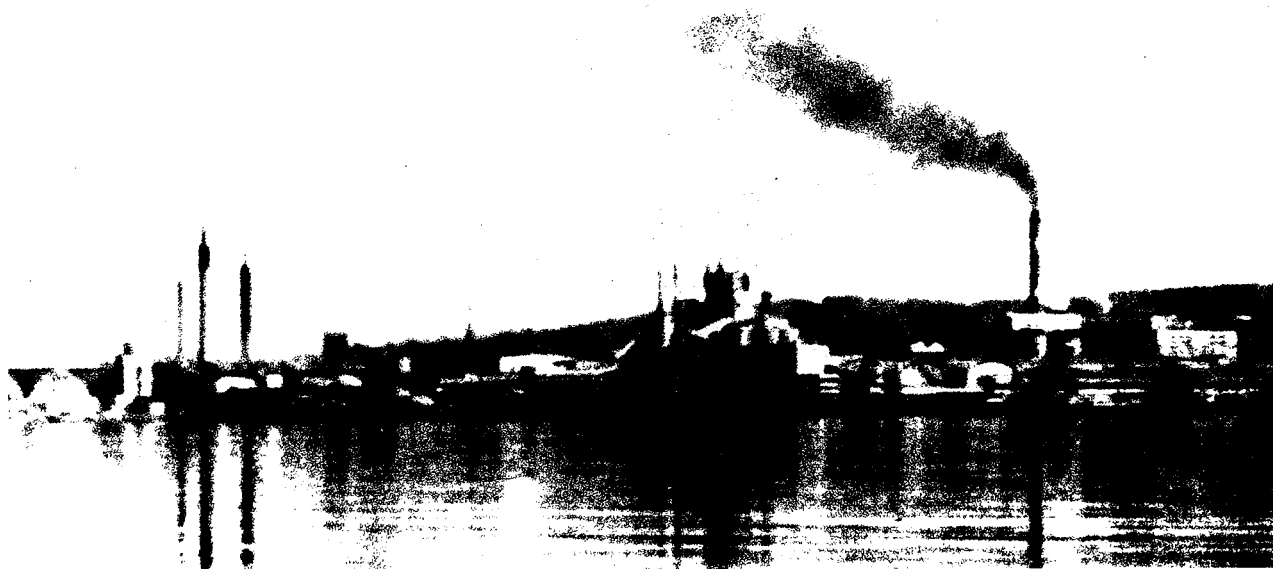
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

NIVA
Norges Veterinærhøgskole

Overvåking av miljøgifter i blåskjell og torsk **Grenlandsfjordene** 1989



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.:
0-8000312.

Undernummer:

Løpenummer:
2470

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av miljøgifter i torsk og blåskjell fra Grenlandsfjordene 1989. (Overvåkingsrapport nr. 415/90)	Dato: 3/9-90.
Forfatter (e): Jon Knutzen Norman Green	Rapportnr. 0-8000312.
	Faggruppe: Miljøgifter.
	Geografisk område: Telemark.
	Antall sider (inkl. bilag): 41

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

Ekstrakt: Med mindre variasjoner var innholdet av bestandige klororganiske stoffer i lever av torsk fra Frierfjorden like høyt i 1989 som det har vært i de senere år, dvs. i størrelsesordenen 200-500 ganger bakgrunnsnivået (heksaklorbenzen). Nivåene i Eidangerfjordtorsk var vesentlig lavere, også her stabilt. Konsentrasjonen av kvikksølv i filet av Frierfjordtorsk har i de senere år stabilisert seg på 3-4 ganger bakgrunnskonsentrasjonen; i Eidangerfjorden på ca. halvparten av Frierfjordnivået. Blåskjells innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) viste nedgang. Dette er i samsvar med reduserte utslipp, men tendensen må foreløpig betraktes som usikker pga. analysetekniske vanskeligheter med 1989-prøvene.

4 emneord, norske:
1. Klorerte hydrokarboner
2. PAH
3. Overvåking
4. Indikatororganismer

4 emneord, engelske:
1. Chlorinated hydrocarbons
2. PAH
3. Monitoring
4. Indicator organisms

Prosjektleder:


Jon Knutzen

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN 82-577-1781-9

**OVERVÅKING AV MILJØGIFTER I
TORSK OG BLÅSKJELL FRA
GRENLANDSFJORDENE 1989**

NIVA, 3/9-90.

Prosjektleder: Jon Knutzen

Medarbeidere : Lasse Berglind
Norman Green
Brage Rygg
Bjørnar Kvalvik
Tore Sivertsen, NVH

FORORD

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

Overvåkingen startet i 1977 etter en innledende tre års basisundersøkelse. Fra og med 1988 er overvåkingen delt i to delprosjekter: ett for eutrofiundersøkelser og ett for miljøgift-overvåking. Også rapporteringen er delt. Foreliggende rapport legger frem resultatene fra miljøgiftovervåkingen i 1989 og sammenligner dem med tidligere års resultater.

Innsamlingen av blåskjell og torsk er gjort av Bjørnar Kvalvik/Grenland Miljø- og Resipientervice, Porsgrunn.

Analysene av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i torsk er utført under ledelse av Tore Sivertsen ved Fellesavdeling for Farmakologi og Toksikologi ved Veterinærinstituttet/Norges Veterinærhøgskole.

Programmet for statistisk bearbeidelse av miljøgiftinnhold i fisk er opprinnelig utarbeidet av Birger Bjerkeng, mens Norman Green har vært ansvarlig for behandlingen av 1989-resultatene. Lasse Berglind har ledet utførelsen av PAH-analyser i blåskjell. Brage Rygg var prosjektleder frem til 31/12-89 og har vært hovedansvarlig for planleggingen av 1989-undersøkelsene, og han har dessuten bistått med gjennomlesing av rapporten.

Oslo, 3/9-90.

Jon Knutzen.

INNHOLD	SIDE
FORORD	2
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER	4
1.1 Formål	4
1.2 Konklusjoner	4
1.3 Tilrådinger	4
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	5
3. MATERIALE OG METODER	9
3.1 Fisk	9
3.1.1 Gruppering i tid	9
3.1.2 Vektkorrigerings	9
3.2 Blåskjell	10
4. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL	12
4.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	12
4.2 Klororganiske forbindelser	14
5. MILJØGIFTER I FISK	15
5.1 Torsk fra Frierfjorden	15
5.2 Torsk fra Eidangerfjorden	21
6. AVSLUTTENDE KOMMENTARER	24
LITTERATUR	27
VEDLEGGSTABELLER	31

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER

1.1 Formål

Formålet med den foreliggende del av overvåkingen i Frierfjorden med tilstøtende fjordområder, har vært å følge utviklingen mht. nivåer av utvalgte miljøgifter i fisk (torsk) og blåskjell. Sammen med tidligere overvåkingsresultater vil materialet bl.a. gi grunnlag for å bedømme effekten av den 95 - 99% reduksjon i utslippene av tungt nedbrytbare klororganiske stoffer fra Hydro Porsgrunns magnesiumfabrikk, som er forutsatt fra juni 1990.

Dioksininnholdet i fisk og skalldyr dekkes av særskilte undersøkelser.

1.2 Konklusjoner

Midlere innhold av kvikksølv i filet av torsk fra Frierfjorden ("normalfisk", 1 kg) har i de senere år ligget på ca. 0.25 - 0.40 mg/kg friskvekt, uten noen bestemt tendens til videre nedgang. Den svake responsen på reduserte tilførsler er betenkelig i relasjon til målet om bruk av fisk til konsum uten restriksjoner. Nivået i fisk fra Eidangerfjorden (ikke vektkorrigert) har i samme periode ligget under 0.2 mg/kg.

I lever av torsk fra Frierfjorden har middelkonsentrasjonene av heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) variert omkring henholdsvis 4 - 8 mg/kg og 10 - 20 mg/kg friskvekt de siste 10 - 12 årene. Jevnført med "bakgrunnsnivået" representerer dette overkonsentrasjoner i størrelsesordenen 200 - 500 ganger. I torsk fra Eidangerfjorden har HCB-innholdet ligget på 1/5 - 1/10 av nivået i Frierfjorden.

Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra utenfor Brevikterskelen og nedover Telemarkskysten viste i 1989 til dels markert nedgang i forhold til tidligere, men det må tas forbehold for en del av resultatene pga. analysetekniske vanskeligheter. Sikrere konklusjoner om utviklingen kan først trekkes etter eventuell bekreftelse av samme moderate/lave nivåer i 1990. Imidlertid samsvarer den konstaterte nedgang med en belastningsreduksjon som har funnet sted fra 1988 til 1989.

1.3 Tilrådinger

Nåværende overvåkingsprogram er ikke godt nok til å følge utviklingen i Grenlandsfjordene på en fyldestgjørende måte etter de radikale reduksjonene i utslipp av klororganiske stoffer fra juni 1990. Særlig gjelder dette for når og hvor fisk og skalldyr kan utnyttes til mat uten restriksjoner. Spørsmålet om aktuelle utvidelser er vurdert og begrunnet i forbindelse med de avsluttende kommentarer i kap. 6.

2. BAKGRUNN OG FORMÅL

De markerte og varierte forurensningspåvirkningene i Frierfjorden med tilgrensende fjorder og kystfarvann (fig. 1) er beskrevet i en rekke rapporter etter basisundersøkelsen 1974 - 1977 (Molvær et al., 1979). Fra 1980 har de fleste undersøkelsene inngått i Statlig program for forurensningsovervåking, mens en del spesialundersøkelser er utført for Hydro Rafnes og Hydro Porsgrunn (se bl.a. Rygg, 1988, Skei, 1989 m/ref. og Knutzen og Oehme, 1990). En sammenstilling av forurensningstilførslene pr. 1988 finnes hos Ibrek og Rasmussen (1989 - bemerk at PAH-data gjelder 1987).

Hydro Porsgrunn har siden 1977 hatt et eget overvåkingsprogram for heksaklorbenzen m.v. i blåskjell fra innerst i Brevikfjorden, i de senere år utvidet til å omfatte lokaliteter i ytre del av Grenlandsfjordene og sydover langs Telemarkskysten (Jarandsen, 1990). Hovedresultatene fra disse undersøkelsene omtales kort i kap. 4.2.

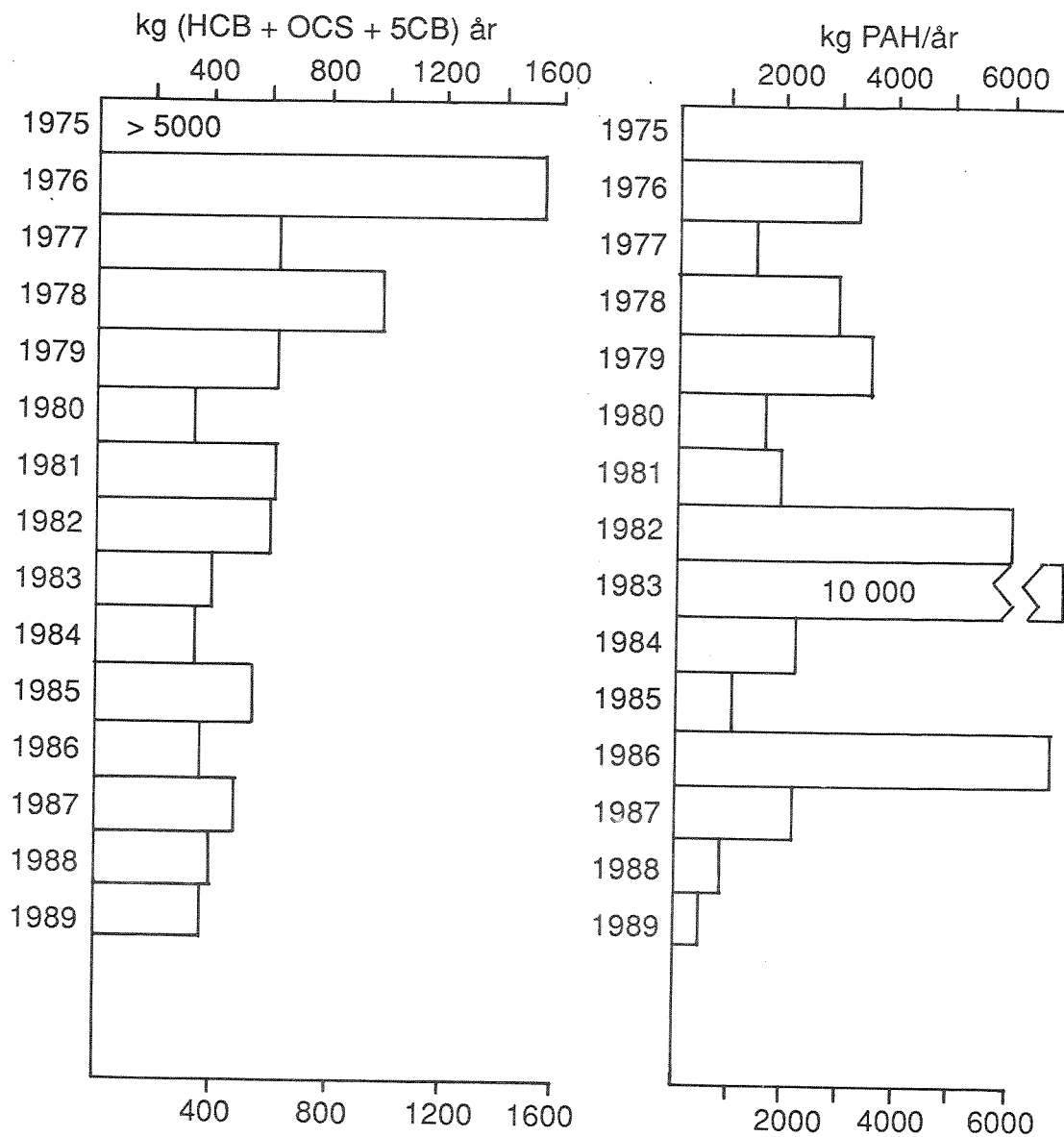
I 1986 var Frierfjorden med tiliggende områder tema for et eget forurensningsøkologisk arbeidssymposium, med omfattende observasjoner i felt og modelløkosystemer av kjemiske, biokjemiske, fysiologiske og histopatologiske variable, samt studier av bløtbunnsfaunaens sammensetning (Bayne et al., 1988).

Hovedproblemet i fjorden har vært utslippene av tungt nedbrytbare og bioakkumulerende klororganiske stoffer fra Hydro Porsgrunns magnesiumfabrikk (fig. 2), samt utslippene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra Elkem/PEA.

Tidligere var også utslippene av kvikksølv fra Hydros kloralkali-fabrikk på Herøya direkte årsak til begrensninger på bruken av fisk fra Frierfjorden. Siden denne fabrikken ble nedlagt i 1987, er det beregnet at Frierfjorden mottar mindre enn 10 kg kvikksølv pr. år, vesentlig fra det som er lagret i de industriforurensede sedimentene i Gunnekleivfjorden (Skei, 1989), mens mindre mengder tilføres fra forurensede nærområder og ved intern belastning fra sedimenter i Frierfjorden. Muligens skjer hovedtilførselen av kvikksølv nå diffust fra nedbørfeltet til Skienselva. (Dermed kan spørsmålet om graden av kvikksølvforurensning i nedbørfeltet komme til å ha betydning for kvikksølvinnholdet i Frierfjordfisk).



Figur 1. Kart over Grenlandsfjordene og Telemarkskysten med stasjoner for innsamling av blåskjell.



Figur 2. Utslipp til Skienselva og Frierfjorden av utvalgte hovedkomponenter av klorerte hydrokarboner (sum HCB/OCS/5CB) og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) 1976 - 1989. HCB = heksaklorbenzen. OCS = oktaklorstyren. 5CB = pentaklorbenzen.

Belastningen med gjødselsstoffer (fosfor- og nitrogenforbindelser) og organisk materiale er stor, med Hydro Porsgrunn som dominerende kilde for nitrogen, mens henholdsvis kloakkvann og Union Bruk bidrar mest med fosfor og organisk stoff (Ibrekk og Gulbrandsen, 1989).

Formålet med overvåkingen er å følge utviklingen i overgjødslingsgrad og miljøgiftnivåer; særlig mht. effekter av tiltak. Dette gjøres med henblikk på å forutsi hvordan og hvor fort fjordområdet kan restaureres ved alternative virkemidler. En slik tiltaksanalyse er igang og benytter bl.a. inngangsdata fra overvåkingen. Den statlige overvåkingen suppleres dessuten av spesielle undersøkelser vedrørende forekomst, spredning og transport/omsetning av "dioksiner" (polyklorerte dibenzofuraner og dibenzo-p-dioksiner, kfr. Knutzen og Oehme, 1990). I denne forbindelse er det igang utvidet kartlegging og forsøk med utlekking fra sedimenter og opptak i organismer. Dioksinundersøkelsene utføres for Hydro Porsgrunn i samsvar med pålegg fra SFT.

Det statlige overvåkingsprogram omfatter observasjoner relatert til miljøgifter utenom dioksiner og til overgjødslingen. Foreliggende rapport omhandler torskinnhold av kvikksølv og av hovedkomponenter av klororganiske stoffer i avløpet fra Hydros magnesiumfabrikk. I tillegg måles PAH-innholdet i blåskjell. Undersøkelsene er i henhold til undersøkelsesprogrammet for 1989 (Rygg og Molvær, 1989) og slik disse forhold er blitt fulgt en årrekke (Rygg, 1989 med ref.).

I 1988 startet et 3-års program for undersøkelse av overgjødslingseffekter. Foruten vannutskifting, konsentrasjon av plantenæringsstoffer og andre vannkvalitetsvariable, omfatter observasjonene organisk belastning fra sedimenterende materiale, biomasse av planteplankton, undersøkelse av begrensende faktorer for algevekst, studier av gruntvannssamfunn og utvikling av en modell for næringssaltomsetning og vannkvalitet. Resultatene fra eutrofiprogrammet vil bli presentert i en rekke delrapporter og en sammendragsrapport i løpet av 1990.

3. MATERIALE OG METODER

3.1. Fisk

Det er samlet inn vel 50 torsk fra Frierfjorden og 10 torsk fra Eidangerfjorden i november 1989 (fig. 1). Disse er analysert individuelt på heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS) og dekaklorbifenyl (DCB) i lever og på innhold av kvikksølv i filet.

Måling av lengde og vekt, prøveopparbeidelse og analyser er som tidligere ved Veterinærinstituttet. Fiskens lengde og vekt fremgår av vedleggstabell A7. I tabell 1 er vist det totale antall torsk fra Frierfjorden som det nå foreligger data for.

Tabell 1. Samlet materiale av torsk fra Frierfjorden til og med 1989.

Variabel:	Antall fisk med verdi på denne variabelen:
Vekt	882
HCB i lever	755 (fra 1975)
OCS i lever	755 (fra 1975)
DCB i lever	637 (fra 1975)
Hg i filet	881 (fra 1968)

3.1.1 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.

3.1.2 Vektkorrigerings

Under stasjonære forhold har tidligere undersøkelser vist en positiv sammenheng mellom konsentrasjon og vekt, vanligvis lineært i log-skala. Det kan være bedre sammenheng mellom konsentrasjon og alder enn mellom konsentrasjon og vekt, men det er for få fisk hvor alder er oppgitt i det materialet som finnes. For hver årsperiode er det beregnet regresjon av $\log_{10}(\text{kons})$ mot $\log_{10}(\text{vekt})$. Midlere regresjons-koeffisient over alle år for denne sammenhengen er deretter beregnet som veiet middel over årskoeffisientene. Hver årskoeffisient er gitt en vekt $1/SD^2$, hvor SD = standardavvik for årsverdien på

regresjons-koeffisienten. 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. Vektkorrigeringen 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 utvidede datasettet gir forholdsvis små endringer i vektkorrigeringen fra 1988:

$$\log(\text{HCB}) = \log(\text{HCB}_1) + 0.83 \log(\text{vekt}) \quad \text{endret fra } 0.84$$

$$\log(\text{OCS}) = \log(\text{OCS}_1) + 0.82 \log(\text{vekt}) \quad \text{endret fra } 0.83$$

$$\log(\text{DCB}) = \log(\text{DCB}_1) + 0.62 \log(\text{vekt}) \quad \text{endret fra } 0.64$$

$$\log(\text{Hg}) = \log(\text{Hg}_1) + 0.53 \log(\text{vekt}) \quad \text{ikke endret.}$$

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

Det er gjort variansanalyse på $\log(\text{vekt})$ for å se mulige systematiske forskjeller i fiskestørrelse mellom ulike år, og om det i tilfelle kan ha sammenheng med de observerte konsentrasjonene av kvikksølv (Hg), heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS) og dekaloribifenyli (DCB). Av vedleggstabell A9 fremgår variasjoner i fiskens gjennomsnittsvekt ($\log_{10}(\text{vekt})$) og lengde for tiden 1968 - 1989. Gjennomsnittsvekten lå lavere i perioden før 1975 sammenlignet med etterfølgende år, bortsett fra 1986. Variasjonene i gjennomsnittsvekt viste ingen markert sammenheng med variasjonene over tid i verdiene for Hg, HCB, OCS eller DCB.

3.2 Blåskjell

I likhet med forrige år er det i mars, juli og oktober 1989 samlet inn ca. 50 blåskjell til PAH-analyse på blandprøver fra stasjonene:

- Croftholmen ved Brevik,
- Indre del av Langangsfjorden,
- Helgeroa,
- Klokkertangen mellom Langesund og Kragerø,

- Kreppa ved Kragerø.

Beliggenheten av stasjonene fremgår av fig. 1.

Skjellene var stort sett i størrelse 5 - 6 (4 - 7) cm.

Analysene er foretatt ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne og masseselektiv detektor ved NIVA.

4. MILJØGIFTER I BLÅSKJELL

4.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Hovedresultatene fra overvåkingen 1980 - 1986 er vist i tabell 2, mens data fra 1987 - 1989 er vist mer detaljert i tabell 3. Rådata fra analyser i 1989 finnes i vedleggstabellene A1 - A3 og A4 - A6 (reanalyser). Av vedleggstabellene fremgår registrerte konsentrasjoner av enkeltforbindelser og sum KPAH (potensielt kreftfremkallende PAH).

Av tabell 2 ses at i 1985 - 86 var det hyppigere prøvetaking enn i de senere år. Erfaringene fra denne 2-års perioden var betydelige variasjoner gjennom året, vanligvis med de høyeste konsentrasjonene om våren (Rygg et al., 1986, 1987). Årsaken til variasjonene er ikke oppklart, men reduksjon av skjellenes PAH-innhold etter gyting (som mest finner sted i april - mai) er sannsynligvis en av faktorene som gir utslag (Rygg et al., 1986). Ellers kan ujevne utslipp, variasjoner i belastning pga. hydrografiske forhold og muligens også episodisk påvirkning fra tilfeldige kilder spille en rolle.

Tabell 2. Medianverdier av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene 1980 - 1986. n=antall analyser. Forskjellige årstider er slått sammen.

År	Brevik ¹⁾	Langesundsfj.	Helgeroa	Åbyfjord
1980-84	21.5 (n=8)	11.8 (n=8)	4.9 (n=8)	- (n=0)
1985	33.6 (n=11)	33.6 (n=10)	7.8 (n=11)	4.0 (n=4)
1986	27.2 (n=14)	21.8 (n=10)	3.3 (n=9)	2.2 (n=6)
Totalt	30.7 (n=33)	24.4 (n=28)	6.2 (n=28)	2.8 (n=10)

¹⁾ Øya, Brevik 1980 - 1984, fra 1985 Croftholmen.

Tabell 3. Konsentrasjoner av PAH i blåskjell (mg/kg tørrvekt) i Grenlandsfjordene og på strekningen mot Kragerø 1987 - 1989. For 1989 er oppført høyeste konsentrasjoner av to parallellanalyser (se tekst og kfr. vedleggstabellene A1 -A3 med A4 - A6).

Dato	Croftlm v/Brevik	Langangs- fjorden	Helgeroa	Klokker- tangen	Kreppa v/Kragerø
29.4-1.5.87	39.3	6.9	11.3	8.6	6.7
5.8-7.8.87	6.7	0.6	1.3	1.4	0.7
6.11.8.11.87	15.8	5.1	2.5	3.0	4.6
22.3-23-3-88	20.2	6.7	5.3	6.3	5.7
15.7-17.7.88	9.8	1.1	2.1	1.1	1.5
8.10.88	5.8	0.3	0.7	0.4	0.4
11.-12.3.89	7.4	2.4	2.1	0.9	1.0
15.7.89	~0.7?	~0.1?	~0.17?	~0.15?	~0.16?
14.10.89	~1.0?	~0.9?	~0.09?	~0.31?	~1.0?

Av tabell 3 ses at det i 1989 overveiende er registrert lavt eller bare moderat forhøyet PAH-innhold i blåskjell. Uheldigvis hefter det betydelig usikkerhet ved resultatene. De opprinnelige analyseutskriftene (vedleggstabellene A1 - A3) viste til dels ekstremt lave konsentrasjoner - mindre enn 1/10 av det som har vært oppfattet som et "høyt bakgrunnsnivå" - dvs. 0.1 - 0.2 mg PAH/kg våtvekt (~0.5 - 1.0 mg/kg tørrvekt); se sammenstilling av Knutzen (1989a) og nyere data fra et antatt lite/moderat belastet område av Østersjøen hos Broman et al. (1990). Fordi det var grunn til å tro at det var skjedd noe galt med prøvene under opparbeidelsen, ble hele serien av prøver - 15 stk. - reanalysert (fra nye subprøver av homogenisatet). Imidlertid viste resultatene fra reanalysene (vedleggstabellene A4 - A6) også delvis usedvanlig lave konsentrasjoner, dvs. nivåer så lave at tilsvarende ikke har vært registrert i Norge tidligere (Knutzen, 1989a).

Så lave konsentrasjoner er lite trolige i en PAH-resipient selv om belastningen er redusert fra 1988 til 1989 (fig. 1). Dette er grunnen til at det i tabell 3 brukes den høyeste av de oppnådde verdier fra parallellanalysene. Tross reanalyser og gjennomgang av prosedyrer er forholdet foreløpig ikke oppklart. Det som foreløpig kan sies er derfor bare at PAH-innholdet i blåskjell trolig har avtatt på alle

stasjoner, mens en nærmere karakteristikk av nåværende tilstand må utstå til man får data fra 1990. Tallene fra mars 1989 (tabell 3) kan formodes å være de som best gjenspeiler den reelle situasjon.

4.2 Klororganiske forbindelser

Hydro Porsgrunns ca. månedlige analyser av blåskjell fra Croftholmen ved Brevik viste i 1989 et midlere innhold av vel 0.5 mg/kg tørrvekt av HCB, mens innholdet av 5CB, OCS og DCB lå omkring en størrelsesorden lavere (5CB) eller enda lavere (Jarandsen, 1990). Et slikt HCB-innhold (tilsvarende 0.05 - 0.1 mg/kg friskvekt) ligger i størrelsesordenen 200 - 500 ganger det diffuse bakgrunnsnivået (dvs. utenfor innflytelse av kjente punktkilder) i henhold til senere års observasjoner fra Statlig program for forurensningsovervåking (se f.eks. Knutzen, 1986, 1989b og Skei et al., 1989, dessuten Martin og Castle, 1984, Phelps et al., 1986 og Ernst, 1986).

Fra denne overvåkingen (Jarandsen, 1990) kan man ellers notere seg følgende:

- HCB-nivået avtar markert med økende avstand fra utslippet, men viser fremdeles overkonsentrasjoner i størrelsesordenen 20 - 50 ganger ved Klokkertangen og Kreppa (fig. 1).
- Ingen tendens til lavere HCB-innhold 1976 - 1989 etter brå minskning 1975 - 1976 i forbindelse med sterkt reduserte utslipp fra magnesiumfabrikken i 1975 (snarere et uforklart mindre hopp i nivået fra 1976 - 1981 til det som er målt 1982 - 1989).
- Det bemerkelsesverdige i at OCS-nivået har ligget på under deteksjonsgrensen (ca. 2 µg/kg friskvekt, kfr. Jarandsen, 1990). Tilnærmet proporsjonalitet med belastningens forholdsmessige sammensetning (OCS ca. 1/10 av HCB-tilførslene) skulle ha gitt OCS-konsentrasjoner i skjell fra Croftholmen i størrelsesordenen 10 µg/kg friskvekt. Ved eksperimentene til Bauer et al. (1989a, b) ble det riktignok registrert vesentlig lavere biokonsentrasjonsfaktor for OCS enn for HCB (ca. 200 mot ca. 1000?), mens Russel og Gobas (1989) fant omvendt i en annen muslingart (biokonsentrasjonsfaktorer på ca. 3700/14500 hhv. for HCB og OCS). Derimot fant både Bauer et al. (1989a, b) og Russel og Gobas (1989) at OCS ble langsommere omsatt (Bauer et al.) eller utskilt (Russel og Gobas) enn HCB. Sistnevnte forfattere fant halveringstider på ca. 4 og ca. 10 dager hhv. for HCB og OCS. (At HCB skilles raskt ut av blåskjell ble forøvrig allerede konstatert av Böckmann et al., 1976).

5. MILJØGIFTER I FISK

Rådata for disse analyser er gitt i vedleggstabell A7, sammen med data for lengde og vekt av hver enkelt fisk.

5.1 Torsk fra Frierfjorden

Enkeltresultatene fra 1989 er stilt sammen i vedleggstabell A7 og jevnført med middelverdier fra tidligere år i vedleggstabell A8.

Av fig. 3 - 6 ses at det ikke har skjedd vesentlige forandringer siste år i nivåene av Hg i filet (fig. 3) eller HCB/OCS/DCB i lever (fig. 4/5/6). Fra 1988 til 1989 ble det registrert en signifikant nedgang i kvikksølvkonsentrasjonen og økning i HCB-innholdet. Imidlertid bør dette trolig mest ses i sammenheng med fiskens vandringer (Gramme et al., 1984). Større endringer kan ikke ventes før i 1990, etter de betydelige reduksjonene i utslipp av klorerte hydrokarboner fra Hydro Porsgrunns magnesiumfabrikk ved årsskiftet 1989 - 90 (ca. 50%) og siden fra juni 1990 (minst 95% reduksjon i utslipp til vann sammenlignet med tidligere).

Av fig. 3 ses at kvikksølvinnholdet i de siste seks årene stort sett har variert i området 0.25 - 0.40 mg/kg, uten noen bestemt tendens til nedgang etter 1983. Samholdt med at kvikksølvbelastningen fra 1981 må antas å ha vært meget moderat jevnført med tidligere (Rygg et al., 1987, Skei et al., 1990) kan denne manglende eller svake respons på reduserte tilførsler være betenkelig i relasjon til målet om restriksjonsløs bruk av fisk til konsum (kfr. mål i "Grenlandspakken" og Knutzen, 1990).

De siste 5 års HCB-innhold i lever av Frierfjord-torsk (fig. 4) representerer overkonsentrasjoner - jevnført med et "bakgrunnsnivå" bare forårsaket av diffus belastning (Ernst, 1986, de Boer, 1989 (nordlige Nordsjøen), Knutzen, 1987, Green, 1988, (Orkdalsfj.), Knutzen et al., 1988 (Ny Hellesund)) - i størrelsesordenen 200 - 500 ganger, m.a.o. omtrent det samme som i blåskjell fra Croftholmen (kap. 4.2).

Nivået av oktaklorstyren har de siste årene ligget på 20 - 30mg/kg (fig. 5), mens innholdet av OCS i lever av torsk fra industrifjerne farvann (Grønland) er målt til < 1µg/kg friskvekt. I Nordsjøen og særlig i Tyskebukta er målt vesentlig høyere konsentrasjoner: hhv. 2 - 27 og 20 - 67 µg/kg (Ernst et al., 1984) Tydelig forskjell mellom sydlige/sentrale Nordsjøen og nordlige Nordsjøen er også påvist av de Boer (1989): hhv. ca. 20 - 100 og ca. 2 - 15 µg/kg. Torskelever fra

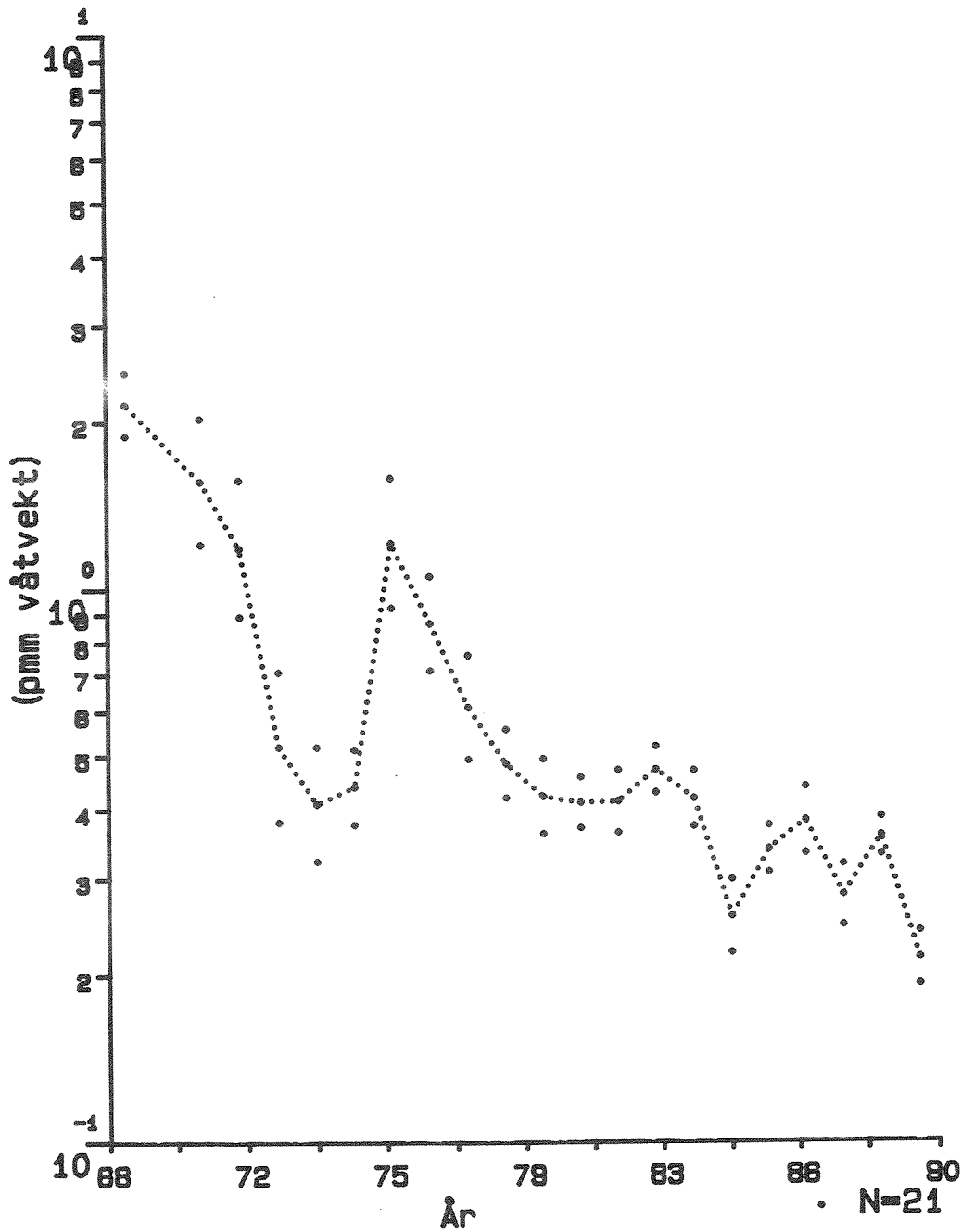
Ny Hellesund viste et OCS-innhold på vel 5 µg/kg friskvekt, men kan muligens være noe påvirket fra utslipp i Kristiansandsfjorden og hadde dessuten uvanlig lavt fettinnhold (Knutzen et al., 1988). Annet sammenligningsmateriale fra norskekysten er ikke tilgjengelig.

Anslås "bakgrunnsnivået" av OCS i torskelever fra Skagerrak-kysten å være 2 - 5 µg/kg friskvekt, viser Frierfjord-torsken overkonsentrasjoner i størrelses-ordenen 5000 - 10000 ganger, dvs. vesentlig mer enn HCB. I betraktning av at det har vært sluppet ut 5 - 10 ganger mer HCB enn OCS, indikerer dette at OCS akkumulerer vesentlig mer effektivt enn HCB (kfr. omkring dobbelt så lang halveringstid i regnbueørret observert av Norheim og Roald, 1985).

NIVA: 1990-4 -90

Hg - torskefilet

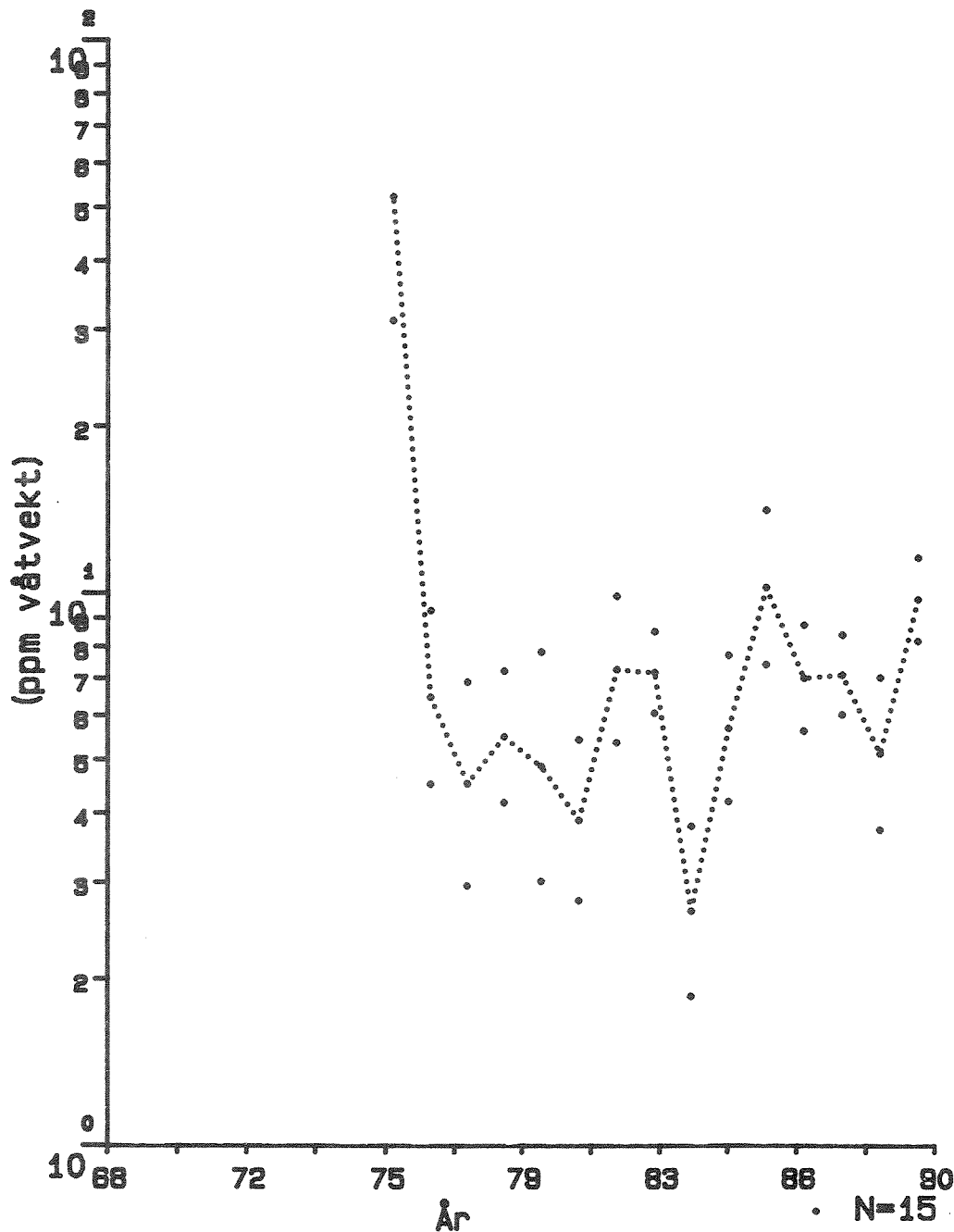
1968 - 1989



Figur 3. Kvikksølv i filet av torsk fra Frierfjorden 1968 - 1989, mg/kg våtvekt. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

HCB - torskalever

1975 - 1989

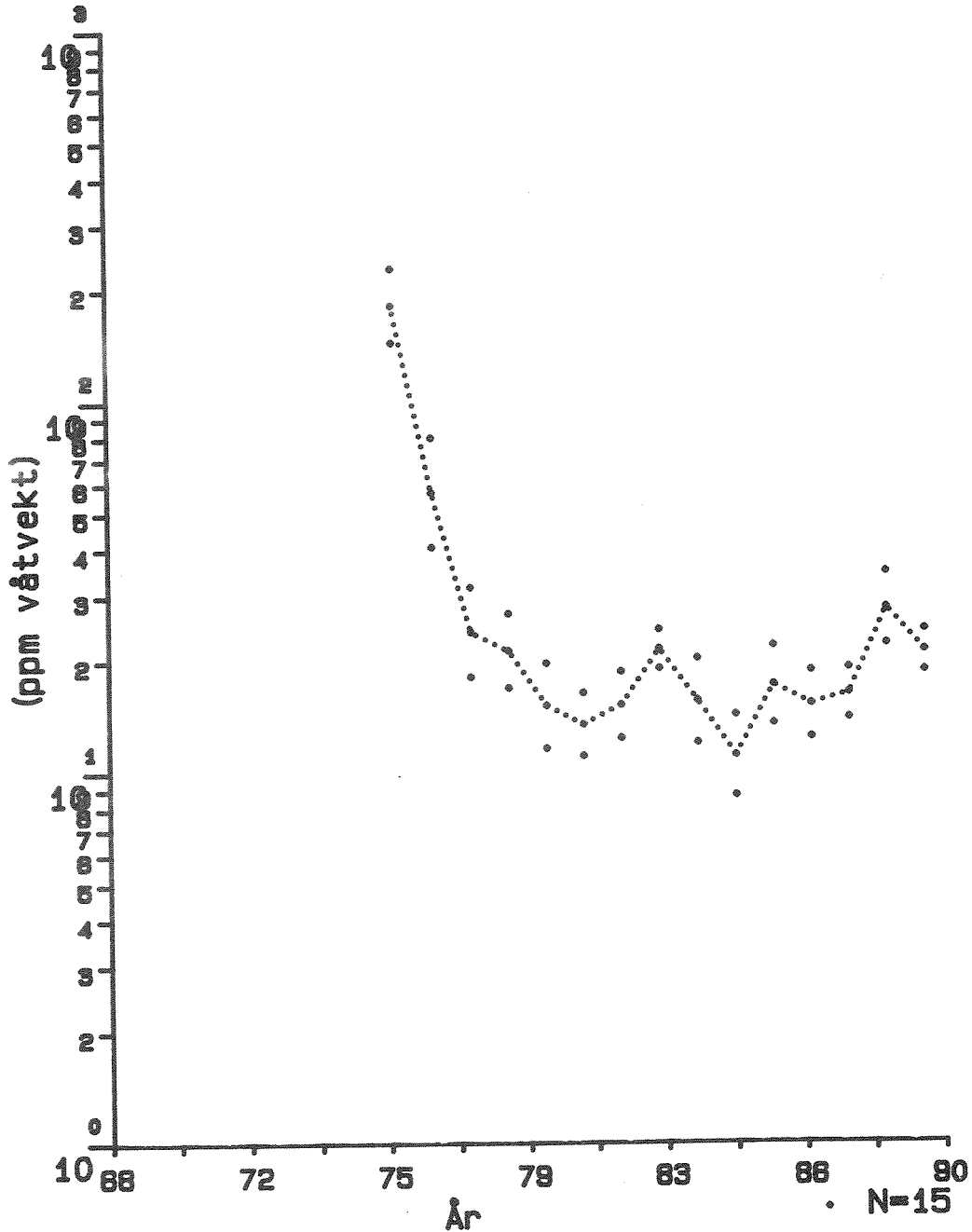


Figur 4. Heksaklorbenzen i lever av torsk fra Frierfjorden 1975 - 1989, mg/kg våtvekt. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

NIVA: 1980-4 -30

OCS - torskelever

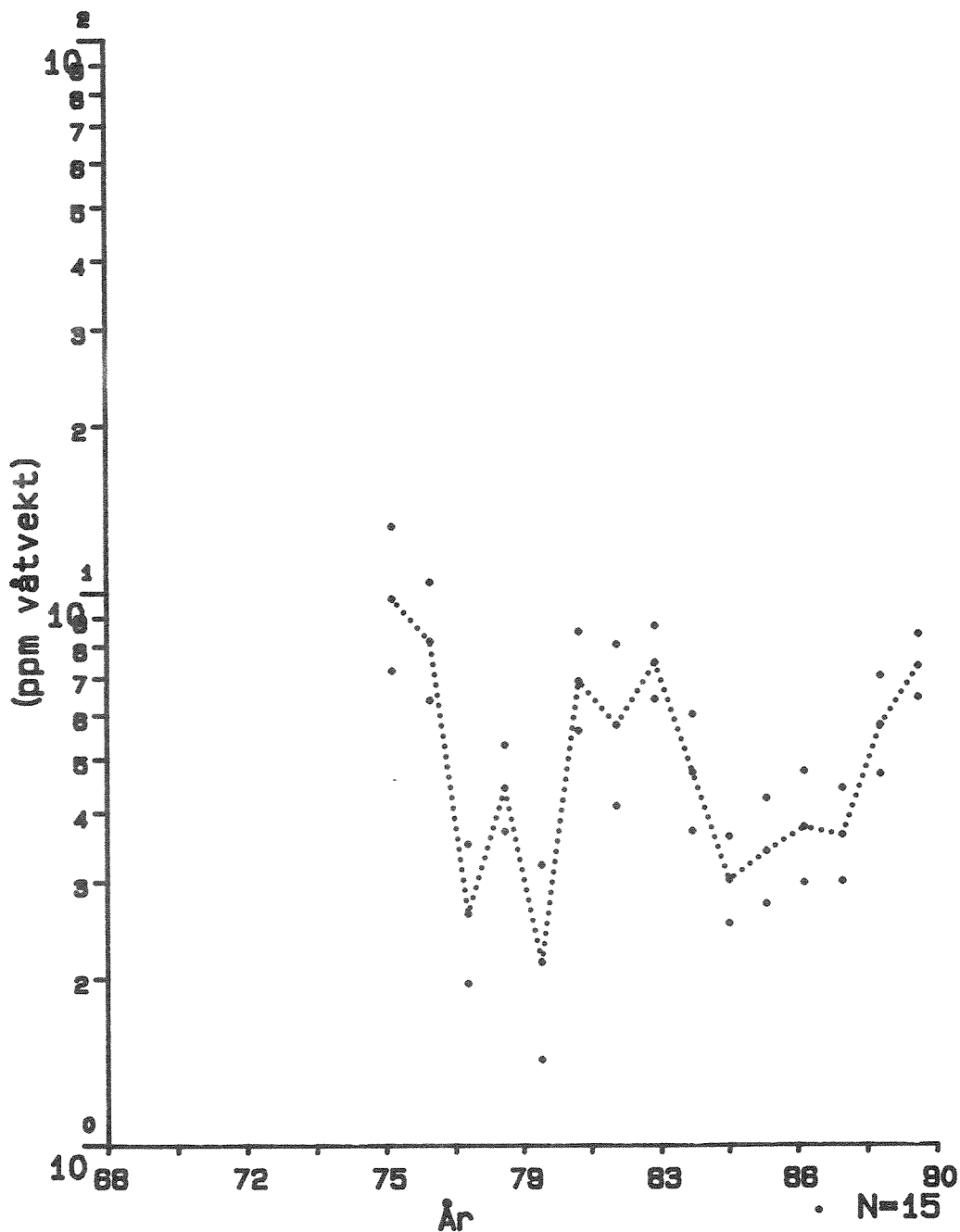
1975 - 1989



Figur 5. Oktaklorstyren i lever av torsk fra Frierfjorden 1975 - 1989, mg/kg våtvekt. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

DCB - torskelerver

1975 - 1989



Figur 6. Dekaklorbifenyl i lever av torsk fra Frierfjorden 1975 - 1989, mg/kg våtvekt. Årsgjennomsnitt og 95% konfidensintervall, omregnet til "normalfisk" på 1 kg.

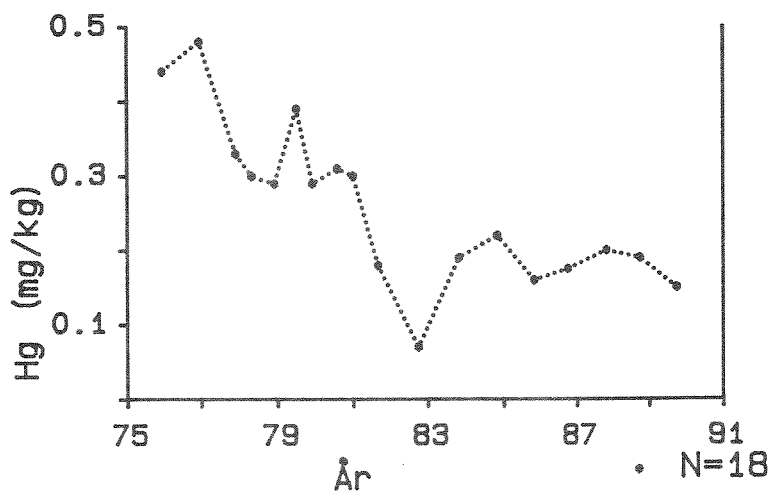
5.2 Torsk fra Eidangerfjorden

Sammendrag av resultatene er vist i fig. 7 - 8 i form av ikke vektkorrigerede medianverdier. For rådata henvises til vedleggstabell A7.

Av figurene 3 og 7 ses at kvikksølvnivået i Eidangerfjord-torsk lå på omkring halvparten av konsentrasjonen i Frierfjord-fisk - med forbehold for manglende vektkorrigerering av Eidangerfjord-data. HCB-konsentrasjonene lå på omkring 1/10 av det som ble observert i Frierfjord-torskens lever (sammenlign fig. 4 og fig. 7). Tilsvarende jevnføring for OCS og DCB gir forholdstall på hhv. ca. 1/5 og ca. 1/3 (kfr. fig. 5 - 6 med fig. 8). De høyere forholdstallene for HCB enn OCS og DCB kan igjen være et vitnesbyrd om den lettere omsettelighet og utskillelse av HCB.

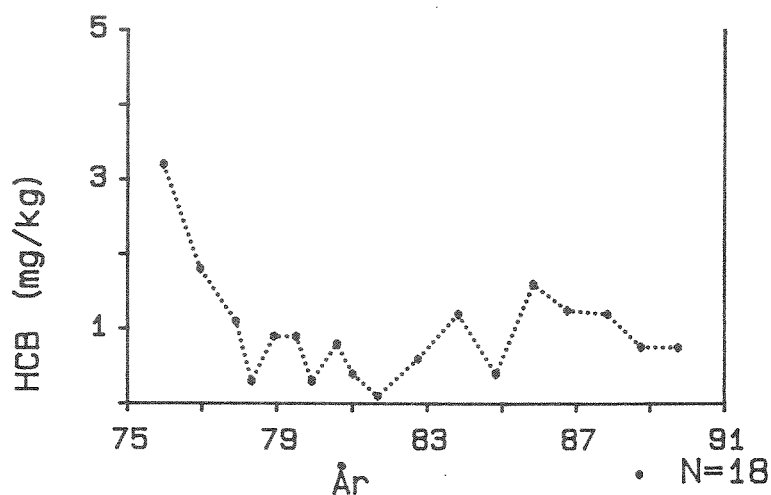
NIVA: 1990-5 -3

Kvikksølv i torsk



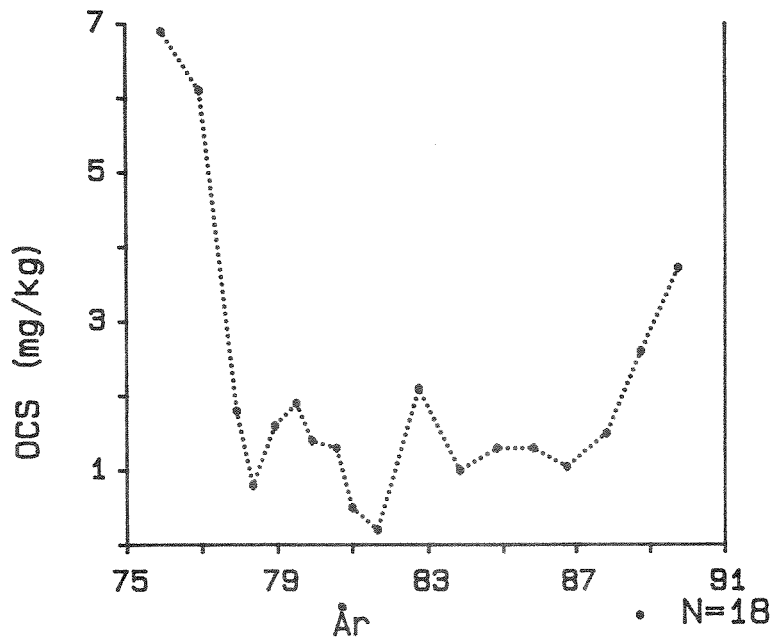
NIVA: 1990-5 -3

Heksaklorbenzen i torsk



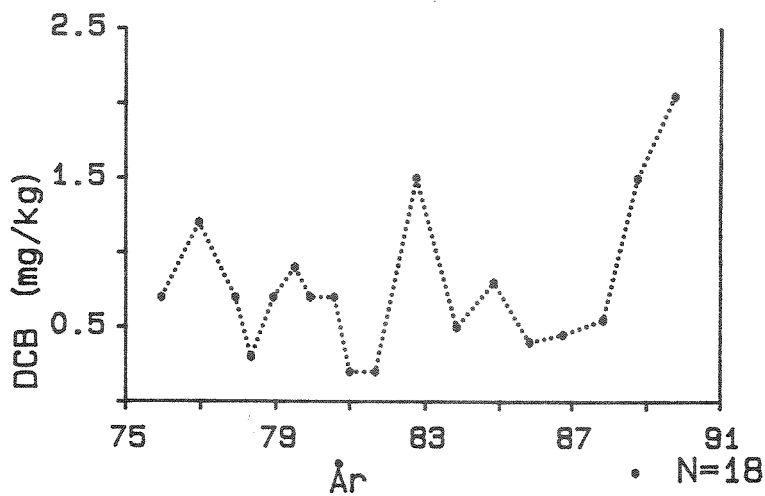
Figur 7. Medianverdier for kvikksølv i filet og heksaklorbenzen i lever av torsk fra Eidangerfjorden 1975 - 1989, mg/kg våtvekt. Ikke korrigeret for fiskens vekt.

Oktaklorstyren i torsk



NIVA: 1990-5 -3

Dekaklorbifenyl i torsk



Figur 8. Medianverdier for oktaklorstyren og dekaklorbifenyl i lever av torsk fra Eidangerfjorden 1975 - 1989, mg/kg våtvekt. Ikke korrigert for fiskens vekt.

6. AVSLUTTENDE KOMMENTARER

Miljøgifter i Grenlandsfjordene er for tiden gjenstand for i hvert fall fire større undersøkelser som i stor grad har overvåkingskarakter eller vil gi resultater av relevans for overvåkingsformål:

- Foreliggende rapport er et ledd i den årlige miljøgiftovervåkingen i regi av Statlig program for forurensningsovervåking (HCB, etc. og kvikksølv i fisk, analysert ved Veterinærinstituttet, PAH i blåskjell, analysert ved NIVA).
- Hydro Forskningscenters overvåking av HCB, etc. i blåskjell (Jarandsen, 1990).
- JMG-overvåking (Joint Monitoring Group) i Oslofjordområdet, bl.a. Bjørkøya i Brevikfjorden (fig. 1), av utvalgte PCB-isomere, HCB, DDE, kvikksølv, bly, kadmium og andre metaller i blåskjell (Green et al., 1988 og upubl data), analyser ved Senter for industriforskning (PCB) og NIVA (metaller).
- Særlige referanse- og overvåkingsstudier av dioksiner i organismer og sedimenter for Hydro Porsgrunn etter pålegg fra SFT (kfr. Knutzen og Oehme, 1990), analyser ved NILU (Norsk institutt for luftforskning). Sedimentdelen av denne undersøkelsen vil også gi ajourførte data for PAH og kvikksølv.

I tillegg til dette kan komme aktuelle spesialstudier av hvordan klororganiske stoffer sprer seg gjennom akvatiske næringskjeder til fiskeetende fugl og pattedyr.

Så vidt mange delvis uavhengige undersøkelser gjør det sterkt ønskelig med samordning av innsatsen. Ett av problemområdene er sammenlignbarhet av data fra analyser ved ulike laboratorier, som tilsier at en del av disponible ressurser går til interkalibreringsrutiner. Et annet felt av interesse er sammenheng mellom ulike variable innen gruppen av klororganiske forbindelser. Hvis det kunne etableres pålitelige sammenhenger av denne karakter, gir det muligheter for å forenkle overvåkingen (alternativt bedre innsikt i stoffenes mulige forskjelligartede opptreden i omgivelsene).

Tiltaksanalysen for Grenlandsfjordene (Fylkesmannen i Telemark, Miljøvern avdelingen) beror på eksisterende tilgjengelige data. Selv om datatilfanget er stort etter en årrekkes undersøkelser, er det åpenbare hull i kunnskapene om tilstanden, f.eks. i relasjon til å kunne si om, når og i hvilke delområder "fisk og skalldyr skal kunne

brukes som menneskemat uten restriksjoner". Operasjonelle kriterier for oppfyllelse av dette mål behøver data om kvikksølv, dioksiner, andre persistente klororganiske forbindelser og PAH også i andre arter enn torsk, blåskjell og krabbe.

Videre mangler det data for en rekke andre persistente klororganiske (og bromorganiske?) stoffer enn de som hittil har vært i fokus. En del av disse har vært (antatt) mindre fremtredende komponenter i avløpsvannet fra Hydro Porsgrunns magnesiumfabrikk (kanskje primært polyklorerte naftalener). Andre er det fra før indikasjoner på at opptrer i moderate overkonsentrasjoner i Frierfjorden (PCB), mens grupper som toksafen, chlordan m.v. ikke er blitt gjenstand for registrering. Analyse på innholdet av sumvariable som EPOCl/EPOBr (ekstraherbart persistent organisk bundet klor/brom) ville gi indikasjoner på totalbelastningen med slike stoffer.

Det er også behov for sonderende undersøkelser av PAH i fisk, spesielt flyndrearter og ål. Nedenstående tabell oppsummerer det antatte databehov for at de foreslåtte målkriterier innen tiltaksanalysen skal kunne bli operasjonelle og gi en geografisk oppløsning som i hvert fall dekker forholdene henholdsvis i Frierfjorden og utenfor Brevikterskelen. Forøvrig henvises til mer detaljert utredning i Knutzen (1990). Programforslaget er ment for 1991 og 1992 med etterfølgende vurdering av om det ikke kan være tilstrekkelig med oppfølging hvert 2. eller 3. år. En del av det skisserte behovet vil forøvrig dekkes gjennom overvåkingsprogrammet som går inneværende år.

Tabell 4. Sammendrag av forslag om analyseprogram for miljøgifter i organismer med henblikk på tiltaksanalysen for Grenlandsfjordene (Knutzen, 1990b).

ORGANISMER	PRØVESTEDER ¹⁾ /OBS.FREKVENS ²⁾	ANALYSER
FISK		
Torsk	Frierfj., (Eidangerfj.), Brevikfj. (Langesundsbukta?)	PCDF/PCDD, HCB m.v 4) Hg, PAH.
Skrubbe/rødspette ³⁾	Frierfj., Brevikfj. (Langesundsbukta?)	" " " " " "
Sjørørret	" " " " " " " " " "	" " " " " "
Ål	" " " " " " " " " "	" " " " " "
Smørfllyndre	Brevikfj. (Langesundsbukta?)	" " " " " "
Sild/brisling ³⁾	(Frierfj.? ⁵⁾), Brevikfj., (Langesundsbukta?)	" " " " " "
Makrell	" " " " " " " " " "	" " " " " "
SKALLDYR		
Reker	Brevikfjorden	" " " " " "
Krabbe (smør)	Frierfj., Brevikfj., Langesundsbukta	" " " " " "
Blåskjell	Brevikfj. ⁶⁾ , Langesundsfj. ⁷⁾ (Dypingen), Helgeroa ⁷⁾	" " " " " "
Andre muslinger? ⁸⁾	Brevikfj.	HCB, etc., PAH

1) Bare hovedomr. Prøvesteder fortrinnsvis ved tidligere overvåking eller andre undersøkelser. Om også hovedomr. i parentes (?) skal med vurderes nærmere.

2) Årlig, hvis ikke annet er nevnt.

3) Alternative arter.

4) HCB, 5CB, OCS, DCB, EPOCl, EPOBr.

5) Usikker opptreden.

6) Månedlig for HCB, etc. og PAH, årlig for kvikksølv og dioksin.

7) 3 ganger pr. år for PAH og HCB, etc., årlig for dioksin og kvikksølv.

8) Behovet vurderes nærmere.

7. LITTERATUR

- Bauer, I., K. Weber og W. Ernst, 1989a. Metabolism of octachlorostyrene in the blue mussel (Mytilus edulis). Chemosphere 18: 1573-1579.
- Bauer, I., S. Weigelt og W. Ernst, 1989b. Biotransformation of hexachlorobenzene in the blue mussel (Mytilus edulis). Chemosphere 18: 1701-1707.
- Bayne, B.L., K.R. Clarke og J.S. Gray (red.), 1988. Biological effects of pollutants. Results of a practical workshop. Mar.Ecol.Progr.Ser. 46. MEPS Special, Book Version Inter-Research 1988.
- Boer, J. de, 1989. Organochlorine compounds and bromodiphenylethers in livers of Atlantic cod (Gadus morhus) from the North Sea, 1977 - 1987. Chemosphere 18: 2131-2140.
- Broman, D., C. Näf, I. Lundberg og Y. Zebühr, 1990. An in situ study on the distribution, biotransformation and flux of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an aquatic food chain (seston - Mytilus edulis L. - Somateria mollissima L.) from the Baltic: An ecotoxicological perspective. Environ.Toxicol.Chem. 9: 429-442.
- Böckmann, O.C., J.A. Crowo, S.T. Falck og J.G. Johansen, 1976. Heksaklorbenzen og andre halogenerte organiske forbindelser. Resultater fra arbeidet med eliminering av et miljøproblem. S. 349-362 i Organiska miljögifter i vatten. 12. Nordiska symposiet om vattenforskning, Visby 11-13. mai 1976. NORDFORSK, Miljövårdssekretariatet. Publ. 1976:2.
- Ernst, W., 1986. Hexachlorobenzene in the marine environment: distribution, fate and ecotoxicological aspects. S. 211-222 i C.R. Morris og J.R.P. Cabral (red.): Hexachlorobenzene: Proceedings of an international symposium. Lyon 24-28. juni 1985. IARC Scientific Publications No. 77. Lyon.
- Ernst, W., W. Weigelt og K. Weber, 1984. Octachlorostyrene - a permanent micropollutant in the North Sea. Chemosphere, 13: 161-168.

- Gramme, P.E., G. Norheim, B. Bøe, B. Underdal og O.C. Böckman, 1984. Detection of cod (Gadus morhua) subpopulations by chemical and statistical analysis of pollutants. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 13: 433-440.
- Green, N., 1988. Felles overvåkingsgruppen (JMG)-Norge. Overvåking av miljøgifter i sjøvannsmiljø. Oslofjord-området, Sørfjorden, Hardangerfjorden og Orkdalsfjord-området 1984 - 1985. Rapport 308/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-80106 (l.nr. 2139). 76 s.
- Green, N. m.fl., 1988. "Joint Monitoring Group" (JMG). Felles monitoring program for Norge: Oslofjordområdet, Sørfjorden, Hardangerfjorden og Orkdalsfjorden. Programforslag for 1989.
- Ibrekk, H.O. og R. Gulbrandsen, 1989. Overvåking av Grenlandsfjordene. Delprosjekt: Forurensningstilførsler. Rapport 356/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000371 (l.nr. 2253). 36 s.
- Jarandsen, B., 1990. Klorerte hydrokarboner i blåskjell fra Grenlandsfjordene 1987, 1988 og 1989. Hydro Forskningscenter, Porsgrunn. Prosj.nr. R 22647002, 6 s. + vedlegg.
- Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984 - 1985. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 224/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000320 (l.nr. 1864). 39 s.
- Knutzen, J., 1989a. PAH i det akvatiske miljø - opptak, utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445 (l.nr. 2205). 107 s.
- Knutzen, J., 1989b. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000366 (l.nr. 2273). 34 s.
- Knutzen, J., 1990. Tiltaksanalyse for Grenlandsfjordene. Rapport 1. Forslag til målkriterier for ubegrenset bruk av fisk og skalldyr til mat. NIVA-rapport O-90027 (under trykking).

- Knutzen, J., K. Martinsen og M. Oehme, 1988. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1986 - 1987. Rapport 312/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000357 (l.nr. 2114). 110 s.
- Knutzen, J. og M. Oehme, 1990. Klorerte dibenzofuraner og dioksiner i krabber, fisk og reker fra Frierfjorden, tilstøtende områder og referansestasjoner i 1988 - 1989. NIVA-rapport O-88185 (l.nr. 2346). 110 s.
- Martin, M. og W. Castle, 1984. Petrowatch: Petroleum hydrocarbons, synthetic organic compounds, and heavy metals in mussels from the Monterey Bay area of California. Mar.Pollut.Bull. 15: 259-266.
- Molvær, J., T. Bokn, L. Kirkerud, K. Kvalvågnæs, G. Nilsen, B. Rygg og J. Skei, 1979. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilleggende fjordområder. Rapport nr. 8. Sluttrapport. NIVA-rapport O-70111 (l.nr. 1103). 253 s.
- Phelps, D.K., R.J. Pruell og J.L. Lake, 1986. Hexachlorobenzene in selected marine samples: An environmental perspective. S. 121-130 i C.R. Morris og J.R.P. Cabral (red.): Hexachlorobenzene: Proceedings of an international symposium. IARC Scientific Publications. International Agency for Research on Cancer. Lyon.
- Russel, R.W. og F.A.P.C. Gobas, 1989. Calibration of the freshwater mussel, *Elliptio complanata*, for quantitative biomonitoring of hexachlorobenzene and octachlorostyrene in aquatic systems. Bull.Environ.Cont.Toxicol. 43: 576-582.
- Rygg, B., 1988. Vurdering av forurensningspåvirkning av Frierfjorden som følge av utsig av pyrolyseolje fra etylenfabrikken, Hydro Rafnes. NIVA-rapport O-87201 (l.nr. 2097). 21 s.
- Rygg, B., 1989. Miljøgifter i blåskjell og torsk. Grenlandsfjordene 1988. Rapport 362/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000312 (l.nr. 2274). 30 s.
- Rygg, B., B. Bjerkeng og J. Molvær, 1986. Grenlandsfjordene og Skienselva 1985. Rapport 245/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000312 (l.nr. 1900). 79 s.
- Rygg, B., N. Green, J. Molvær og K. Næs, 1987. Grenlandsfjordene og

Skienselva 1986. Rapport 287/87 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000312 (l.nr. 2033). 91 s.

Rygg, B. og J. Molvær, 1989. Program for fjordundersøkelser i Grenland 1989. NIVA-notat av 8/2 1989. 17 s.

Skei, J., 1989. Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Oppsummering. NIVA-rapport 0-88068 (l.nr. 2198). 35 s.

Skei, J., J. Knutzen og K. Næs, 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987 - 1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000309 (l.nr. 2227). 132 s.

VEDLEGGSTABELLER

Tabell A1 - A6. PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 11.-12/3, 15/ og 14/10-89 (reanalyser tabell A4 - A6).

Tabell A7. Klororganiske forbindelser og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden og Eidangerfjorden november 1989.

Tabell A8. Torsk fra Frierfjordområdet 1968 - 1989. Konsentrasjon av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i filet: Antall, middel og standardavvik.

Tabell A9. Torsk fra Frierfjordområdet 1968 - 1989: Lengde og vekt, antall, middel og standardavvik.

Tabell A1. PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 11-12/3 1989, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (Se reanalyse tabell A4).

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT1-5
 Jobb nr. : 89/126

Prøvebetegnelse:

1 : Langangen 12/3-89 Blåskjell 4 : Croftholmen 12/3-89 Blåskjell
 2 : Klokkartangen 11/3-89 " 5 : Helgeroa 11/3-89 "
 3 : Kreppa 11/3-89 "

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ vått materiale

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen	4.1	5.7		5.1	4.5	
2-Metylnaftalen	1.9	4.6		4.3	2.9	
1-Metylnaftalen	1.1	1.6		1.8	1.6	
Bifenyl						
Acenaftylene						
Acenaften						
Dibenzofuran		0.3				
Fluoren	0.4	0.3		0.3	0.2	
Dibenzotiofen	0.3	0.2		0.2	61.7	
fenantren	3.8	2.7		3.2	2.6	
Antracen	0.5	0.3		0.4		
2-Metylantracen						
2-Metylfenantren	0.6	0.5		0.4	0.6	
9-Metylantracen	0.8	0.9		1.1	0.8	
Fluoranten	9.4	6.5		8.7	12.4	
Pyren	6.9	4.2		6.7	5.0	
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	2.2	2.1		7.3	2.1	
Trifenyl/Chrysen	21.8	21.5	9.0?	62.0	41.2	
Benzo(b)fluoranten *	24.4	11.4		10.5	3.3	
Benzo(j+k)fluoranten *	0.6	0.3		5.7	0.4	
Benzo(e)pyren	1.8	3.5		9.1	1.8	
Benzo(a)pyren *	1.5	0.3		1.3	0.5	
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *						
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylene						
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)-pyren *						
Sum	82.1	66.9	9.0?	128.1	141.6	
Derav KPAH (*)	28.7	14.1	-?	24.8	6.3	
% KPAH	~35	~21	-?	~19	~5	
% Tørrstoff	10.1	16.2	17.6	13.0	14.9	

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren *

Dato :
 Analytiker :

Tabell A2. PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 15/7 1989, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (Se reanalyse tabell A5).

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT 11-15
 Jobb nr. : 89/126

Prøvebetegnelse:

- | | | | |
|-------------------|---------|--------------|---------|
| 1 : Landgangen | 15/7-89 | 4 : Crofthl. | 15/7-89 |
| 2 : Klokkartangen | " | 5 : Helgeroa | " |
| 3 : Kreppa | " | 6 : | " |

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftylen						
Acenaften						
Dibenzofuran						
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	1	2	1	1		
Antracen		1	2			
2-Metylantracen						
1-Metylfenantren						
9-Metylantracen						
Fluoranten		1			1	
Pyren	1		1	1		
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	1			4	1	
Trifenylen/Chrysen	1			5	1	
Benzo(b)fluoranten *		x) 1				
Benzo(j+k)fluoranten *						
Benzo(e)pyren						
Benzo(a)pyren *						
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *						
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylene						
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)-pyren *						
Sum	4	5	4	11	3	
Derav KPAH (*)	1?	1?	-?	4?	1?	
% KPAH	~25?	~20?	-?	~36	~33?	
% Tørrstoff	16.3	13.0	19.9	15.0	14.6	

x) inkl. benzo(j,k)fluoranten Deteksjonsgrense 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren *

Dato : 3/5-90
 Analytiker : Brg

Tabell A3. PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 14/10 1989, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (Se reanalyse tabell A6).

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT 6-10
 Jobb nr. : 89/126

Prøvebetegnelse:

1 : Landgangen 14/10-89
 2 : Klokkartangen "
 3 : Kreppa "
 4 : Crofthl. 14/10-89
 5 : Helgeroa "
 6 :

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftalen						
Acenaften						
Dibenzofuran						
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	3	3	2		2	
Antracen						
2-Metylantracen						
1-Metylfenantren						
9-Metylantracen						
Fluoranten	8	21	86	15	1	
Pyren	7	26	72	4		
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benzo(a)antracen *	7		3			
Trifenyl/Chrysen	28	7	2		1	
Benzo(b)fluoranten *	x) 65			x) 128?		
Benzo(j+k)fluoranten *						
Benzo(e)pyren	22					
Benzo(a)pyren *	5			2		
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	1					
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylene	5					
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)- pyren *						
Sum	151	57	165	149	4	
Derav KPAH (*)	78?	-?	3?	130	-?	
% KPAH	~52	-?	~2?	~87?	-?	
% Tørrstoff	16.7	18.1	17.2	14.8	16.0	

x) inkl. benzo(j,k)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren *

Dato : 3/5-89
 Analytiker : Brg

Tabell A4. Reanalyse av PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 11-12/3 1989, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt.

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT1-5
 Jobb nr. : 89/126 Reanalyse 15/5-90

Prøvebetegnelse:

1 : Langangen	12/3-89	4 : Croftholmen	12/3-89
2 : Klokkartangen	11/3-89	5 : Helgeroa	11/3-89
3 : Kreppa	11/3-89		

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ vått materiale

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen	2	3	3	3	3	
2-Metylnaftalen	1	2	2	4	2	
1-Metylnaftalen		1	1	2	1	
Bifenyl						
Acenaftalen				1		
Acenaften						
Dibenzofuran	1	1	1	1	1	
Fluoren			1	1		
Dibenzotiofen				1		
Fenantren	5	3	4	6	4	
Antracen				1		
2-Metylantracen	2	1	1	3	1	
2-Metylfenantren	1	1	1	1	1	
9-Metylantracen	1	1		3	1	
Fluoranten	62	42	57	152	101	
Pyren	17	8	9	102	38	
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	13	7	6	145	10	
Trifenyl/Chrysen	80	30	37	279	78	
Benzo(b)fluoranten *	39	x) 42	x) 41	x) 231	x) 67	
Benzo(j+k)fluoranten *	4					
Benzo(e)pyren	7	6	12	20	2	
Benzo(a)pyren *	2	2	1	2	1	
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	1	1		1	1	
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)				1		
Benzo(ghi)perylene	2	1	1	7	1	
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)- pyren *						
Sum	240	152	178	967	313	
Derav KPAH (*)	59	52	48	380	79	
% KPAH	~24	~35	~27	~53	~25	
% Tørrstoff						

x) inkl. benzo(j,k)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomerer *

Dato : 31/5-90
 Analytiker : SIG/BRG

Tabell A5. Reanalyse av PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 15/7 1990, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt.

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT11-15
 Jobb nr. : 89/126 Reanalyse 15/5-90

Prøvebetegnelse:

1 : Langangen 15/7-89 4 : Croftholmen 15/7-89
 2 : Klokkartangen 15/7-89 5 : Helgeroa 15/7-89
 3 : Kreppa 15/7-89

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ vått materiale

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen	1.3	1.6	2.1	4.2	1.4	
2-Metylnaftalen	0.4	1.1	5.1	1.8	2.2	
1-Metylnaftalen	0.4	0.7	2.2	0.8	1.0	
Bifenyl						
Acenaftalen			0.2	1.3		
Acenaften			0.5			
Dibenzofuran	0.4	0.6	0.5	0.2	0.2	
Fluoren	0.2		0.5	0.3	0.1	
Dibenzotiofen			0.3	0.3		
Fenantren	1.0	1.7	3.4	3.5	1.6	
Antracen	0.2	0.1	0.3	0.4	0.1	
2-Metylantracen	0.9	1.1	2.5	1.6	0.9	
2-Metylfenantren	0.7	1.5	3.3	1.9	1.3	
9-Metylantracen			1.5	0.4	1.6	
Fluoranten	4.4	3.4	4.2	62.9	3.9	
Pyren	1.3	1.4	1.6	6.2	1.0	
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	1.3	3.1	1.0	6.9	4.6	
Trifenylen/Chrysen	1.9	2.1	1.5	7.4	2.2	
Benzo(b)fluoranten *	0.6	0.6	0.9	5.2	1.2	
Benzo(j+k)fluoranten *	0.3	0.1	0.3	1.2	0.2	
Benzo(e)pyren	0.5	0.2		0.1		
Benzo(a)pyren *		1.0		0.3		
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *						
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylene						
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)- pyren *						
Sum	15.8	20.3	31.9	106.9	23.5	
Derav KPAH (*)	2.2	3.7	2	8.0	3.5	
% KPAH	14	18	6	7	15	
% Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren *

Dato : 31/5-90
 Analytiker : SIG/BRG

Tabell A6. Reanalyse av PAH i blåskjell fra Grenlandsfjordene og Telemarkskysten 14/10 1989, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt.

Oppdragsnr. : 8000312
 Prøver mottatt : 20/11-89
 Lab.kode : DBT6-10
 Jobb nr. : 89/126 Reanalyse 22/5-90

Prøvebetegnelse:

1 : Langangen 14/10-89
 2 : Klokkartangen 14/10-89
 3 : Kreppa 14/10-89
 4 : Croftholmen 14/10-89
 5 : Helgeroa 14/10-89

Konsentrasjoner i: $\mu\text{g}/\text{kg}$ vått materiale

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen	0.7	0.7	0.7	1.4	1.1	
2-Metylnaftalen	0.6	0.5			0.6	
1-Metylnaftalen		0.2			0.3	
Bifenyl						
Acenaftalen						
Dibenzofuran	0.5	0.5	0.8	0.6	0.4	
Fluoren		0.3			0.3	
Dibenzotiofen		0.2			0.1	
Fenantren	1.2	2.0	1.7	2.0	1.8	
Antracen		0.2	0.4	0.3	0.2	
2-Metylantracen	0.4	0.7			0.4	
2-Metylfenantren	0.4	0.8			0.5	
9-Metylantracen		0.7				
Fluoranten	3.2	5.2	4.6	5.5	2.3	
Pyren	1.3	2.5	2.4	3.1	0.9	
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benzo(a)antracen *	1.0	2.1	1.3	3.6	2.5	
Trifenyl/Chrysen	2.6	3.8	2.7	6.2	1.4	
Benzo(b)fluoranten *	0.3	2.2	1.7	5.1	0.7	
Benzo(j+k)fluoranten *	0.8	0.4	0.4	1.4	0.1	
Benzo(e)pyren	1.1				0.5	
Benzo(a)pyren *						
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *					0.1	
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylen						
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)-pyren *						
Sum	14.1	23.0	16.7	29.2	14.2	
Derav KPAH (*)	2.1	4.7	3.4	10.1	3.4	
% KPAH	~ 15	~ 20	~ 20	~ 35	~ 24	
% Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomerer *

Dato : 31/5-90
 Analytiker : SIG/BRG

Tabell A7. Torsk fra Frierfjordområdet, november 1989: lengde, alder, konsentrasjon (ppm våt vekt av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i filet).

lengde (cm)	vekt (g)	<-----lever----->			<muskel>
		HCB	OCS	DCB	Hg
		<----- mg/kg - våt vekt ----->			
39	657	12.1	21.5	6.34	0.11
38	579	8.52	15.8	3.26	0.12
41	768	11.5	23.6	6.25	0.17
35	453	5.32	21.6	6.47	0.15
44	864	8.25	20.8	8.60	0.26
38	509	1.60	3.66	1.59	0.08
37	504	8.99	16.1	6.30	0.13
33	378	6.76	16.4	5.00	0.10
38	524	8.10	13.6	4.79	0.14
38	642	7.00	24.7	8.70	0.20
36	496	8.98	14.0	3.43	0.11
44	751	7.90	31.3	8.66	0.28
49	1126	8.67	16.8	7.00	0.18
38	688	3.52	7.94	3.39	0.11
32	390	4.13	9.61	3.05	0.11
39	657	15.4	20.8	4.92	0.11
37	469	12.2	15.9	5.48	0.21
44	764	3.70	11.8	3.27	0.25
41	694	13.4	22.3	6.76	0.14
40	643	11.9	18.6	6.60	0.13
47	940	7.9	20.3	6.90	0.35
36	511	11.3	16.9	5.46	0.26
33	380	3.70	7.02	4.42	0.08
40	507	0.63	2.55	1.11	0.45
40	631	7.50	16.9	5.14	0.18
40	762	10.2	17.7	8.00	0.23
36	398	0.86	6.98	3.96	0.22
36	517	5.02	9.37	5.34	0.19
37	608	12.1	19.1	4.92	0.11
35	447	9.47	18.3	8.17	0.15
39	530	4.84	11.7	9.07	0.32
40	731	5.26	13.1	8.96	0.22
38	619	6.84	11.1	6.03	0.08
38	609	2.86	12.0	4.75	0.20
38	551	2.95	9.31	7.18	0.15
40	831	8.88	17.9	4.26	0.15
45	954	2.77	5.03	1.05	0.18
41	596	5.54	21.5	7.36	0.23
39	640	7.69	14.8	7.50	0.26
31	317	8.21	14.8	3.52	0.09
39	588	9.27	20.7	7.62	0.12

37	592	6.62	12.8	4.56	0.16
40	812	11.8	16.4	5.16	0.14
45	1002	10.4	26.7	10.6	0.34
45	1045	11.2	17.3	6.27	0.18
37	555	7.91	16.0	10.5	0.13
39	682	9.31	17.0	5.14	0.13
35	587	4.23	10.5	5.71	0.11
35	582	7.64	14.0	6.96	0.17
40	508	3.25	9.42	4.57	0.43
36	460	8.93	15.8	5.71	0.10
45	743	3.82	12.1	9.47	0.25
36	490	9.26	13.5	6.63	0.13

Eidangerfjorden (ikke inkludert i analyse)

46	975	1.79	3.92	2.16	0.16
48	1075	0.262	0.865	0.925	0.07
50	988	0.375	7.77	7.49	0.20
51	1389	1.19	4.06	3.00	0.33
40	595	0.437	2.59	1.25	0.14
43	789	1.41	4.32	2.17	0.14
45	758	0.353	2.70	1.93	0.16
46	1010	1.07	3.52	2.33	0.22
47	957	0.031	0.115	0.075	0.05
44	848	2.36	4.50	1.01	0.11

Tabell A8. Torsk fra Frierfjordområdet, 1968 - 1989: konsentrasjon (ppm våt vekt) av HCB, OCS og DCB i lever og Hg i filet. Antall, middel og standard avvik.

år	Hg			HCB			OCS			DCB		
	n	middel	avvik	n	middel	avvik	n	middel	avvik	n	middel	avvik
68	06	1.260	0.234	0	--	--	0	--	--	0	-	-
70	15	1.123	0.541	0	--	--	0	--	--	0	-	-
72	18	0.731	0.445	0	--	--	0	--	--	0	-	-
73	16	0.421	0.488	0	--	--	0	--	--	0	-	-
74	25	0.318	0.099	0	--	--	0	--	--	0	-	-
75	12	1.158	0.839	12	52.08	42.06	12	143.58	71.77	10	7.52	2.69
76	16	0.901	0.268	16	8.46	7.81	16	80.56	62.59	16	8.64	3.82
77	37	0.788	0.447	36	8.84	8.94	36	38.27	39.88	16	3.96	2.20
78	66	0.522	0.386	67	8.51	10.43	67	29.42	33.51	42	4.15	2.77
79	65	0.543	0.350	64	12.18	17.62	64	25.94	35.19	36	3.39	2.47
80	50	0.453	0.209	50	5.45	5.69	50	15.84	10.05	42	6.01	3.67
81	30	0.391	0.192	30	7.59	4.94	30	14.07	8.21	20	5.41	3.28
82	98	0.563	0.298	54	9.35	5.52	54	24.75	13.78	50	8.62	4.91
83	55	0.461	0.297	54	4.72	6.80	54	25.41	36.73	45	7.29	7.21
84	81	0.364	0.290	81	8.64	5.22	81	21.80	22.06	67	3.78	3.32
85	49	0.287	0.141	49	11.46	7.91	49	15.47	9.19	49	3.37	2.33
86	54	0.258	0.196	54	4.52	3.85	54	9.42	7.53	54	2.71	2.07
87	55	0.199	0.098	55	6.02	2.74	55	12.53	6.63	55	3.63	2.58
88	82	0.271	0.123	82	6.44	6.86	82	24.50	18.17	82	5.71	4.81
89	53	0.181	0.085	53	7.47	3.40	53	15.39	5.77	53	5.88	2.18
Σ	883	0.447	0.362	757	8.52	11.16	757	24.42	31.58	637	5.08	4.13

Tabell A9. Torsk fra Frierfjordområdet, 1968-1989: lengde og vekt, antall, middel og standard avvik.

år	--- lengde (cm) ---			---- vekt (g) ---		
	n	midde	avvik	n	midde	avvik
68	0	-	-	06	387	205
70	0	-	-	15	483	264
72	0	-	-	18	638	270
73	0	-	-	16	688	356
74	0	-	-	25	559	317
75	0	-	-	12	732	443
76	0	-	-	16	1025	333
77	22	47.8	12.6	35	1028	748
78	25	51.2	14.4	67	1144	1245
79	29	49.8	13.0	65	1358	1570
80	08	51.3	12.3	50	1074	609
81	10	48.5	9.7	30	821	410
82	0	-	-	98	1116	491
83	09	48.9	7.9	55	1193	1009
84	14	47.2	5.6	81	1007	674
85	49	40.4	8.7	49	716	437
86	49	33.3	7.2	54	397	248
87	55	38.5	5.3	55	609	246
88	82	39.6	7.4	82	587	307
89	53	38.8	3.8	53	628	176
Σ	405	41.5	10.0	882	883	771

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1781-9