



1717

Statlig program for forurensningsovervåking

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn

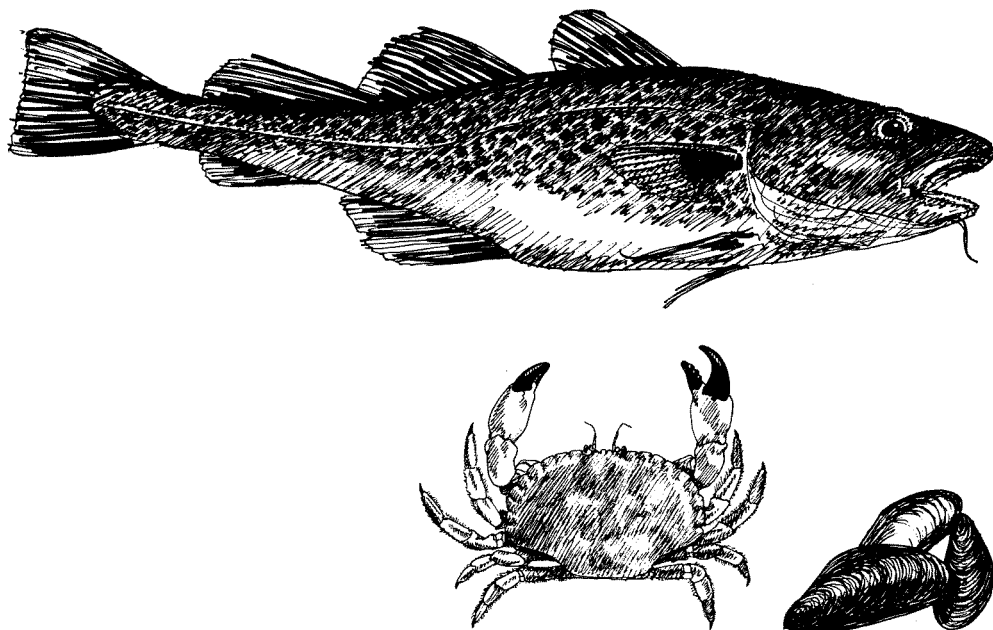
Rapport nr 183|85

Deltakende
institusjoner

Norsk institutt for vannforskning
Senter for industriforskning
Veterinærinstituttet

Overvåking av PCB, kvikksølv og
kadmium i sjøvannsmiljø.

Oslofjordområdet 1982~83





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
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer: 0-80106
Undernummer: I
Løpenummer: 1717
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av PCB, kvikksølv og kadmium i sjøvannsmiljø. Oslofjordområdet 1982-83 . (Overvåkingsrapport 183/85)	Dato: 2. april 1985
	Prosjektnummer: 0-80106
Forfatter (e): Beate Enger, Tore Håstein, Lars Kirkerud, Kari Martinsen, Gunnar Norheim	Faggruppe: HYDRØKOLOGI
	Geografisk område: Østfold, Akershus, Buskerud, Vestf., Telemark
	Antall sider (inkl. bilag): 24

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

Ekstrakt:

Overvåkingsresultatene for PCB, kvikksølv og kadmium i vann, muslinger og fisk fra Oslofjordområdet 1982-1983 vitner stort sett om et lavt forurensningsnivå, vanlig for kystområder uten lokale kilder av betydning. Kvikksølvpåvirkningen i Langesundsfjorden var imidlertid fortsatt påvisbar. De indre og midtre deler av Oslofjorden og Hvalerområdet var mer påvirket av PCB og DDE enn de ytre områder. Nivået av kadmium var lavt i hele området. Noen entydig og sikker indikasjon på endringer fra 1982 til 1983 er ikke påvist.

4 emneord, norske: Forurensningsovervåking
1. Klorerte hydrokarboner
2. Tungmetaller
3. Miljøovervåking
4. Oslofjordområdet 1981-1983 Overvåkingsrapport 183/85

4 emneord, engelske:
1. Chlorinated hydrocarbons
2. Heavy metals
3. Marine organisms
4. Monitoring Oslofjord area

Prosjektleder:

Lars A. Kirkerud

Divisjonssjef:

Jon Norderhaug

For administrasjonen:

Jan E. Sande

ISBN 82-577-0905-0

Lars O. Quarm



Statlig program for forurensningsovervåking

0-80106

OVERVÅKING AV PCB, KVIKKSØLV OG KADMIUM I SJØVANNSMILJØ
OSLOFJORDOMRÅDET 1982-83

2. april 1985

Prosjektleder: Lars Kirkerud

Medarbeidere : *Beate Enger (SI)*

Tore Håstein (Veterinærinst.)

Kari Martinsen (SI)

Gunnar Norheim (Veterinærinst.)

INNHOLD

	Side
FORORD	1
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	2
2. INNLEDNING	3
3. METODIKK	3
3.1 Prøvetaking og preparering	3
3.2 Analyse	3
4. RESULTATER	6
4.1 Vann	6
4.2 Blåskjell	7
4.3 Fisk	7
5. DISKUSJON	8
5.1 PCB, DDE, HCB	8
5.2 Kvikksølv og kadmium	8
5.3 Andre metaller	12
6. KONKLUSJON	12
Referanser	12
VEDLEGG	14

F o r o r d

Overvåkningen av PCB, kvikksølv og kadmium i ytre Oslofjord har sin bakgrunn i Norges forpliktelser som traktatland i Oslo- og Pariskonvensjonene, mot henholdsvis landbaserte utslipp og dumping i havet. Retningslinjene for overvåkningen trekkes opp i en felles overvåkingsgruppe (Joint Monitoring Group - JMG) og er basert på råd fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES).

Den norske delen av programmet ble satt igang av Statens forurensningstilsyn (SFT) i 1981, og omfatter nå Oslofjorden med tilgrensende områder, Sørfjorden/Hardangerfjorden og Orkdalsfjorden. Denne rapporten omfatter Oslofjorden med tilgrensende områder. Arbeidet her utføres i fellesskap av Senter for industriforskning (kjemiske analyser av vann og blåskjell), Veterinærinstituttet (kjemiske analyser av fisk) og Norsk institutt for vannforskning (planlegging, prøvetaking og rapportering).

Lars A. Kirkerud

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Resultatene for PCB, kvikksølv og kadmium i vann, blåskjell og fisk fra Oslofjordområdet 1982-1983, vitner stort sett om et lavt forurensningsnivå, vanlig for kystområder uten lokale kilder av betydning. Kvikksølvpåvirkningen i Langesundsfjorden var imidlertid fortsatt påvisbar. De indre og midtre deler av Oslofjorden og Hvalerområdet var mer påvirket av PCB og DDE enn de ytre områder. Nivået av kadmium var lavt i hele området. Noen entydig og sikker indikasjon på endringer fra 1982 til 1983 ble ikke påvist.

1.1 Statens furensningstilsyn (SFT) administrerer den norske delen av det etablerte havovervåkingsprogrammet innen rammene for Oslo- og Pariskonvensjonene. SFT har gitt NIVA i oppdrag å forestå overvåkingen i Oslofjorden og Orkdalsfjorden.

1.2 Av de klorerte hydrokarbonene PCB, DDE og HCB ble de laveste verdiene i blåskjell registrert ved Færder, med noe høyere verdier i Drøbaksundet, Breiangen og Langesundsfjorden. Alle verdier lå innenfor eller lavere enn det som er funnet i brakkvanns- områder uten punktkilder. Verdiene av PCB i blåskjell har konsekvent avtatt fra 1982 til 1983 for alle stasjoner og størrelsesgrupper. Innholdet av PCB og DDE i "normaltorsk" ved Færder var derimot det samme i 1983 som i 1982. I torskelerver var fettinnholdet mest bestemmende for konsentrasjonen av de klorerte forbindelsene.

1.3 Kvikksølvverdiene i blåskjell var fortsatt høyest i Langesundsfjorden. På de ørige stasjoner var det tendens til reduksjon i kvikksølvinnholdet fra 1982 til 1983. Kvikksølvinnholdet i "normaltorsk" var likt i Drøbaksundet og ved Færder, og viste ingen forandring fra 1982 til 1983 ved Færder. Alderen hos torsk var mest bestemmende for kvikksølvinnholdet i muskulaturen.

1.4 Kadmiumverdiene i blåskjell fra Færder og Langesundsfjorden forandret seg i ulik retning ettersom de ble basert på tørrvekt eller våtvekt. Dette reflekterer endringer i blåskjellenes kondisjon, og illustrerer behovet for å kjenne - og ta hensyn til - slike relasjoner. Alle verdiene var lavere enn øvre normalnivå i kystområder. Kadmiuminnholdet i "normaltorsk" ved Færder synes å ha økt fra 1982 til 1983. Selv om økningen ikke er statistisk signifikant, innebærer dette at prøvetakingen her bør fortsettes for om mulig å bringe på det rene om det er noen tendens til økning over tid. - For kadmium i torskelerver var fettinnholdet mest avgjørende. Sammenhengen var her negativ (invers). Det var også en signifikant økning med fiskens alder.

1.5 Konsentrasjonene av kobber, bly, sink, mangan og nikkel i blåskjell lå alle innen det normale for kystområder.

2. INNLEDNING

Formålet med undersøkelsene innen rammen av JMG-programmet er formulert i 4 punkter:

- a) Vurdere mulig risiko ved konsum av sjømat
- b) Bedømme skadevirkninger på marine organismer (fiskeriressurser, økosystemer)
- c) Bestemme det eksisterende forurensningsnivå i europeiske kystområder
- d) Bedømme effekten av forurensningsbegrensende tiltak innen rammen av Oslo- og Pariskonvensjonene

For å dekke disse formål uten unødig stor innsats er det innført en rullering av delformålene a - c, med d som fast årlig formål. I 1983 var det bare formål d (trendovervåking) som skulle dekkes.

Foruten de prioriterte parametre innen JMG: PCB, kvikksølv og kadmium, ble det for 1983-prøvene i tillegg kvantifisert ppDDE, HCB, og metallene kobber, bly, sink, mangan og nikkel i blåskjell, og ppDDE og HCB i fiskelever.

Lokaliseringen av prøvetakingsstasjonene er vist i figur 1 og tabell 1. Prøvetypene ble basert på vann, blåskjell, torsk og skrubbeflyndre.

3. METODIKK

Metodene for prøvetaking og analyse følger anbefalingene fra Joint Monitoring Group (JMG).

3.1 Prøvetaking og preparering

Blåskjell ble f.o.m. 1982 innsamlet i 3 størrelsesgrupper: 20-30 mm, 30-40 mm og 40-50 mm, 50 individer i hver gruppe. De ble inkubert i akvarier med vann fra voksestedet for å tømme seg for feces/pseudo-feces før de ble rensket og frosset. Det siste gjelder samtlige prøver.

3.2 Analyse

Analysemetodene er omtalt i forrige årsrapport. DDT-derivater og HCB kommer ut på gaskromatogrammet sammen med PCB, og krevde derfor bare ekstra standarder til kvantifiseringen.

Metallene kobber, bly, sink, mangan og nikkel ble analysert i samme oppslutning som kadmium ved hjelp av atomabsorpsjon.

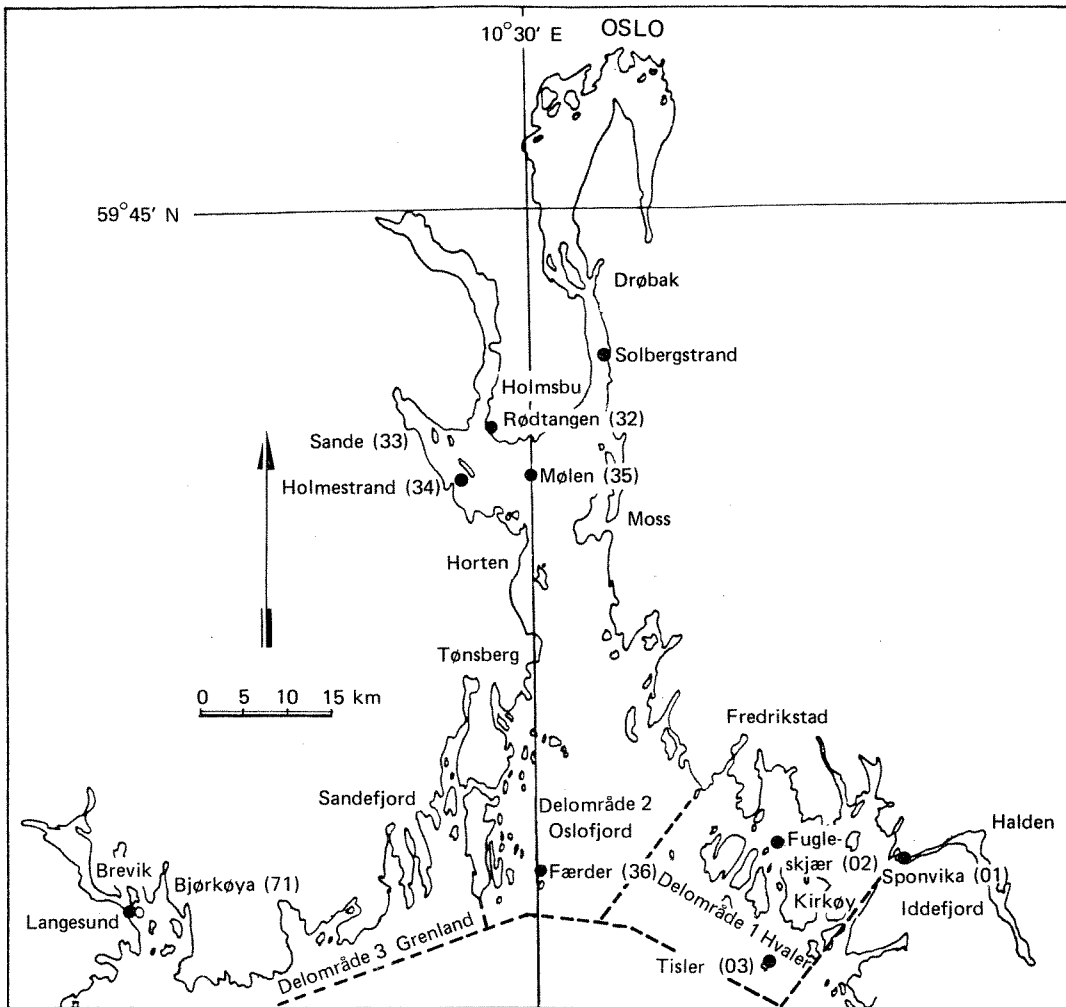


Fig. 1. Stasjoner for prøvetaking.

Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner hittil, og prøvemateriale i 1983.

Område	Stasjon	Posisjon	Prøver
Oslofjorden	Solbergstrand	59 ⁰ 36' 51" N 10 ⁰ 39' 21" E	Blåskjell, torsk, vann
	Rødtangen	50 ⁰ 31' 27" N 10 ⁰ 25' 36" E	
	Sande	59 ⁰ 31' 35" N 10 ⁰ 21' 20" E	Skrubbeflyndre
	Mølen	59 ⁰ 29' 14" N 10 ⁰ 30' 08" E	Blåskjell
	Færder	59 ⁰ 01' 36" N 10 ⁰ 31' 42" E	Blåskjell, torsk, vann
	Holmestrand	59 ⁰ 28' 56" N 10 ⁰ 22' 30" E	
Hvaler	Fugleskjær	59 ⁰ 06' 54" N 10 ⁰ 59' 10" E	
	Sponvika	59 ⁰ 05' 15" N 11 ⁰ 13' 48" E	
	Tisler	58 ⁰ 59' 06" N 10 ⁰ 57' 48" E	
Grenland	Bjørkøya	59 ⁰ 02' 05" N 09 ⁰ 44' 42" E	Blåskjell

Tabell 2. Deteksjonsgrenser for de anvendte metoder.

Medium	Parameter	Deteksjonsgrense	Laboratorium
Vann	Hg	0.01 ug/l	SI
	Cd	0.1 "	"
Blåskjell og reker	Hg	0.005 mg/kg våtvekt	"
	Cd	0.01 "	"
	PCB	0.003 "	"
	HCB	0.0005 "	"
	DDE	0.0005 "	"
Fisk	Hg	0.01 mg/kg våtvekt	V.I
	Cd	0.01 "	"
	PCB	0.05 "	"
	HCB	0.05 "	"
	DDE	0.05 "	"
	Se	0.01 "	"

4. RESULTATER

4.1 Vann

Analyseresultatene for Cd i vann er fremstilt i tabell 3 sammen med resultatene for 1982. Kadmiuminnholdet var lavt. For kvikksølv var det en beklagelig forurensning fra prøveflaske/konserveringsreagens som gjør resultatene ubrukelige (appendiks tabell A1).

Tabell 3. Kadmium i vannprøver fra Drøbaksundet (Solbergstrand) og Færder, ug/l.

Sted	Dyp	1982		1983	
		median	n	median	n
Solbergstrand	1	0.2	7	<0.1	3
	5	0.2	7	<0.1	3
	10	-		<0.1	1
	25	-		<0.1	2
Færder	1	-		<0.1	2
	10	-		<0.1	2
	25	-		<0.1	2

4.2 Blåskjell

PCB, kvikksølv og kadmium i blåskjell fremgår av tabell 5 (side 9) og A2 - A4. PCB-innholdet viser konsekvent nedgang fra 1982 til 1983. Kvikksølv ser ut til å holde seg på et jevnt nivå. Kadmium har holdt seg på samme nivå ved Bjørkøya og Mølen, men økt ved Solbergstrand og Færder (signifikansnivå ved 'sign test': $p = 0.03$). De øvrige analyserte metallene og klororganiske forbindelsene i blåskjell er fremstilt i tabell A5.

4.3 Fisk

I 1983 ble det tatt prøver av torsk og skrubbeflyndre. Analyseresultatene for torsk (appendiks tabell A6) er slått sammen med resultatene fra 1982, og sammenhengen mellom miljøgiftakkumulering og alder, vekt, lengde, kjønn, fettinnhold, sesong, sted og år er testet ved flerdimensjonal regresjon (appendiks tabell A8, 9 og 10). Ved denne metoden tilpasses et "flerdimensjonalt plan" til observasjonspunktene, slik at variansen omkring "planet" i y-retningen blir minimum. Sagt på en annen måte tilpasses observasjonene en ligning av formen:

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + c$$

For PCB og kadmium ga log-transformerte verdier best tilpasning. Dersom analysen omfatter de viktigste sammenhenger, vil direkte sammenhenger her skilles klart fra indirekte. I tabell 4 er styrken av de resulterende sammenhenger fremstilt som t-test variabelen (t) for koeffisientene a_1 til a_4 (estimert koeffisient dividert på standardavviket for koeffisienten). Jo høyere t-verdien er, jo sikrere er altså koeffisienten bestemt, og jo mindre er sannsynligheten p , for at sammenhengen skyldes tilfældighet ($p = \text{signifikansnivå}$).

Tabell 4. Miljøgiftinnholdets avhengighet av de biologiske parametre alder, vekt, lengde og leverens fettinnhold hos torsk. Avhengighetene er fremkommet ved lineær (Hg) eller logaritmisk (PCB, Cd) flerdimensjonal regresjon, og t-test variabelen for de enkelte sammenhenger er oppgitt.

Miljøgift	Alder	Vekt	Lengde	Fett-% i lever
PCB, lever (log.)	1.0	-2.3	3.3*	8.6**
Hg, filet (lin.)	2.6*	1.2	0.6	-2.1
Cd, lever (log.)	2.6*	-2.2	1.3	-7.8**

*) Signifikant, $p = 0.02$

**) Signifikant, $p = 0.01$

Resultatene i tabell 4 viser at for kvikksølv i muskel knytter akkumuleringen seg mest direkte til alder og bare indirekte til lengde og vekt. Sammenhengen med alder er nærmest lineær. For PCB er fettinnholdet mest bestemmende. PCB-innholdet er nærmest proporsjonalt med kvadratrotten av fettinnholdet. Kadmiuminnholdet i leveren er også mest avhengig av fettinnholdet, men her er sammenhengen negativ (invers). Det er også en signifikant økning med økende alder. De mest direkte sammenhenger er fremstilt i figurene 2-4.

De funne regresjonslikninger er gjengitt nedenfor med signifikante koeffisienter ($p = 0.02$) understreket.

$$\log[\text{PCB}] = 0.42 \log(\text{alder}) - 0.96 \log(\text{vekt}) + \underline{4.1} \log(\text{lengde}) + \underline{0.57} \log(\text{fett}\%) - 7.7$$

$$[\text{Hg}] = \underline{0.029} (\text{alder}) + 0.018 (\text{vekt}) + 0.0009 (\text{lengde}) - 0.0006 (\text{fett}\%) - 0.024$$

$$\log[\text{Cd}] = \underline{1.1} \log(\text{alder}) - 0.96 \log(\text{vekt}) + 1.7 \log(\text{lengde}) - \underline{0.53} \log(\text{fett}\%) - 3.7$$

Ved hjelp av flerdimensjonal regresjon mot de 4 mest avgjørende biologiske parametre (alder, vekt, lengde og fettinnhold) er den uforklarte del av variasjonen redusert med 50-70 %. Dataene er derfor normaliserte til å gjelde "normaltorsk" med vekt 1 kg, lengde 48 cm, alder 2.8 år og 22 % fett i leveren. Gjennomsnittsverdier for normaltorsk er presentert i tabell 5.

5. DISKUSJON

5.1 PCB, DDE, HCB

De laveste verdiene i blåskjell er registrert ved Færder, med noe høyere verdier i Drøbaksundet, Breiangen og Langesundsfjorden. Alle ligger innenfor eller lavere enn det som er funnet i europeiske brakkvanns-områder uten punktkilder (cf Knutzen og Kirkerud 1984). Verdiene av PCB i blåskjell har konsekvent avtatt fra 1982 til 1983. Innholdet av PCB og DDE i "normaltorsk" ved Færder var derimot det samme i 1983 som i 1982. I denne sammenheng skal det påpekes at blåskjell og torsk reflekterer forholdene i ulike vannlag.

5.2 Kvikksølv og kadmium

Kvikksølvverdiene i blåskjell er fortsatt høyest i Langesundsfjorden, og har her avtatt, respektive økt, fra 1982 til 1983, ettersom en betrakter våt- eller tørrvektbaserte tall. - Når våt- og tørrvektbaserte verdier går i motsatt retning, skyldes det at

Tabell 5. Middelkonsentrasjon av PCB, kvikksølv og kadmium.
 For torsk er resultatene normaliserte. v.v.= våtvektbasis,
 f.v.= fettvektbasis, t.v.= tørrvektbasis.

			1982	1983
<u>PCB, µg/kg</u>				
Torskelever	Drøbaksd	v.v.	2300	-
	Færder	v.v.	1700	1800
Skrubbelever	Sandebgt	v.v.		180
blåskjell	Drøbaksd	v.v.	48	21
		f.v.	-	1856
	Mølen	v.v.	41	20
		f.v.	3700	1770
	Færder	v.v.	-	9.7
		f.v.		674
	Langes.f.d	v.v.	56	8.9
		f.v.	3267	1434
<u>Kvikksølv, mg/kg</u>				
Torskefilet	Drøbaksd	v.v.	0.10	-
	Færder	v.v.	0.11	0.11
Skrubbefilet	Sandebgt	v.v.		0.15
Blåskjell	Drøbaksd	v.v.	0.015	0.015
		t.v.	0.09	0.07
	Mølen	v.v.	0.025	0.018
		t.v.	0.11	0.09
	Færder	v.v.	0.019	0.012
		t.v.	0.16	0.05
	Langes.f.d	v.v.	0.072	0.048
		t.v.	0.32	0.38
<u>Kadmium, mg/kg</u>				
Torskelever	Drøbaksd	v.v.	0.072	-
	Færder	v.v.	0.081	0.12
Skrubbelever	Sandebgt	v.v.		0.22
Blåskjell	Drøbaksd	v.v.	0.19	0.26
		t.v.	1.13	1.30
	Mølen	v.v.	0.31	0.25
		t.v.	1.37	1.23
	Færder	v.v.	0.14	0.17
		t.v.	1.15	0.77
	Langes.f.d	v.v.	0.32	0.31
		t.v.	1.47	2.43

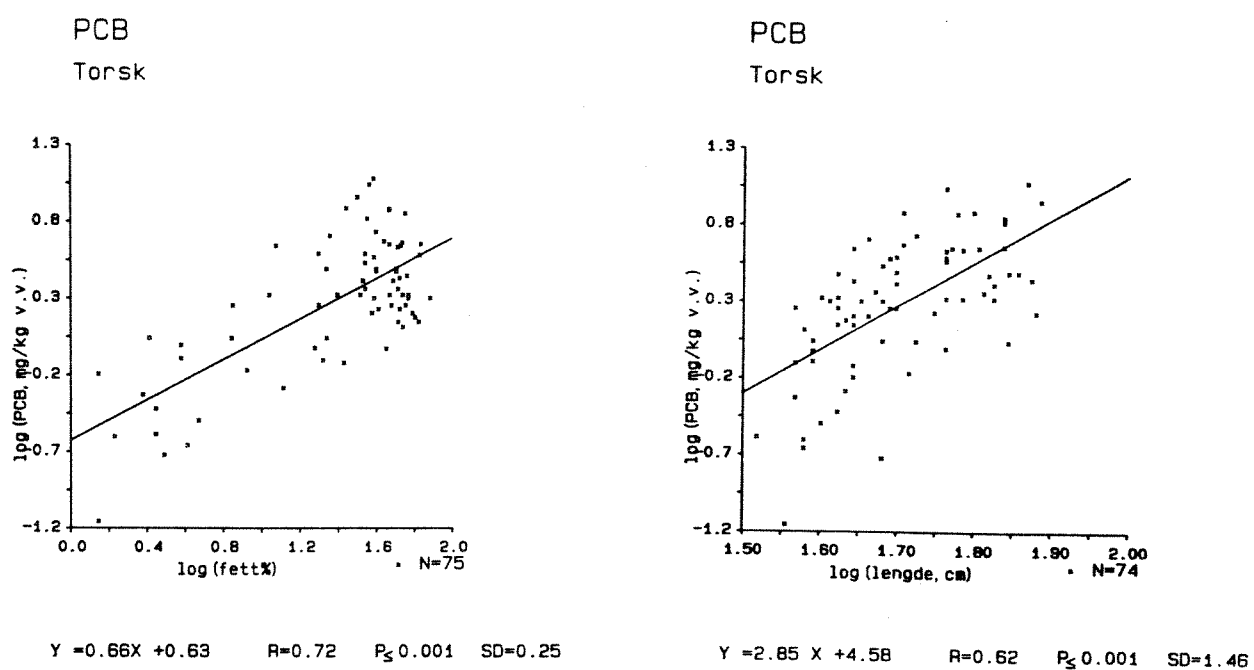


Fig. 2. PCB i torskelerver som funksjon av fettinnhold og fiskens lengde.

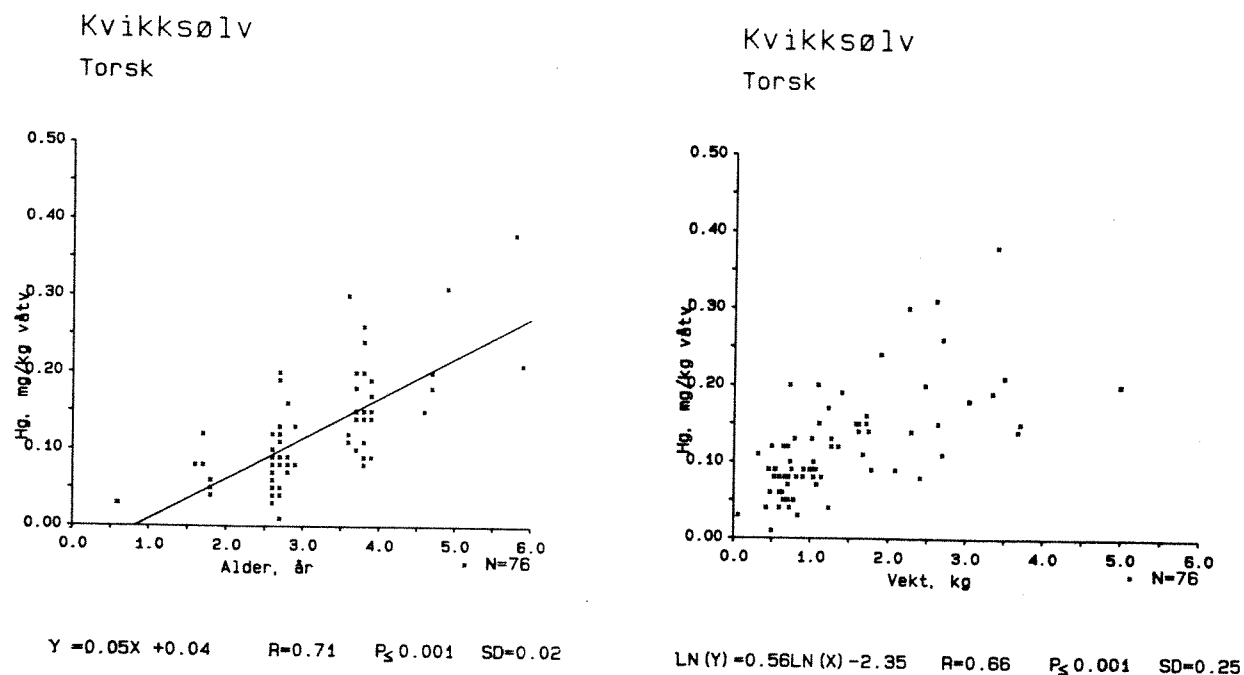


Fig. 3. Kvikksølv i torskfilet som funksjon av alder og vekt.

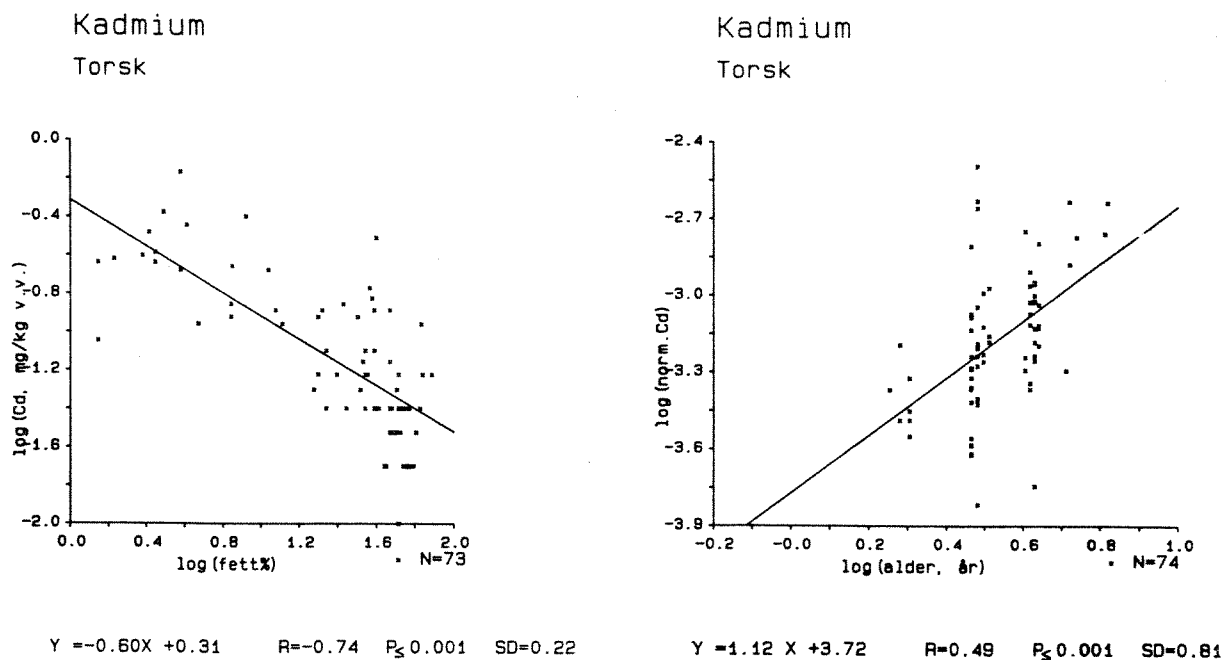


Fig. 4. Kadmium i torskellever som funksjon av fettinnhold og alder.

tørrestoffinnholdet er endret. I Langesundsfjorden var blåskjellene i betraktelig dårligere kondisjon (lavere tørrestoff- og fettinnhold) i 1983 enn i 1982 -. Ellers har kvikksølvinnholdet stort sett gått tilbake på alle de øvrige stasjoner. Kvikksølvinnholdet i "normaltorsk" var likt i Drøbaksundet og ved Færder, og viste ingen forandring fra 1982 til 1983 ved Færder.

Kadmium i blåskjell fra Langesundsfjorden kan sies å ha oppført seg som kvikksølv, men økningen av de tørrvektbaserte verdiene var forholdsmessig langt større. Det er ikke klart om det er våt- eller tørrvektbaserte tall som best avspeiler kadmiumnivået i miljøet.

Undersøkelser presentert av Fisher (1984) viste at mengden kadmium i blåskjelllets bløtdeler var sterkere knyttet til skallvekten enn til bløtdelens tørrvekt. Avhengigheten var nær lineær. Både Cossa et al. (1979) og Boalch et al. (1981) fant avtakende kadmium-konsentrasjon i blåskjell med økende total tørrvekt av bløtdelene, mens Boyden (1977) fant at konsentrasjonen var uavhengig av total tørrvekt. Lobel et Wright (1982) fant at sink-konsentrasjonen i blåskjelllets bløtdeler var nær omvendt proporsjonalt med "fyllingsgraden", dvs. bløtdelens tørrvekt dividert med skallvekten.

Alt i alt tyder de refererte undersøkelser på at våtvektbaserte tall burde være mer uavhengige av blåskjellenes kondisjon enn tørrvektbaserte, men at det er mulig å oppnå sikrere indikatorverdier ved ulike former for normalisering (etter tørrvektinnhold, skallvekt, fyllingsgrad etc.). For å kunne gjennomføre dette i Oslofjordområdet kreves det at de aktuelle relasjoner klarlegges ved analyse av et større antall individer fra ulike lokaliteter.

Kadmiumverdiene i blåskjell var som i 1982 lavere enn øvre normalnivå i kystområder (cf. Enger et al 1983). Ved Færder synes innholdet av kadmium i "normaltorsk" å ha økt fra 1982 til 1983, men økningen er ikke statistisk signifikant.

5.3 Andre metaller

Konsentrasjonene av kobber, bly, sink, mangan og nikkel lå alle innen det normale for kystområder.

6. KONKLUSJON

Resultatene for perioden 1982-1983 vitner stort sett om et lavt forurensningsnivå, vanlig for kystområder uten lokale kilder av betydning. Kvikksølvpåvirkningen i Langesundsfjorden er imidlertid fortsatt påvisbar. De indre og midtre deler av Oslofjorden og Hvalerområdet er mer påvirket av PCB og DDE enn de ytre områder. Nivået av kadmium er lavt i hele området. Noen entydig og sikker indikasjon på endring fra 1982 til 1983 er ikke påvist for noen av stoffene.

REFERANSER

- Boalch, R., Chan, S. and Taylor, D. 1981. Seasonal variation in the trace metal content of *Mytilus edulis*. Mar. Pollut. Bull. 12, 276 - 280.
- Boyden, C. R. 1977. Effekt of size upon metal content of shellfish. J. mar. biol. Ass. U. K. 67, 675 - 714.
- Cossa, D., Bourget, E. and Piuze, J. 1979. Sexual maturation as a source of variation in the relationship between cadmium concentration and body weight of *Mytilus edulis* L. Mar. Pollut. Bull. 10, 174 - 176.
- Enger, B., Frøslie, A., Kirkerud, L., Knutzen, J., Madsen, L., Martinsen, K. and Norheim, G. 1983. Overvåking av PCB, kvikksølv og kadmium i sjøvannsmiljø. Oslofjordområdet 1981 - 82. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp 119/84. SFT/NIVA, Oslo. 24 pp.

- Fisher, H. 1984. Cadmium content / shell weight of mussels: a precise index for environmental monitoring. ICES symposium on contaminant flux through the coastal zone. No. 36/poster. 5 pp.
- Knutzen, J. and Kirkerud, L. 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (*Mytilus* spp.) som indikator på klorerte hydrokarboner - bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. 0-83091, Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 32 pp.
- Lobel, P. B. and Wright, D. A. 1982. Total body zinc concentration and allometric growth ratios in *Mytilus edulis* collected from different shore levels. *Mar. Biol.* 66, 231 - 236.

V E D L E G G

Tabell A1. Kvikksølv i vannprøver fra Drøbaksundet (Solbergstrand) og Færder, ug/l.

Sted	Dyp	1982		1983	
		median	n	median	n
Solbergstrand	1	<0.01	7	0.03	4
	5	<0.01	7	0.02	3
	10	-		0.02	1
	25	-		0.04	2
Færder	1	-		0.3	2
	10	-		0.05	2
	25	-		0.11	2

Tabell A2. PCB i blåskjell og reker, blandprøver av ca 50 individer av blåskjell, ca 100 individer av reker, mg/kg våtvekt.

Prøve	Stasjon	Lengde cm	1981	1982	1983	
Blå- skjell	Solbergstr.	2-3		0.032	0.020	
		3-4	0.10	0.047	0.022	
		4-5		0.065	0.021	
	Rødtangen	2-3			0.049	-
		3-4	0.05		0.062	-
		4-5			0.063	-
	Mølen	2-3			0.047	0.019
		3-4	0.09		0.046	0.022
		4-5			0.031	0.019
	Færder	2-3			*	0.008
		3-4	0.04		*	0.011
		4-5	-		-	0.010
	Bjørkøya	2-3			0.051	0.008
		3-4	0.04		0.057	0.009
		4-5			0.059	0.010
	Fugleskjær	2-3			0.053	-
		3-4	0.14		0.025	-
		4-5			0.028	-
	Sponvika	2-3			0.013	-
		3-4	0.03		0.037	-
		4-5			0.117	-
	Tisler	3-4		-	0.016	-
		4-5			0.014	-
	Reker	Holmestrand		-	0.019	-

*) For lite materiale til analyse.

Tabell A3. Kvikksølv i blåskjell og reker, blandprøver av ca 50 individer av blåskjell, ca 100 individer av reker, mg/kg våtvekt.

Prøve	Stasjon	Lengde cm	1981	1982	1983	
Blå- skjell	Solbergstr.	2-3		0.016	0.014	
		3-4	0.035	0.015	0.015	
		4-5		0.014	0.016	
	Rødtangen	2-3			0.032	-
		3-4		0.038	0.030	-
		4-5			0.027	-
	Mølen	2-3			0.018	0.020
		3-4		0.036	0.036	0.016
		4-5			0.022	0.018
	Færder	2-3			0.024	0.013
		3-4		0.028	0.014	0.011
		4-5		-	-	0.011
	Bjørkøya	2-3			0.058	0.044
		3-4		0.092	0.059	0.050
		4-5			0.098	0.049
	Fugleskjær	2-3			0.041	-
		3-4		0.061	0.025	-
		4-5			0.029	-
Sponvika	2-3			0.027	-	
	3-4		0.027	0.023	-	
	4-5			0.033	-	
Tisler	3-4		-	0.024	-	
	4-5			0.020	-	
Reker	Holmestrand		-	0.114	-	

Tabell A4. Kadmium i blåskjell og reker, blandprøver av ca 50 individer av blåskjell, ca 100 individer av reker, mg/kg våtvekt.

Prøve	Stasjon	Lengde cm	1981	1982	1983	
Blå- skjell	Solbergstr.	2-3		0.21	0.26	
		3-4	0.25	0.18	0.28	
		4-5		0.18	0.26	
	Rødtangen	2-3			0.33	-
		3-4		0.4	0.43	-
		4-5			0.36	-
	Mølen	2-3			0.27	0.26
		3-4		0.3	0.42	0.22
		4-5			0.24	0.26
	Færder	2-3			0.12	0.17
		3-4		0.4	0.15	0.18
		4-5		-	-	0.16
	Bjørkøya	2-3			0.27	0.27
		3-4		1.2	0.26	0.33
		4-5			0.44	0.32
	Fugleskjær	2-3			0.36	-
		3-4		0.8	0.26	-
		4-5			0.31	-
	Sponvika	2-3			0.28	-
		3-4		0.7	0.32	-
		4-5			0.36	-
Tisler	3-4		-	0.21	-	
	4-5			0.23	-	
Reker	Holmestrand			0.01	-	

Tabell A5. Kobber, sink, mangan, nikkel, bly, DDT-derivater og heksaklorbenzen i blåskjell, 1983. mg/kg våtvekt.

Sted	Størr., cm	Cu	Zn	Mn	Ni	Pb	∑ ppDDE, ppDDT	HCB
Solbergstr.	2.	1.7	23	1.0	0.28	0.38	0.0020	0.0028
	3.	1.4	17	1.1	0.23	0.36	0.0021	0.0027
	4.	1.3	17	1.0	0.18	0.34	0.0030	0.0020
Mølen	2.	1.2	17	1.0	0.20	0.32	0.0024	0.0024
	3.	1.8	14	1.0	0.18	0.28	0.0034	0.0024
	4.	1.2	18	1.0	0.18	0.39	0.0036	0.0021
Færder	2.	1.2	13	1.1	0.17	0.17	0.0015	0.0033
	3.	1.5	15	1.1	0.21	0.14	0.0018	0.0032
	4.	1.3	13	1.1	0.18	0.16	0.0018	0.0026
Bjørkøya	2.	1.1	17	5.6	0.37	0.27	0.0012	0.0018
	3.	1.0	14	1.4	0.24	0.24	0.0014	0.0018
	4.	1.0	16	1.0	0.24	0.31	0.0017	0.0012

Tabell A6. Analyseresultater for torskeprøver fra Færder høsten 1983, mg/kg våtvekt.

Nr	Dato	Kjønn	Alder år	Vekt g	Lengde cm	L E V E R					M U S K E L			
						HCB	DDE	PCB	Fett Tørrv. %	Hg Tørrv. %				
1	831201	2	8.7	7330	100	163.3	0.16	0.13	1.09	14.20	41.0	43.4	1.31	17.8
2	831201	2	2.7	710	39	4.6	0.68	<0.01	0.06	0.81	3.8	27.0	0.08	18.3
3	831201	2	3.7	5000	76	140.0	0.03	0.05	0.19	1.70	53.0	35.9	0.20	20.9
4	831201	1	2.7	540	37	4.1	0.25	<0.01	<0.05	0.47	2.4	-	0.09	18.8
5	831201	2	2.7	500	38	3.9	0.24	<0.01	<0.05	0.25	1.7	40.1	0.12	18.9
6	831201	1	2.7	1400	52	19.7	0.40	0.01	0.06	0.68	8.4	26.5	0.19	19.3
7	831201	2	2.7	730	42	10.2	0.31	0.04	0.18	3.00	40.0	50.2	0.20	19.0
8	831201	2	2.7	795	44	8.1	0.23	<0.01	<0.05	0.64	1.4	30.9	0.13	18.7
9	831201	2	3.7	1620	58	9.0	0.21	<0.01	0.07	0.99	3.8	26.3	0.14	18.5
10	831201	2	2.7	550	36	5.7	0.09	<0.01	<0.05	0.07	1.4	22.7	0.09	16.8
11	831201	1	2.7	1270	50	36.0	0.04	0.05	0.13	1.80	48.0	25.1	0.13	19.1
12	831201	2	2.7	1240	48	8.2	0.12	<0.01	0.07	1.10	7.0	42.0	0.04	17.5
13	831201	1	4.7	3040	70	19.9	0.33	<0.01	0.06	1.10	2.6	25.8	0.18	17.4
14	831201	2	3.7	3050	58	42.2	0.04	0.06	0.31	4.30	52.0	51.9	0.18	18.6
15	831201	2	2.7	320	33	2.9	0.23	<0.01	<0.05	0.26	2.8	-	0.11	17.8
16	831201	1	4.7	2470	64	37.7	0.13	0.07	0.53	4.50	47.0	47.0	0.20	18.2
17	831201	2	1.7	600	40	5.4	0.11	<0.01	<0.05	0.32	4.7	26.1	0.08	18.3
18	831201	2	3.7	1040	48	18.3	0.42	<0.01	<0.05	0.19	3.1	26.8	0.10	18.1
19	831201	1	2.7	710	42	6.2	0.26	<0.01	<0.05	0.38	2.8	25.6	0.12	19.4
20	831201	2	3.7	1620	70	23.3	0.10	0.04	0.26	3.10	40.0	45.6	0.15	19.8
21	831201	2	2.7	650	49	5.8	0.22	0.01	0.17	1.80	7.1	24.4	0.05	18.7
22	831201	1	1.7	650	42	17.2	0.06	0.04	0.08	1.40	52.0	54.1	0.12	18.4
23	831201	1	2.7	500	38	6.4	0.36	<0.01	<0.05	0.22	4.1	29.1	<0.01	19.9

Tabell A7. Analyseresultater for skrubbeflyndre fra Sandebukta høsten 1983, mg/kg våtvekt.

Nr	Dato	Kjønn 1=♂ 2=♀	Alder år	Vekt g	Lengd cm	L E V E R					M U S K E L		
						Cd	HCB	DDE	PCB	Fett Tørrv. %	Hg Tørrv. %		
1	831229	1	4.7	140	23	-	<0.01	<0.05	0.10	6.8	23.1	0.07	24.9
2	831229	2	4.7	280	30	0.28	<0.01	0.05	0.14	2.9	27.1	0.23	23.4
3	831229	1	2.7	140	25	-	<0.01	<0.05	0.11	3.0	-	0.10	24.9
4	831229	2	2.7	210	27	0.13	<0.01	<0.05	0.11	1.7	26.4	0.10	22.9
5	831229	1	3.7	140	24	0.17	<0.01	<0.05	0.07	2.5	-	0.25	26.0
6	831229	1	3.7	200	28	0.27	<0.01	<0.05	0.10	4.4	-	0.10	23.6
7	831229	2	2.7	160	25	0.09	<0.01	0.07	0.21	4.4	-	0.12	23.8
8	831229	1	2.7	150	26	0.14	<0.01	<0.05	0.13	5.8	-	0.09	24.5
9	831229	2	3.7	200	26	0.09	<0.01	<0.05	0.31	9.0	30.3	0.13	23.0
10	831229	2	3.7	280	29	0.13	<0.01	<0.05	0.07	6.0	28.5	0.34	24.3
11	831229	1	3.7	230	28	0.31	<0.01	<0.05	0.08	3.6	-	0.10	24.1
12	831229	1	2.7	150	25	0.16	<0.01	0.12	0.59	5.8	-	0.13	24.9
13	831229	2	3.7	230	26	0.07	<0.01	<0.05	0.06	3.8	32.6	0.08	24.1
14	831229	2	3.7	320	31	0.27	<0.01	<0.05	0.20	6.4	32.2	0.29	23.9
15	831229	2	3.7	200	27	0.22	<0.01	0.07	0.39	4.7	-	0.10	26.3
16	831229	1	3.7	200	28	0.34	<0.01	<0.05	0.10	7.2	-	0.10	25.7
17	831229	2	3.7	130	24	0.13	<0.01	<0.05	<0.05	4.4	-	0.08	24.5
18	831229	2	2.7	150	24	0.06	<0.01	<0.05	0.14	5.4	30.3	0.11	25.4
19	831229	1	3.7	280	32	0.29	<0.01	<0.05	0.16	14.0	34.0	0.16	25.5
20	831229	2	3.7	410	34	0.19	<0.01	<0.05	0.17	10.0	29.0	0.27	23.3
21	831229	2	2.7	170	25	0.28	<0.01	<0.05	0.10	5.0	-	0.11	23.9
22	831229	2	3.7	290	29	0.70	0.01	<0.05	0.17	11.4	-	0.20	24.2
23	831229	2	2.7	270	29	0.26	<0.01	<0.05	0.08	4.0	27.1	0.12	21.4
24	831229	1	2.7	170	26	0.17	<0.01	<0.05	0.14	6.4	-	0.13	25.0
25	831229	2	4.7	220	26	0.29	0.01	0.11	0.69	13.2	27.9	0.32	22.0

Tabell A8. Flerdimensjonal regresjon av PCB mot biologiske parametre.

-- REGR 'LOGPCB' 4 'LOGAGE' 'LOGLTH' 'LOGWT' 'LOGFAT'

74 CASES USED

2 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	--	-7.6629	2.0581	-3.72
X1	LOGAGE	0.4185	0.4114	1.02
X2	LOGLTH	4.1266	1.2575	3.28
X3	LOGWT	-0.9579	0.4231	-2.26
X4	LOGFAT	0.5705	0.0665	8.58

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS

S = 0.2398

WITH (74- 5) = 69 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 71.8 PERCENT

R-SQUARED = 70.2 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	4	10.12740	2.53185	44.02
RESIDUAL	69	3.96841	0.05751	
TOTAL	73	14.09582		

Tabell A9. Flerdimensjonal regresjon av Hg mot biologiske parametre.

-- REGR 'M.HG' 4 'AGE' 'LENGTH' 'WEIGHT' 'L.FAT'

74 CASES USED

2 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	--	-0.0236	0.0468	-0.50
X1	AGE	0.0294	0.0112	2.62
X2	LENGTH	0.0009	0.0015	0.62
X3	WEIGHT	0.0179	0.0149	1.20
X4	L.FAT	-0.0006	0.0003	-2.10

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS

S = 0.04644

WITH (74 - 5) = 69 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 55.5 PERCENT

R-SQUARED = 52.9 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	4	0.185669	0.046417	21.52
RESIDUAL	69	0.148802	0.002157	
TOTAL	73	0.334472		

Tabell A10. Flerdimensjonal regresjon av Cd mot biologiske parametre.

-- REGR 'LOGCD' 4 'LOGAGE' 'LOGLTH' 'LOGWT' 'LOGFAT'

74 CASES USED

2 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	--	-3.7157	2.1229	-1.75
X1	LOGAGE	1.1210	0.4244	2.64
X2	LOGLTH	1.6709	1.2971	1.29
X3	LOGWT	-0.9599	0.4364	-2.20
X4	LOGFAT	-0.5352	0.0686	-7.80

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS

S = 0.2474

WITH (74- 5) = 69 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 61.3 PERCENT

R-SQUARED = 59.0 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	4	6.68011	1.67003	27.29
RESIDUAL	69	4.22255	0.06120	
TOTAL	73	10.90266		

-- OUTUNIT 1