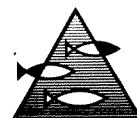





O-92008

Undersøkelser av PCB i det marine miljø
utenfor ubåtbunker ved
Nordrevåg, Bergen

Fase 1 - innledende observasjoner 1992



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92008	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2789	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Brevikveien 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel: Undersøkelse av PCB i det marine miljø utenfor ubåtbunker ved Nordrevåg, Bergen. Fase 1 - innledende observasjoner.	Dato:	Trykket:
	18.9.92	NIVA 1992
Forfatter(e): Vilhelm Bjercknes Norman Green Jarle Klungsøyr (HI) Svein Wilhelmsen (HI)	Faggruppe:	Geografisk område:
	Marin økologisk	Bergen / Hordaland
	Antall sider:	Opplag:
	29	

Oppdragsgiver: Sjøforsvarets Forsyningskommando (SFK)	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Det er registrert PCB-forurensning i sedimenter nær en ubåtbunker i Nordrevåg, Bergen: opp til ca. 1000 ganger "normalnivået". Også i torsk, lomre og krabbe ble det konstatert markerte til store overkonsentrasjoner: 5-20 ganger "antatt høyt bakgrunnsnivå". I blåskjell var det derimot bare moderate overkonsentrasjoner (opp mot 2 ganger) og liten forskjell mellom prøvestedene nær og lenger unna (1.5 km). Undersøkelsene bør følges med en nærmere kartlegging av forurensningens utbredelsesområde både i sedimenter og et utvalg av spiselige organismer. Mulige økologiske skader kan først bedømmes etter observasjoner av bunndyrsamfunn.

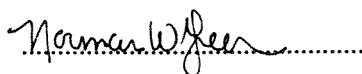
4 emneord, norske

1. Miljøgifter
2. PCB
3. Indikatorarter
4. Sedimenter

4 emneord, engelske

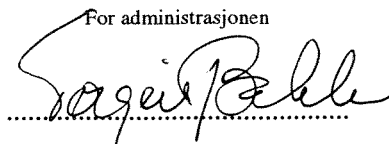
1. Micropollutants
2. PCB
3. Indicator organisms
4. Sediments

Prosjektleder



Norman Green

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2175-1

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	2
BAKGRUNN	3
MATERIALE OG METODE	4
RESULTATER OG DISKUSJON	8
Sediment	8
Blåskjell	9
Krabbe	11
Fisk	11
REFERANSER	16

Sammendrag og konklusjoner

Området utenfor ubåtbunkeren ved Nordrevåg i Bergen havn ble undersøkt for PCB i sediment, blåskjell, krabbe, lomre og torsk i januar-februar 1992. Fem blåskjellstasjoner i området Bergen havn samt krabbe og lomre fra Alvøy i Øygarden kommune ble undersøkt i samme periode.

Resultatene fra Nordrevåg viste sterke overkonsentrasjoner av PCB i sediment (40-1600 ganger over antatt øvre bakgrunnsnivå) og i torskelever (10 ganger) og i mindre grad også torskefilet (4 ganger) og blåskjell (mindre enn to ganger).

Det ble også registrert signifikant høyere konsentrasjoner av PCB i krabbesmør og lomre (både lever og filet) fanget i Nordrevåg i forhold til prøver fra referansestasjonen i Øygard kommune.

Konsentrasjon av PCB i blåskjell fra Nordrevåg og fem andre stasjoner i Bergen havneområde var moderat forhøyede (dvs. mellom 1 og 2 ganger). Det ble ikke sporet noe entydig økende gradient mot Nordrevåg, noe som indikerer at overflatevannet i liten grad påvirkes av PCB-forurensningen i Nordrevåg.

Det anbefales at Fase 2 iverksette med sikte på å: 1) kartlegge PCB-forurensningens utbredelsesområde i sediment og utvalgte spiselige organismer, 2) undersøke bløtbunnsorganismers innhold av PCB med tanke på fødeopptak i fisk. Også utlekkingsforsøk kan vurderes.

Før eventuell bedømmelse av økologiske effekter vil det være nødvendig med undersøkelser av bunndyrsamfunn (som er de mest utsatte).

1. BAKGRUNN

Høsten 1991 ble det påvist høye konsentrasjoner av polyklorete bifenyler (PCB) i marine sedimenter utenfor Sjøforsvarets ubåtbunker i **Nordrevågen** på vestsiden av Laksevågneset (Noteby 1991). På denne bakgrunn rettet Environmental Consultants A.S.(ENCO), på vegne av Sjøforsvarets Forsyningskommando (SFK), likelydende forespørsler til Havforskningsintituttet (HI) og Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) om å utføre marinbiologiske undersøkelser i området. Etter ENCO's forespørsel, datert 3. desember 1991, formulerte NIVA/HI den 12.desember følgende **målsetninger**:

Fase 1 : Undersøke om det finns høye konsentrasjoner i Nordrevåg og en klar gradient på strekningen Laksevåg-Kvarven.

Fase 2: Kartlegging av PCB-forurensningens utbredelsesområde i sedimenter og utvalgte spiselige organismer. Undersøkelse av PCB i bløtbunnsorganismer med tanke på fødeopptak i fisk. Vurdere utlekkingsforsøk. Fase 2 iverksettes dersom Fase 1 avdekker høye konsentrasjoner og gradienter.

Havforskningsinstituttet og NIVA fant det mest hesniktsmessig å gjennomføre prosjektet i samarbeid, og leverte et felles tilbud om undersøkelse, datert 21. desember 1991. I tillegg er ekstra innsamling av sedimentprøver blitt gjennomført i henhold til ENCO's brev av 27.januar 1992.

Følgende arbeidsdeling ble avtalt mellom instituttene:

Innsamling og opparbeiding av biologisk materiale og sedimenter:	NIVA
PCB-analyser:	HI
Rapportering:	NIVA/HI

Dessuten bidro SFK vesentlig med innsamlingen.

Denne rapporten tar for seg fase 1.

2. MATERIALE OG METODE

Innsamlingen av prøver fokuserte på området i nærheten av ubåtbunkereren i Nordrevåg samt en referansestasjon ved østsiden av Alvøy (Hjeltefjorden) i Øygarden kommune (fig. 1 og 2).

Sedimentkjerneprøver ble innsamlet 15. februar 1992 på ca. 15m dyp utenfor ubåtbunkereren. Seks sedimentkjerner ble tatt av en dykker vha. plexiglassrør. Av disse ble to kjerner valgt ut til analyse. Disse betraktes som to parallelle kjerner da de ble tatt i en avstand av ca. 2m fra hverandre. Begge kjerner ble snittet i skiver fra 0-2 og 4-6 cm, mens bare den ene kjernen var lang nok til å bli snittet i skiver fra 18-20 og 24-26 cm. Dvs. totalt 6 prøver ble sendt til HI for analyse. Det ble ikke innsamlet sediment fra Øygarden.

Blåskjell ble samlet inn fra 6 ulike stasjoner i Byfjorden 24. februar 1992 (fig. 2):

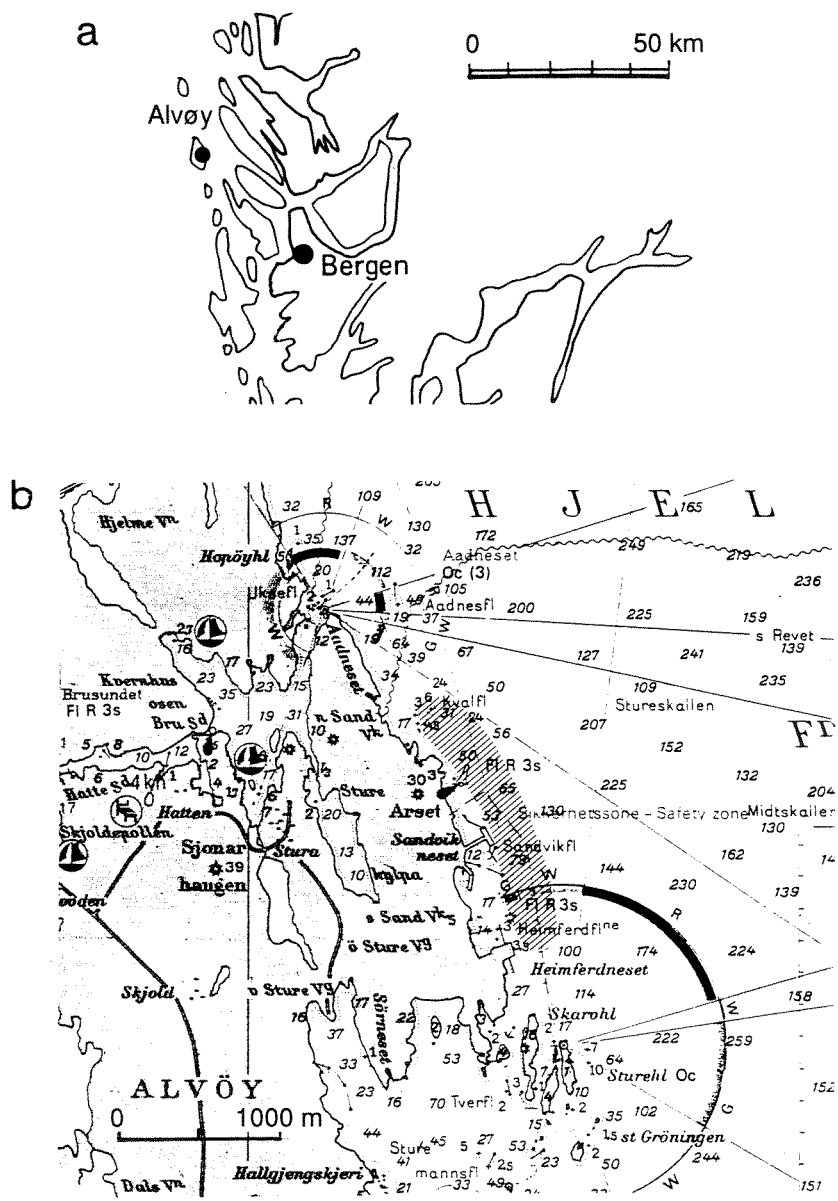
- St.1 Damsgårdssund
- St.2 BMV, Laksevåg,
- St.3 Nordrevåg (ubåtbunkereren)
- St.4 Valheimsneset
- St.5 Kvarven fyr
- St.6 Nordnespynten

På hver stasjon ble det tatt 2 blandprøver à 50 individer 3-5cm store blåskjell fra 3-5 meters dyp. Prøvene ble holdt levende i sjøvann, og opparbeiding av blandprøver ble foretatt fortløpende i løpet av 7 dager etter innsamling.

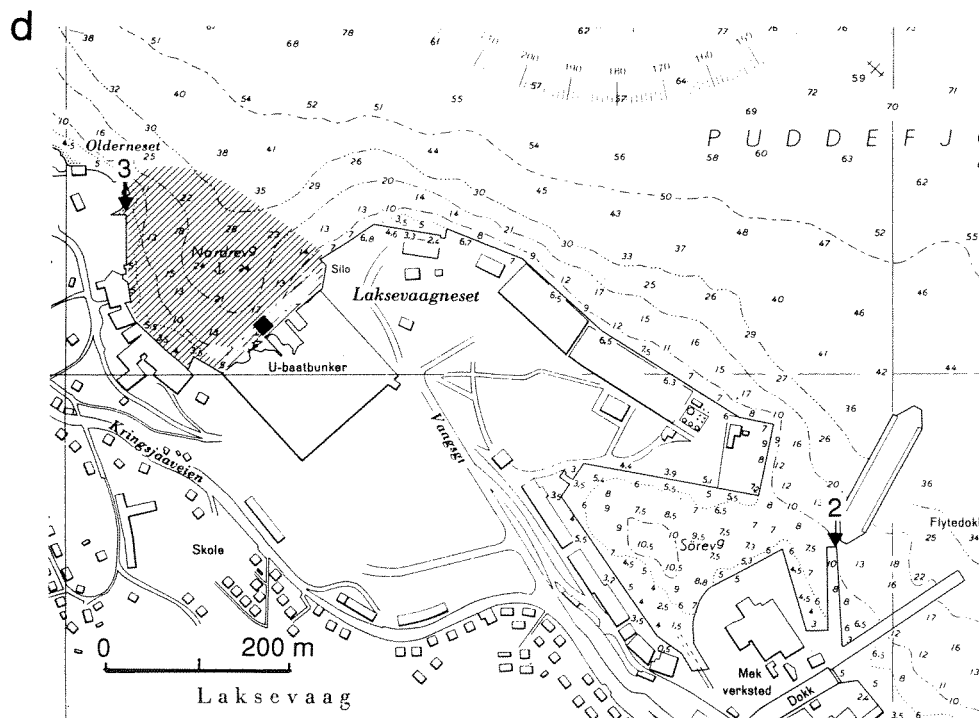
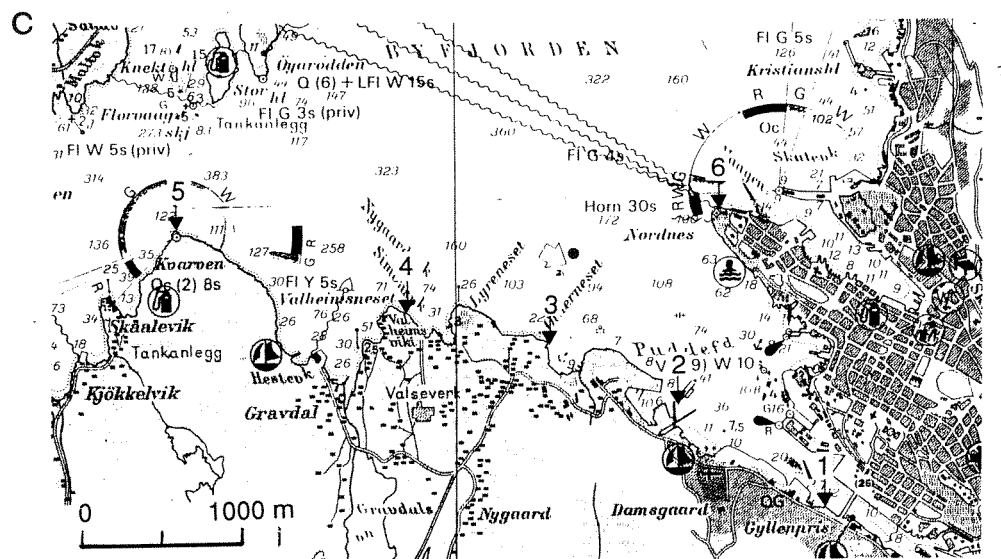
Innsamling av fisk og krabbe ble foretatt i tidsrommet 14. januar til 7. februar 1992. Ved Nordrevåg ble det brukt trollgarn og ruser som innsamlingsredskap. Garn ble satt om kvelden og trukket neste morgen. Ruser ble satt og trukket to ganger pr uke. Fangsten ble nedfrosset rund umiddelbart, for senere opparbeiding. Fisket foregikk over hele Nordrevågen fra ca. 5 til ca 30 meters. dyp.

Fisk i Øygarden ble innsamlet av en lokal fisker i samme tidsrom som ved Ubåtbunkereren. All fangst ble tatt med ruser, som ble tømt omtrent ukentlig. Fangsten ble frosset umiddelbart.

Det innsamlete og analyserte materiale består av sedimenter, blåskjell (*Mytilus edulis*), taskekrabbe (*Cancer pagurus*), lomre (*Microstomus kitt*) og torsk (*Gadus morhua*). Av sedimentene er det tatt ut delprøver i ulike dybdeintervall. Av blåskjell er det tatt prøver av bløtdelene. Av krabbe er det tatt krabbesmør (hepatopaneas, dvs "brunkjøtt" i skallinmaten). Av fisken er det tatt prøver av lever og filét. Tørrvekt og fettprosent i de biologiske prøvene finnes i tabell 5 i vedlegg.



Figur 1. Kart over innsamlingssted i området ved Nordrevåg (Bergen) og referansestasjon ved Alvøy i Øygarden kommune (A). Fangst sted for lomre og krabbe i Øygarden er merkert med skravering på detaljkartet. (B).



Figur 2. Detaljkart over innsamlingssted i Bergen Havn (C) og i nærheten av ubåtbunkerer ved Nordrevåg (D). Blåskjell stasjoner er merket med pil, fangststed for lomre og torsk er merket med skravering, og sediment innsamlingsområdet er markert med rute.

I tillegg til blåskjell (se ovenfor) er følgende materiale opparbeidet og analysert for PCB:

Nordrevåg (Ubåtbunkenen):

Sediment	2 prøver av 0-2 cm fra to kjerner fra 15 m dyp 2 prøver av 4-6 cm fra to kjerner fra 15 m dyp 1 prøve fra 18-20 cm fra en kerne fra 15 m dyp 1 prøve fra 24-26 cm fra en kerne fra 15 m dyp
Krabbesmør:	1 blandprøve à 10 hannkrabber 1 blandprøve à 10 hunnkrabber
Lomrefilét:	5 blandprøver à 5 individ 1 blandprøve à 2 individ
Lomrelever:	5 blandprøver à 5 individ 1 blandprøve à 2 individ
Torskefilét:	3 blandprøver à 5 individ
Torskelever:	3 blandprøver à 5 individ

Øygarden (referansestasjon):

Krabbesmør:	1 blandprøve à 10 hunnkrabber 1 blandprøve à 10 hannkrabber
Lomrefilét:	2 blandprøver à 5 individ
Lomrelever:	2 blandprøver à 5 individ

Alle prøver ble analysert for PCB ved Havforskningsinstituttet (HI). Metoden anvender kapillarkolonner og kvantifisering ved gasskromatografi (GC) utstyrt med electron capture detektor. Tretten enkelte PCB komponenter (kongenerer eller **CB**) ble kvantifisert: CB-28, -31, -52, -101, -105, -118, -128, -138, 149, -153, -156, -170, og -180. Dessuten ble sediment kvantifisert for total PCB vha. Clophen A60.

En detaljert beskrivelse av analysemetodene er gitt i vedlegg.

Datamaterialet ble behandlet ved NIVA ved hjelp av MINTAB statistikkpakke. To statistiske tester ble brukt (jfr., Elliot, 1983): en F-test og en parvis t-test. I F-testen testes det om variansen i to prøver er signifikant forskjellige. Den parvise t-testen tester om det er systematisk forskjell mellom konsentrasjon av de enkelte Cber. Det er alminnelig å gradere resultatene på fire signifikansnivå: ikke signifikant ($p > 0.05$), 5% ($p < 0.05$), 1% ($p < 0.01$) og 0.1% ($p < 0.001$).

Dataene for biologisk materiale ble konvertert til fettvektbasis dette gjør dataene mer sammenlignbare. Alle data ble \log_e -transformert. Dette gjør at dataene blir mer normalfordelt, noe som er et krav for denne typen statistiske tester.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Alle rådata fra analysene framgår av vedlegg.

3.1. Sediment

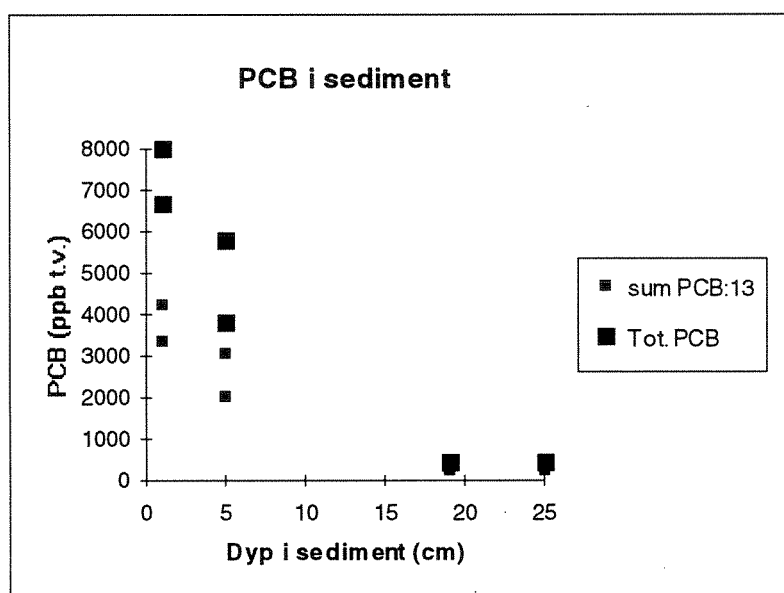
Alle rådata er gjengitt i tabell 4 i vedlegg.

Konsentrasjon av PCB, uttrykt som sum av 13 CBer, i sediment ned til 26cm i Nordrevågen lå mellom 200 og 5000 ppb tørrvekt (fig.3). Dette utgjorde ca. halvparten av den estimerte total-PCB-konsentrasjonen, som varierte mellom 400 og 8000 ppb tørrvekt. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller ($p>0.05$) mellom de to øverste sedimentsnittene (0-2 og 4-6cm) (tab. 1). Derimot ble det funnet vesentlig mer PCB ($p<0.001$) i disse dybdeintervallene i forhold til 18-20 og 24-26cm-intervallene. Dette ble bekreftet for alle PCB-forbindelser bortsett fra CB-28 og CB-31.

Nivåene av total PCB i sediment var betydelig (4-80 ganger) over 100 ppb tørrvekt som er den foreslåtte nedre grense til "sterkt" forurenset sediment (Knutzen og Skei, 1990 og Knutzen, 1992). Verdiene lå dessuten 40-1600 ganger over øvre grense for lite eller ubetydelig påvirket sediment. Konsentrasjonene av sum CB i 0-6cm laget ligger høyere enn de høyeste PCB (sum av 13 CBer) funnet i overflatesediment i Oslo havn (Koneiczny, 1992, upublisert). Knickmeyer og Steinhart (1988) analyserte overflatesediment i Nordsjøen utenfor den norske vestkysten og fant konsentrasjoner av PCB (sum av 24 CBer) under 2 ppb tørrvekt. Målinger gjort av NIVA og HI i 1990 i samme område bekrefter dette (Green og Klungsøyr, upublisert).

Gasskromatogrammene viste at sedimentene i hovedsak var forurenset med en PCB-olje med 60% kloreringsgrad, som f.eks. Clophen A-60. Mønsteret av enkeltkomponenter var ganske like nedover i kjernen.

Uten datering av sedimentkjernene er det vanskelig å fastslå hvilken tidsperiode disse prøvene representerer.



Figur 3. PCB i sediment fra Nordrevågen for sum av 13 PCB forbindelser og estimat av total PCB.

Tabell 1.F-verdier fra F-test som tester forskjell i PCB konsentrasjon av enkelte CB forbindelser i tre **sedimentsnitt** fra ubåtbunkerer : overflatesediment (0-2cm)-**A**, 4-6cm **B** og dypeste sedimentsnitt (18-20 og 24-26cm) **C**. Positive fortegn indikerer at konsentrasjon var større i overliggende sedimentsnitt. Signifikant nivå sammenlignet ved kritiske F (1 - 2 frihetsgrader) og F (1 - 4) verdier er indikert ved: ns = ikke signifikant, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, og ***= $p < 0.001$. "u" betyr utilstrekkelig data set.

CB nr.	A og B	A og C	B og C	AB og C
28	-3,09 ns	11,28 ns	19,28 *	26,92 **
31	-1,10 ns	u	u	u
52	0,73 ns	181,83 **	110,16 **	175,41 ***
101	3,31 ns	>27000 ***	175,33 **	199,64 ***
105	4,29 ns	673,57 **	105,00 **	108,06 ***
118	1,75 ns	576,85 **	189,61 **	239,81 ***
128	3,10 ns	648,23 **	147,78 **	138,41 ***
138	3,62 ns	486,31 **	137,37 **	116,17 ***
149	3,99 ns	1102,3 ***	123,7 **	116,86 ***
153	3,93 ns	784,07 **	123,49 **	109,77 ***
156	3,94 ns	1361,28 ***	122,63 **	117,05 ***
170	4,58 ns	1077,61 ***	107,90 **	93,87 ***
180	4,64 ns	541,79 **	87,48 *	82,62 ***
SUM-CB	3,87 ns	1046,39 ***	129,88 **	120,39 ***
"Total PCB	3,76 ns	966,97 **	121,53 **	115,08 ***

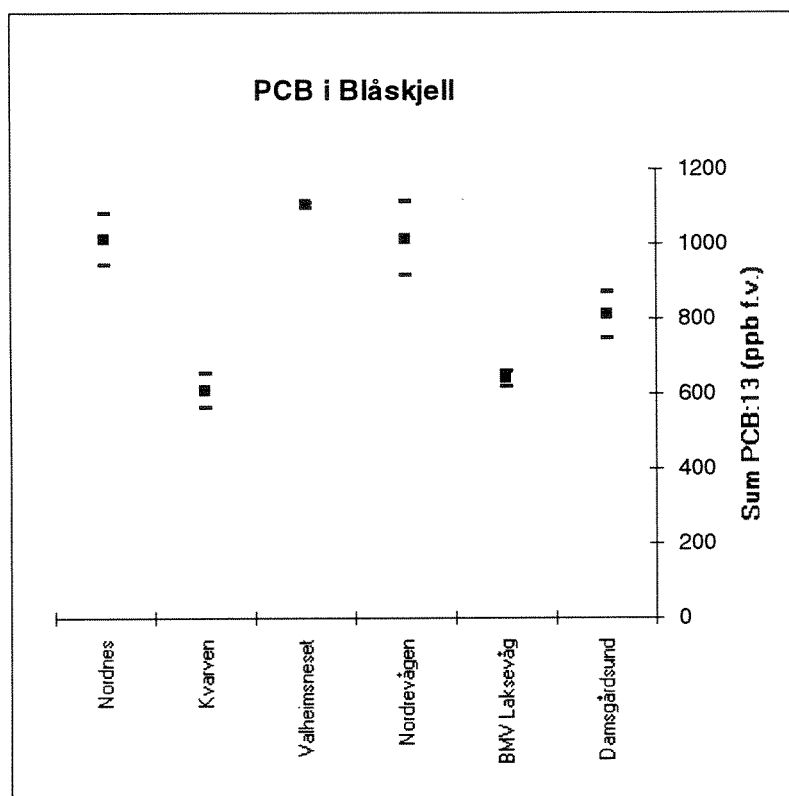
3.2. Blåskjell

Rådata er gjengitt i tabell 6 i vedlegg.

Konsentrasjon av PCB (sum av 13 CBer) i blåskjell fra de 6 stasjonene undersøkt i Bergen Havn varierte fra 10 til 17 ppb våtvekt (500 til 1200 ppb på fettbasis) (fig.4). De høyeste verdiene (på våtvekt basis) ble funnet i Nordrevågen. Alle verdiene lå litt over antatt øvre bakgrunnsnivå for "total" PCB (mindre enn 2 ganger) og kan betegnes som moderat påvirket (Knutzen og Skei, 1990 og Knutzen 1992). Andre undersøkelser tyder på at summen av enkeltforbindelser representerer bare omkring halvparten av total PCB (Green, upubliserte data).

Selv om de høyeste verdiene ble funnet i Nordrevågen, ble det på fettvektbasis funnet få signifikante forskjeller mellom prøvene fra Nordrevågen og de øvrige stasjonene (tab. 2). Bortsett fra noen få PCB- forbindelser ble det ikke funnet noen forskjell mellom prøvene fra Nordrevågen og prøvene fra Damsgårdsund, Valheimsneset, eller Nordnespynten. Konsentrasjonene i blåskjell fra BMV, Laksevåg og Kvarven fyr lå signifikant lavere ($p < 0.05$) for sum-CB, og for de fleste CB-forbindelser enn de øvrige stasjoner. Det vil si at det ikke fantes klare gradienter ut fra Nordrevågen. Blåskjell ble innsamlet fra 3-5m dyp, og resultatene kan tyde på at overflatevann ned til ca. 5m er lite påvirket av det forurensede sedimentet i Nordrevågen.

Mønstrene i PCB-kromatogrammene var ganske like, noe som tyder på at skjellene var påvirket av en (eller flere) felleskilde(r).



Figur 4. Konsentrasjon av PCB (sum av 13 PCB forbindelser) i blåskjell i området omkring Nordrevågen. Middelkonsentrasjon \pm standard avvik er vist.

Tabell 2. F-verdier fra F-test som tester forskjell i PCB-konsentrasjon (på fettvekt-basis) av enkelte PCB forbindelser (CB) i blåskjell fra Nordrevåg (St.3) og Damsgårdsund (St.1), BMV Laksevåg (St.2), Valheimsneset (St.4), Kvarven fyr (St.5) og Nordnes (St.6). Positive fortegn indikerer at konsentrasjonen var større i blåskjell fra Nordrevåg enn sammenlignet stasjon. Signifikant nivå sammenlignet ved kritiske F (1 - 2 frihetsgrader) verdier er indikert ved: ns = ikke signifikant, * = $p < 0.05$, og ** = $p < 0.01$.

CB nr.	St. 3 og 1	St. 3 og 2	St. 3 og 4	St. 3 og 5	St. 3 og 6
28	21,19 *	46,75 *	0,42 ns	44,74 *	33,97 *
31	42,40 *	54,65 *	0,00 ns	72,07 *	13,93 ns
52	0,59 ns	5,63 ns	-2,44 ns	24,18 *	0,03 ns
101	0,02 ns	4,72 ns	-1,76 ns	20,87 *	-2,81 ns
105	1,47 ns	11,40 ns	-15,53 ns	1,79 ns	-8,20 ns
118	0,86 ns	5,59 ns	-13,26 ns	6,30 ns	-12,35 ns
128	8,77 ns	68,29 *	-3,81 ns	27,74 *	-0,54 ns
138	10,03 ns	54,58 *	-1,24 ns	34,92 *	0,02 ns
149	3,05 ns	23,36 *	0,13 ns	26,28 *	0,28 ns
153	13,47 ns	37,94 *	1,35 ns	37,26 *	1,21 ns
156	0,10 ns	5,56 ns	-0,18 ns	5,56 ns	1,66 ns
170	15,72 ns	27,29 *	-6,24 ns	41,95 *	5,86 ns
180	34,82 *	124,57 **	1,13 ns	19,61 *	15,10 ns
SUM-CB	6,61 ns	38,85 *	-1,41 ns	34,65 *	0,00 ns

3.3. Krabbe

Rådata er gjengitt i tabell 10 i vedlegg.

Konsentrasjonen av PCB i krabbesmør var signifikant høyere i både hunn- og hannkrabber fra Nordrevåg enn fra Øygarden (referanse) ($p < 0.01$, tabell 3). Det er tilstrekkelig datamateriale til å fastslå normalnivået i krabbe, men resultatene (tabell 10 i vedlegg) viser en forskjell mellom krabbene fra Nordrevåg og Øygarden på ca. 3 og ca. 10 ganger, henholdsvis for hunner og hanner (tabell 10 i vedlegg). Den bemerkelsesverdige høyere konsentrasjonen i hunnkrabber jamført med hannkrabber fra referansestasjonen kan ikke forklares ut fra fettinnholdet (som gir økt forskjell ved omregning til fettbasis). Ved eventuelle nye analyser av krabbe, bør det inkluderes ytterligere en referansestasjon.

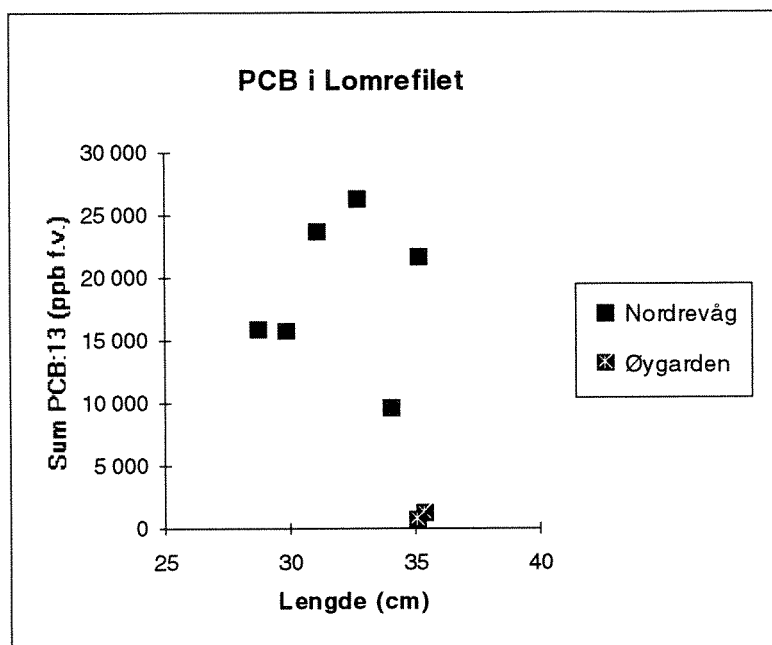
Tabell 3. T-verdier fra parvis t-test som tester parvis forskjell i PCB-konsentrasjon (på fettvekt- basis) mellom de enkelte PCB-forbindelsene (CB) i **krabbesmør** fra Nordrevåg og Øygarden (referanse). Positive fortegn indikerer at konsentrasjonen var større i krabbesmør fra ubåtbunkeren enn fra referansestasjonen. Signifikant nivå sammenlignet ved kritiske T (11 og 12 frihetsgrader) verdier er indikert ved: ** = $p < 0.01$ og *** = $p < 0.001$.

kjønn	n	t-verdi
hann	12	25.19 ***
hunn	13	4.29 **

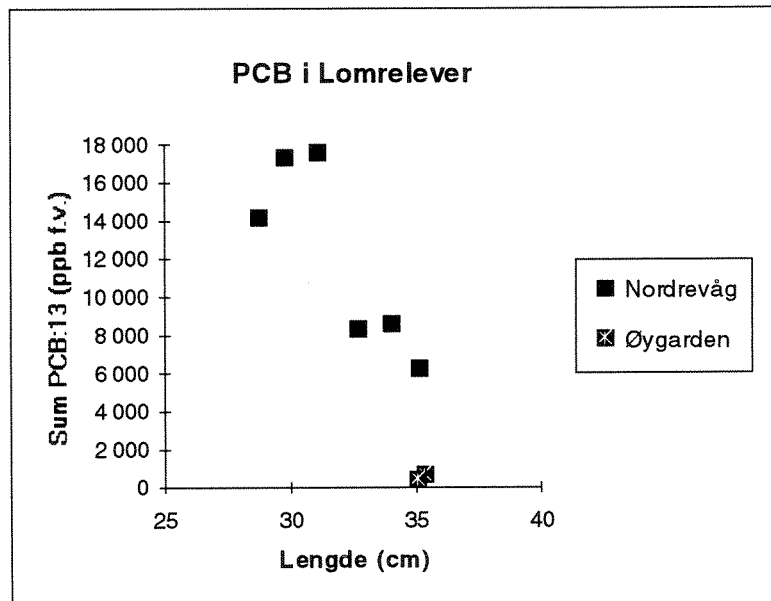
3.4. Fisk

For rådata henvises til tabell 7-8 (lomre) og 9 (torsk) i vedlegg.

Seks blandprøver av lomre fra Nordrevåg ble sammenlignet med to blandprøver fra Øygarden. Resultatene viste høyere konsentrasjoner av PCB (på fettvektbasis) i både filet og lever fra Nordrevåg (fig.5 og 6, tab. 4). Dette gjaldt alle forbindelser bortsett fra CB-28, -31 og -52. Det er ikke tilstrekkelig tallmateriale for å anslå bakgrunnsnivået i lomre, men verdier fra skrubbefilet (Knutsen og Skei, 1990) kan tyde på overkonsentrasjoner i størrelsesorden 5-10 ganger (enda mer ved jamføring med lomre fra Øygarden (fig 5).



Figur 5. Konsentrasjon av PCB (sum av 13 enkelte PCB forbindelser på fettvekt basis) i blandprøver av lomrefilet fra Nordrevåg og Øygarden (referanse).

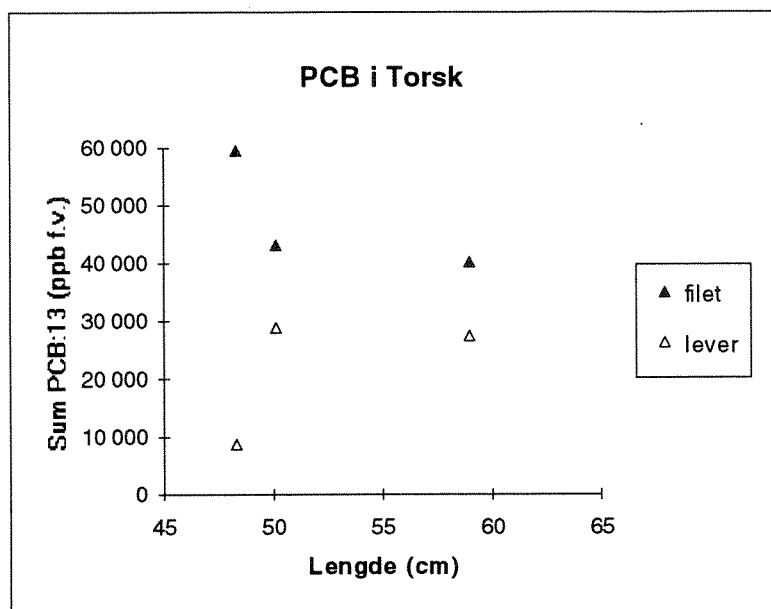


Figur 6. Konsentrasjon av PCB (sum av 13 PCB forbindelser på fettvekt basis) i blandprøver av lomrelever fra Nordrevåg og Øygarden (referanse).

Tabell 4. F-verdier fra F-test som tester forskjell i PCB-konsentrasjon (på fettvekt-basis) av enkelte PCB-forbindelser (CB) i lomre fra Nordrevåg og Øygarden (referanse). Positive fortegn indikerer at konsentrasjon var større i lomre fra ubåtbunkeren enn fra referansestasjonen. Signifikant nivå sammenlignet ved kritiske F (1, 6 frihetsgrader) verdier er indikert ved: ns = ikke signifikant, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$ og *** = $p < 0.001$. "u" betyr utilstrekkelig datagrunnlag.

CB nr.	filet	lever
28	1,84 ns	5,42 ns
31	u	5,65 ns
52	1,96 ns	1,79 ns
101	11,19 *	10,67 *
105	20,39 **	26,84 **
118	24,33 **	26,84 **
128	82,73 ***	53,26 ***
138	104,09 ***	84,92 ***
149	52,03 ***	26,46 **
153	121,06 ***	99,98 ***
156	147,04 ***	97,98 ***
170	219,43 ***	129,97 ***
180	192,39 ***	227,02 ***
SUM-CB	152,43 ***	75,51 ***

Konsentrasjon av PCB (sum av 13 PCB forbindelser) i tre blandprøver av torsk varierte mellom 40 og 60 ppb våtvekt i filet og 4000 og 14000 ppb våtvekt i lever. På fettbasis tilsvarte dette omtrent 40000-60000 ppb i filet og 8000-28000 ppb i lever (fig. 7). Middelkonsentrasjon i filet var 48 ppb våtvekt og lå omkring 5 ganger over "antatt høyt bakgrunnsnivå" for "total" PCB. Verdiene indikerer moderat til markert påvirkning (Knutzen og Skei, 1990 og Knutzen, 1992). På fettbasis fås enda høyere overkonsentrasjoner i filet (10 - 20 ganger). Middelkonsentrasjonen i lever var 10276 ppb våtvekt og lå ca.10 ganger over bakgrunnsnivået og kan betegnes som markert til sterkt påvirket. Disse overkonsentrasjonene er noe underestimerte siden sum av disse enkeltforbindelsene (kongenerene) bare representerer en del av total -PCB i fisken. Marthinsen et al. (1991) fant imidlertid at summen av 9 kongenerer var 67% av totalen slik at forskjellen blir av mindre betydning (foruten 8 av de 9 kongenerer bestemt av Marthinsen et al. er det i den foreliggende undersøkelser tatt med ytterligere 5 enkeltforbindelser).



Figur 7. Konsentrasjon av PCB (sum av 13 enkelte PCB forbindelser på fettvektbasis) i blandprøver av torsk fra Nordrevåg.

4. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER OG ANBEFALINGER

Resultatene fra denne undersøkelsen viser til dels sterkt forhøyete konsentrasjoner av PCB i sediment, krabbesmør, lomre og torsk fra Nordrevåg i området utenfor ubåtbunkerer sammenlignet med prøver fra referansestasjonen (krabbesmør og lomre), eller i forhold til antatt bakgrunnsnivå (sediment og torsk). Konsentrasjonen av PCB i blåskjell fra 6 stasjoner i Bergen Havn var moderat forhøyede. Det var liten forskjell mellom blåskjell samlet nær og lengre unna ubåtbunkerer.

Utbredelsen av PCB-forurensset sediment bør undersøkes nærmere. Derfor anbefales det at Fase 2 igangsettes spesielt med sikte på å kartlegge PCB i sediment både i tid (ved datering av sedimentkjerner) og rom. Fase 2 bør også ta sikte på å undersøke PCB-nivåene i krabbe og flere arter av fisk samlet fra Puddefjorden og eventuelt andre deler av havneområdene i Bergen, med henblikk på å gi næringsmiddelmyndighetene et bedre grunnlag for å bedømme spiseligheten.

Høye PCB-konsentrasjoner i sediment kan påvirke organismer som kommer i kontakt med sedimentet og kan føre til økt PCB-innhold i viktige næringskjeder. Derfor bør Fase 2 også inkludere analyser av PCB i enkelte sedimentlevende dyr som er føde for fisk (f.eks. muslinger eller manglebørstemark).

Skader på bestandene av bunndyr og fisk fra PCB-påvirkningen alene er mindre sannsynlig utenfor områder med sterkt belastede sedimenter, men kan først bedømmes etter at observasjoner av bunnfaunaen er foretatt og en samlet vurdering av også andre former for belastning.

5. REFERANSER

- Elliot, J.,M., 1983. Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. Freshwater Biological Association (UK), Scientific Publication No. 25., 159 sider.
- Knickmeyer, R., Steinhart, H., 1988. The Distribution of cyclic organochlorines in North Sea Sediments. Deutschen Hydrographischen Institut 41. pp 1-21.
- Knutzen, J., 1992. Preliminary proposals for classification of marine environmental quality respecting micropollutants in water, sediments and selected organisms. Norsk institutt for vannforskning E-862602/O-89266, løpenr2738, 22 sider.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 0-862602 (løpenr. -2540) 139 s.
- Konieczny, R.M., 1992 (i prep). Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i området Bjørvika-Bispevike, Oslo havn. Norsk institutt for vannforskning O-92024, 88 sider.
- Martinsen, I., Staveland, G., Skaare, J.U., Ugland, K.I., Haugen, A., 1991. Levels of environmental pollutants in male and female flounder (*Platichthys flesus*L.) and cod (*Gadus morhua*) caught during the year 1988 near or in the waterway of Glomma, the largest river of Norway. I. Polychlorinated Biphenyls. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 20:352-360.
- NOTEBY, 1991. Sjøforsvarets Forsyningskommando, Verkstedseksjonen. Ubåtbunker Laksevåg, Bergen. Prøvetaking for PCB-analyse. Rapport NOTEBY, Oppdragsnr. 36881, datert 26. nov. 1991.

VEDLEGG

ANALYSEMETODER

Tørrstoffinnholdet i sedimenter, blåskjell og fiskemuskel ble bestemt gravimetrisk i henhold til standard prosedyre ved tørking ved 110 °C av delprøver (ca. 10 g).

Ved PCB-analyse ble ca. 50 g sediment innveid i 250 ml kolbe tilsatt 100 ml aceton, ultrasonikert i 10 min og satt i rystemaskin over natten. Prøven overføres til et 100 ml sentrifugeglass og sentrifugeres i 5 min. v/ 3000 rpm. Den organiske fasen dekanteres over i en 500 ml skilletrakt som inneholder 125 ml 0.2 M NaCl i 10 mM fosforsyre. Sedimentet overføres tilbake til 250 ml kolbe og ultrasonikeres på nytt i 10 min etter tilsats av 100 ml aceton : heksan (1:3). Prosedyren med sentrifugering og overføring til skilletrakten gjentas. Skilletrakten ristes i 1 min og settes til henstand til to klart avgrensede faser er dannet. Den øvre heksanfasen tas vare på og inndampes på rotavapor under redusert trykk til ca. 5 ml. Heksanfasen behandles deretter med 3 ml kons. svovelsyre. Etter ca. en times henstand ble prøven sentrifugert 5 min v/ 1500 rpm og heksanfasen avpipettert. Metallisk kvikksølv tilsettes for fjerning av svovelerester. Ekstraktvolumet justeres for GC/ECD analyse av PCB. Instrumentbetingelser ved GC analysene er gitt i tabell 3 i vedlegg.

Fisken ble analysert som samleprøver med 5 individuelle fisk i hver prøve, med unntak av Lomreprøve nr. 6 som besto av 2 fisk. Samleprøvene av krabbe og blåskjell besto av henholdsvis 10 og 50 individer. Samleprøvene ble homogenisert i en Waring blender før prøveuttak.

Homogenisert fiskelever (2-5 g) og ca. 10 g krabbe og blåskjell (avhengig av fettinnhold) ble innveid i et 100 ml sentrifugeglass, tilsatt 50 ml aceton og homogenisert med ultraturrax. Etter sentrifugering dekanteres den organiske fasen over i en 500 ml skilletrakt som inneholder 60 ml 0.2 M NaCl i 10 mM fosforsyre. Prøven tilsettes 50 ml heksan:aceton (3:1) og homogeniseres og sentrifugeres på nytt. Den organiske fasen overføres til skilletrakten og rystes 1 min. Vann/acetonfasen tappes av og heksanfasen rystes med 20 ml dest. vann for å fjerne rester av aceton. Tredje gangs ekstraksjon av leverhomogenatet utføres med 10 ml heksan. Volumet av det kombinerte heksanekstraktet måles og delprøve tas ut for fettbestemmelse. Fettinnholdet bestemmes gravimetrisk etter avdampning av heksan. Resten av ekstraktet inndampes på rotavapor til 5 ml og tilsettes 3 ml kons. svovelsyre. Etter 30 min. henstand ble prøven sentrifugert 5 min. v/1500 rpm. og overført til et 10 ml sovirelør. Ekstraktet ble analysert på GC/ECD (tabell 3 i vedlegg).

Homogeniserte prøver av fiskefilet (ca. 15 g) ble forsåpet under reflux i 100 ml 0.5 N metanolisk kalilut i to timer. Den resulterende vann/metanol fase ble ekstrahert med 2 x 30 ml pentan. Etter å ha slått sammen pentanfasene ble de inndampet til 4 ml på rotavapor og behandlet med 3 ml konsentrert svovelsyre. Etter en time ble prøvene sentrifugert og pentanfasen skilt fra syren ved avpipettering. Pentanfasen ble inndampet med tørr ren nitrogen nesten til tørrhet og løst i et passende volum heksan (avhengig av PCB innhold) for injeksjon på GC/ECD. Instrumentbetingelser er vist i tabell 3 i vedlegg.

Fett i fiskefilet ble ekstrahert ved å homogenisere vha. Ultraturrax ca. 2 g filet med 40 ml kloroform: metanol (2:1). Blandingen filtreres og rystes med 10 ml dest. vann noe som gir et tofasesystem. En alikvot av kloroformfasen pipetteres over i en tarert aluminium veieskål, løsningsmiddelet dampes av ved romtemperatur og 30 min. i tørkeskap ved 60 °C. Veieskålen veies på en Cahn vekt (nøyaktighet 1 µg) og fettmengden beregnes.

De enkelte PCB komponentene listet i tabell 4 i vedlegg ble bestemt individuelt etter den interne standarden CB-53. Internstandard ble tilsatt for ekstraksjon og opparbeidelse av prøvene. PCB mønsteret i sedimentene viste at prøvene inneholdt en PCB-olje med 60 % kloreringsgrad. Clophen A-60 ble derfor benyttet som ekstern standard for å angi total PCB i sedimentene.

OVERSIKT OVER TABELLER I VEDLEGG

- Tabell 1. Sedimentprøver analysert for innhold av PCB: Merking, snittdyp og innhold av tørrstoff (%).
- Tabell 2. Organismer analysert for innhold av PCB.
- Tabell 3. Instrumentbetingelser ved analyse av PCB.
- Tabell 4. Konsentrasjoner av PCB i sedimentkjerne (ng g⁻¹ torrvekt). Sum PCB er sum av analyserte enkeltkomponenter og Tot. PCB er totalinnholdet av PCB i Clophen A-60 ekvivalenter.
- Tabell 5. Innholdet (%) av tørrstoff og fett i organismer.
- Tabell 6. Konsentrasjoner av PCB i blåskjell (ng g⁻¹ våtvekt).
- Tabell 7. Konsentrasjoner av PCB i filet av lomre (ng g⁻¹ våtvekt). Prøvene 1-6 er tatt ved Ubåtbunker og prøve 7-8 i Øygarden (referanse).
- Tabell 8. Konsentrasjoner av PCB i lever av lomre (ng g⁻¹ våtvekt). Prøvene 1-6 er tatt ved Ubåtbunker og prøvene 7-8 i Øygarden (referanse).
- Tabell 9. Konsentrasjoner av PCB i muskel og lever i torsk fisket utenfor. Ubåtbunker på Laksevåg (ng/g våtvekt).
- Tabell 10. Konsentrasjoner av PCB i krabbe (han/hun) fisket utenfor Ubåtbunker på Laksevåg og i Øygarden (ng/g våtvekt).

Tabell 1. Sedimentprøver analysert for innhold av PCB: Merking, snittdyp og innhold av tørrstoff (%).

Merking	Snitt	Tørrstoff (%)
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	0-2 cm I	46
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	0-2 cm II	17
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	4-6 cm I	33
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	4-6 cm II	23
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	18-20 cm I	61
15 m Ubåtbunker 6.2.92,	24-26 cm I	57

Tabell 2. Organismer analysert for innhold av PCB

Stasjon	Lokalitet	Art	Antall prøver
NIVA			
1	Damsgårdsund	Blåskjell	2 (A+B)
2	BMV Laksevåg	Blåskjell	2 (A+B)
3	Ubåtbunker	Blåskjell	2 (A+B)
4	Valheimsneset	Blåskjell	2 (A+B)
5	Kvarven	Blåskjell	2 (A+B)
6	Nordnes	Blåskjell	2 (A+B)
1	Ubåtbunker	Krabbe	2 (hann+hun)
2	Øygarden	Krabbe	2 (hann+hun)
1	Ubåtbunker	Lomre, lever	6
1	Ubåtbunker	Lomre, filet	6
1	Ubåtbunker	Torsk, lever	3
1	Ubåtbunker	Torsk, filet	3
2	Øygarden	Lomre, lever	2
2	Øygarden	Lomre, filet	2

Tabell 3. Instrumentbetingelser ved analyse av PCB

Gasskromatograf	: HP-5880A
Detektor	: ECD, Ni-63
Kolonne A	: SE-54 CB, fused silica, 50m x 0.20mm, 0.11µm
Kolonne B	: SP-2330 CB, fused silica, 60m x 0.25mm, 0.20µm
B'regass	: Hydrogen, 27 cm/min
Injektortemp.	: 280 °C
Detektortemp.	: 320 °C
Injeksjon	: Autosampler HP-7672A, 1.1 µl, injesert splitless
Temp. prog.	
Nivå 1	: Start temp.: 60 °C : Start tid: 1 min. : Prog. hast.: 15 °C/min. : Slutt temp.: 160 °C : Slutt tid: 0 min.
Nivå 2	: Prog. hast.: 1.5 °C/min. : Slutt temp.: 270 °C (240 °C for SP-2230) : Slutt tid: 10 min. (20 min. for SP-2230)

Tabell 4. Konsentrasjoner av PCB i sedimentkjerne (ng g⁻¹ tørrvekt). Sum PCB er sum av analyserte enkeltkomponenter og Tot. PCB er totalinnholdet av PCB i Clophen A-60 ekvivalenter.

CB nr.	Sedimentsnitt (cm)					
	0-2	0-2	4-6	4-6	18-20	24-26
28	3	6	7	11	0.5	0.1
31	2	5	4	9	-	-
52	40	52	32	45	5	4
101	348	337	208	296	24	24
105	326	284	153	236	19	16
118	146	120	86	121	9	8
128	99	79	48	72	5	5
138	908	706	416	623	47	44
149	659	561	313	478	37	35
153	797	653	368	561	43	44
156	71	61	34	52	4	4
170	268	226	119	185	15	15
180	556	465	239	377	29	34
Sum PCB	4223	3555	2027	3066	237	233
Tot. PCB	8000	6700	3800	5800	460	450

Tabell 5. Innholdet (%) av tørrstoff og fett i organismer.

Lokalitet	Prøve	Art	% Tørrstoff		% Fett	
			Muskel	Lever	Muskel	Lever
Ubåtbunker	A	Blåskjell	16		1.8	
Ubåtbunker	B	Blåskjell	15		1.5	
Damsgårdsund	A	Blåskjell	17		1.9	
Damsgårdsund	B	Blåskjell	18		2.1	
BMV-Laksevåg	A	Blåskjell	17		2.0	
BMV-Laksevåg	B	Blåskjell	17		1.8	
Valheimsneset	A	Blåskjell	14		1.1	
Valheimsneset	B	Blåskjell	14		1.2	
Kvarven	A	Blåskjell	18		1.8	
Kvarven	B	Blåskjell	18		1.8	
Nordnes	A	Blåskjell	17		1.5	
Nordnes	B	Blåskjell	16		1.4	
Ubåtbunker	hann	Blåskjell	33		17.5	
Ubåtbunker	hun	Krabbe	30		13.8	
Øygarden	hann	Krabbe	40		19.3	
Øygarden	hun	Krabbe	29		12.4	
Ubåtbunker	1	Lomre	19	29	0.2	8.9
Ubåtbunker	2	Lomre	20	24	0.2	6.4
Ubåtbunker	3	Lomre	19	27	0.1	6.8
Ubåtbunker	4	Lomre	20	38	0.4	24.0
Ubåtbunker	5	Lomre	20	26	0.4	7.4
Ubåtbunker	6	Lomre	20	26	0.3	8.1
Øygarden	1	Lomre	20	26	0.2	9.1
Øygarden	2	Lomre	21	29	0.2	7.8
Ubåtbunker	1	Torsk	18	61	0.1	49.2
Ubåtbunker	2	Torsk	19	62	0.1	50.0
Ubåtbunker	3	Torsk	19	58	0.1	44.5

Tabell 6. Konsentrasjoner av PCB i blåskjell (ng g⁻¹ våtvekt).

CB nr.	Ubåtbunker		Damsgårdsund		BMV Laksevåg	
	A	B	A	B	A	B
28	0.40	0.41	0.29	0.29	0.24	0.22
31	0.29	0.30	0.17	0.18	0.14	0.14
52	0.96	0.98	1.09	1.06	0.94	0.82
101	1.94	1.92	2.28	2.36	1.85	1.79
105	0.91	0.65	0.83	0.86	0.73	0.63
118	1.49	1.47	1.65	1.62	1.50	1.21
128	0.50	0.47	0.44	0.40	0.36	0.32
138	3.46	3.29	3.13	3.08	2.50	2.14
149	2.22	2.27	2.24	2.21	1.68	1.48
153	3.73	3.60	3.23	3.26	2.55	1.99
156	0.18	0.18	0.22	0.20	0.10	0.14
170	0.18	0.11	0.07	0.05	0.07	0.05
180	0.77	0.68	0.58	0.56	0.46	0.37
Sum PCB	17.01	16.29	16.22	16.13	13.11	11.29

Tabell 6 (forts.). Konsentrasjoner av PCB i blåskjell (ng g⁻¹ våtvekt).

CB nr.	Valheimsneset		Kvarven		Nordnes	
	A	B	A	B	A	B
28	0.25	0.28	0.09	0.13	0.20	0.19
31	0.20	0.21	0.05	0.07	0.14	0.16
52	0.87	0.80	0.52	0.61	0.83	0.85
101	1.55	1.53	1.37	1.44	1.99	1.98
105	0.81	0.78	0.76	0.76	0.88	0.94
118	1.36	1.46	1.19	1.33	1.80	1.81
128	0.39	0.60	0.29	0.34	0.44	0.48
138	2.38	2.74	2.18	2.39	2.89	2.99
149	1.53	1.48	1.30	1.44	1.87	1.87
153	2.25	2.46	2.38	2.54	2.87	2.98
156	0.11	0.17	0.09	0.14	0.14	0.14
170	0.18	0.15	0.04	0.05	0.09	0.08
180	0.31	0.52	0.18	0.31	0.32	0.40
Sum PCB	12.19	13.19	10.42	11.56	14.47	14.88

Tabell 7 Konsentrasjoner av PCB i filet av lomre (ng g⁻¹ våtvekt). Prøvene 1-6 er tatt ved Ubåtbunker og prøve 7-8 i Øygarden (referanse).

CB nr.	Prøve nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
28	0.25	0.02	0.02	0.06	0.64	0.06	0.02	0.02
31	0.06	-	-	-	0.10	-	-	-
52	0.84	0.26	0.29	0.54	1.60	0.22	0.26	0.13
101	1.92	0.70	0.67	2.96	3.66	0.68	0.32	0.21
105	1.25	0.46	0.51	1.62	2.98	1.10	0.24	0.19
118	2.95	1.02	1.10	4.14	7.86	2.62	0.46	0.25
128	1.06	0.48	0.55	1.80	2.38	1.26	0.06	0.02
138	12.41	4.98	5.42	17.22	28.66	12.92	0.56	0.34
149	1.14	0.76	0.68	2.16	2.22	0.74	0.14	0.11
153	18.45	6.96	8.25	21.98	37.78	20.00	0.56	0.32
156	0.63	0.34	0.30	0.90	1.36	0.60	0.04	0.04
170	1.90	1.06	1.18	3.12	4.72	2.42	0.04	0.02
180	4.71	2.30	2.76	6.98	11.84	5.50	0.08	0.04
Sum PCB	47.5	19.3	21.7	63.4	105.8	48.1	2.7	1.6

Tabell 8 Konsentrasjoner av PCB i lever av lomre (ng g⁻¹ våtvekt). Prøvene 1-6 er tatt ved Ubåtbunker og prøvene 7-8 i Øygarden (referanse).

CB nr.	Prøve nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
28	12.7	1.9	1.7	5.7	4.4	1.5	1.5	0.3
31	2.8	0.4	0.5	1.9	1.4	0.4	0.4	0.1
52	25.0	4.3	3.9	39.8	11.5	4.2	6.4	3.0
101	62.6	14.9	13.6	285.3	24.0	16.2	6.6	3.7
105	30.7	12.2	9.1	107.2	19.9	23.5	5.2	2.4
118	93.7	30.8	24.1	335.2	52.8	62.0	11.2	5.0
128	32.4	11.9	9.7	122.4	14.5	32.0	1.7	0.7
138	376.8	133.1	105.5	1063.2	146.5	290.8	12.4	6.5
149	33.2	16.0	13.9	190.3	14.8	16.1	3.9	1.6
153	614.5	187.5	155.5	1267.2	216.7	445.5	14.3	9.0
156	25.1	8.1	9.3	78.2	9.3	16.9	0.8	0.5
170	64.8	48.6	17.8	190.8	27.2	66.0	0.9	0.6
180	197.3	82.8	68.8	488.4	78.5	178.6	2.2	1.9
Sum PCB	1571	552	433	4175	621	1153	67	35

Tabell 9. Konsentrasjoner av PCB i muskel og lever i torsk fisket utenfor Ubåtbunker på Laksevåg (ng/g våtvekt).

CB nr.	Torsk 1		Torsk 2		Torsk 3	
	Muskel	Lever	Muskel	Lever	Muskel	Lever
28	0.04	14.7	0.13	79.0	0.06	16.9
31	0.02	2.4	0.04	15.0	0.02	6.6
52	0.25	48.7	0.42	134.0	0.40	297.7
101	1.30	187.9	1.56	553.5	1.67	686.1
105	2.75	158.9	2.13	692.0	2.05	476.6
118	7.15	451.1	4.79	1802.5	4.83	1383.9
128	1.96	119.0	1.35	355.5	1.27	338.6
138	14.35	914.1	9.65	2895.5	10.55	2894.7
149	0.45	87.0	0.53	129.5	0.55	209.6
153	21.06	1436.6	13.32	4460.5	15.05	4170.5
156	1.19	96.4	0.80	328.0	0.84	216.2
170	2.50	163.8	1.65	557.5	1.79	577.6
180	6.52	541.2	3.78	1739.0	4.09	1590.4
Sum PCB	59.5	4221	40.1	13741	43.1	12865

Tabell 10. Konsentrasjoner av PCB i krabbe (hann/hun) fisket utenfor Ubåtbunker på Laksevåg og i Øygarden (ng/g våtvekt).

CB nr.	Ubåtbunker		Øygarden	
	hann	hun	hann	hun
28	1.2	1.8	0.1	2.2
31	0.5	3.8	-	1.0
52	1.5	2.2	0.1	4.1
101	28.1	40.2	1.8	12.5
105	36.7	59.4	3.6	34.7
118	98.4	165.3	10.0	80.3
128	13.4	31.4	1.6	8.4
138	161.3	204.9	15.9	77.4
149	79.8	99.3	4.5	26.5
153	240.6	197.9	18.2	79.9
156	8.9	16.0	0.9	4.1
170	19.1	16.0	0.9	6.1
180	76.2	49.3	2.6	16.9
Sum PCB	765	887	60	354

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2175-1