



O-90180

Kartlegging av PCB
i sedimenter fra
Indre Sørfjord

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.: 0-90180
Undernummer:
Løpenummer: 2528
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Kartlegging av PCB i sedimenter fra Indre Sør fjord.	Dato: 10-12-90.
	Prosjektnummer: 0-90180
Forfatter (e): Jens Skei Jarle Klungsøyr	Faggruppe: Marinøkologisk.
	Geografisk område: Hordaland.
	Antall sider (inkl. bilag): 16

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Som følge av forhøyede nivåer av PCB i fiskelever innerst i Sør fjorden er det gjennomført en sedimentundersøkelse for om mulig å finne kilden til PCB. Det ble ikke registrert høye nivåer av PCB i sedimentene. Høyeste konsentrasjon ble målt i munningen av Eitrheimsvågen. Analyser av trafooljer brukt i Tyssedalsområdet viste ikke spor av PCB.
--

4 emneord, norske:
1. Sør fjorden
2. Sedimenter
3. PCB
4. Trafoolje

4 emneord, engelske:
1. Sør fjorden
2. Sediments
3. PCB
4. Transformer oil

Prosjektleder:


Jens Skei

For administrasjonen:


Tor Bekn

ISBN 82-577-1842-4

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Havforskningsinstituttet i Bergen

0-90180

KARTLEGGING AV PCB I SEDIMENTER

FRA

INDRE SØRFJORD

Oslo, 10. desember 1990

Prosjektleder: Jens Skei

Medarbeidere : Jarle Klungsøyr,
Havforsknings-
instituttet
Svein Wilhelmsen,
Havforsknings-
instituttet
Unni Efraimsen
Norman Green

INNHOOLD	SIDE
FORORD	3
SAMMENFATNING	4
1. INNLEDNING OG MÅLSETTING	5
2. PRØVETAKING OG ANALYSER	7
3. DATAEVALUERING	11
3.1 Generelt	11
3.2 Data fra Sørfjorden	12
3.3 Analyse av transformatorolje	14
4. FORSLAG TIL OPPFØLGING	15
5. REFERANSER	16

FORORD

På oppdrag av Statens forurensningstilsyn (seksjon for spesialavfall) utarbeidet NIVA et forslag til måleprogram for PCB i sedimenter i indre Sørfjord (datert 17/9-90). Kontrakt ble undertegnet medio oktober 1990. Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært Tore Bjørke og Per Antonsen. Ved NIVA har Jens Skei vært prosjektleder, mens Unni Efraimsen og Norman Green har hatt ansvaret for prøveinnsamlingen. Analysene av PCB er utført ved Havforskningsinstituttet i Bergen (Jarle Klungsøyr/Svein Wilhelmsen).

NIVA, 10/12-90.

Jens Skei.

SAMMENFATNING

Det er helt siden 1970-årene påvist forhøyede nivåer av miljøgiften PCB (polyklorete bifenyler) i lever hos fisk fanget innerst i Sørfjorden, Hardanger. For om mulig å kunne spore kilden til PCB er det høsten 1990 gjennomført en sedimentundersøkelse i området Tyssedal - Odda. Undersøkelsen gir grunnlag for følgende konklusjoner:

- 1. Det ble påvist 0.16 - 32.21 ng/g PCB (sum av 10 komponenter) i tørt sediment.*
- 2. Konsentrasjonene er for lave til å kunne påvise noen bestemt kilde. Den høyeste konsentrasjonen ble målt i munningen av Eitrheimsvågen. Hvis det er en lokal kilde her, vil den bli tatt hånd om ved den planlagte oppryddingen i Eitrheimsvågen.*
- 3. Analyser av PCB i trafoolje brukt i Tyssedal viste ikke spor av PCB.*
- 4. Det anbefales at overvåkingen av PCB i fisk og skalldyr overvåkes i årene fremover.*

1. INNLEDNING OG MÅLSETTING

PCB (polyklorerte bifenyler) er syntetiske organiske forbindelser som har hatt betydelig anvendelse i industrien helt siden begynnelsen av 1930-årene (transformatorolje, kondensatorvæsker, tilsetningsstoffer i maling, etc.). PCB er en blanding av bifenyler som har forskjellig grad av klorering. Disse komplekse blandingene skaper analytiske vanskeligheter, og man må anta at PCB-data fra forskjellige laboratorier kan være lite sammenlignbare med mindre det er spesifisert hvilke PCB-komponenter som er analysert.

Ved undersøkelser i Sverige i begynnelsen av 60-årene ble man først klar over at PCB hadde en stor utbredelse i naturen (Jensen, 1966). Ved utslipp av PCB til vann vil det ofte skje en adsorpsjon til små partikler som sedimenterer (Ahmed, 1976). Bunnsedimentene vil derfor fungere som et lager for PCB. På grunn av PCBenes fettløselighet vil stoffene akkumuleres i f.eks. fiskelever. PCB regnes som en farlig miljøgift på grunn av stoffenes innvirkning på reproduksjonsorganer, immunsystemet og nevrologiske forstyrrelser. Helsemyndighetene har derfor satt strenge krav til innholdet av PCB i konsumvarer.

I Sørfjorden ble det påvist forhøyede nivåer av PCB (og DDT) i torskelerver så tidlig som i begynnelsen av 70-årene (Bjerk og Kveseth, 1973). Nye undersøkelser i 80-årene i forbindelse med JMG-programmet har forsterket mistanken om at det befinner seg en eller flere PCB-kilder innerst i Sørfjorden. Forhøyede nivåer av PCB i blåskjell fra Tyssedals-området bekrefter det samme (Skei et al., 1989). Analyser av PCB i torskelerver og skrubbelever innsamlet i januar 1990, viste verdier som overskrider grenseverdier for konsum med en faktor på fire. På grunnlag av disse registreringene ble det besluttet at kilden til PCB skulle kartlegges.

Ettersom PCB er sterkt knyttet til partikler og er lite vannløselig var det rimelig å starte med en bunnsedimentundersøkelse. Dette ville avsløre om det har vært direkte utslipp av PCB til fjorden eller om det er dumpet PCB-holdig avfall i sjøen. En bunnsedimentundersøkelse ville i mindre grad fange opp kilder som ligger oppe på land i deponier og hvor sigevann tilfører PCB til fjordens overflatevann.

Målsettingen med prosjektet har vært følgende:

- (i) Registrere nivåer av PCB i bunnsedimenter i nærheten av deponier for å kunne spore kilden.

Geografisk ble prosjektet begrenset til området sør for Tyssedal.

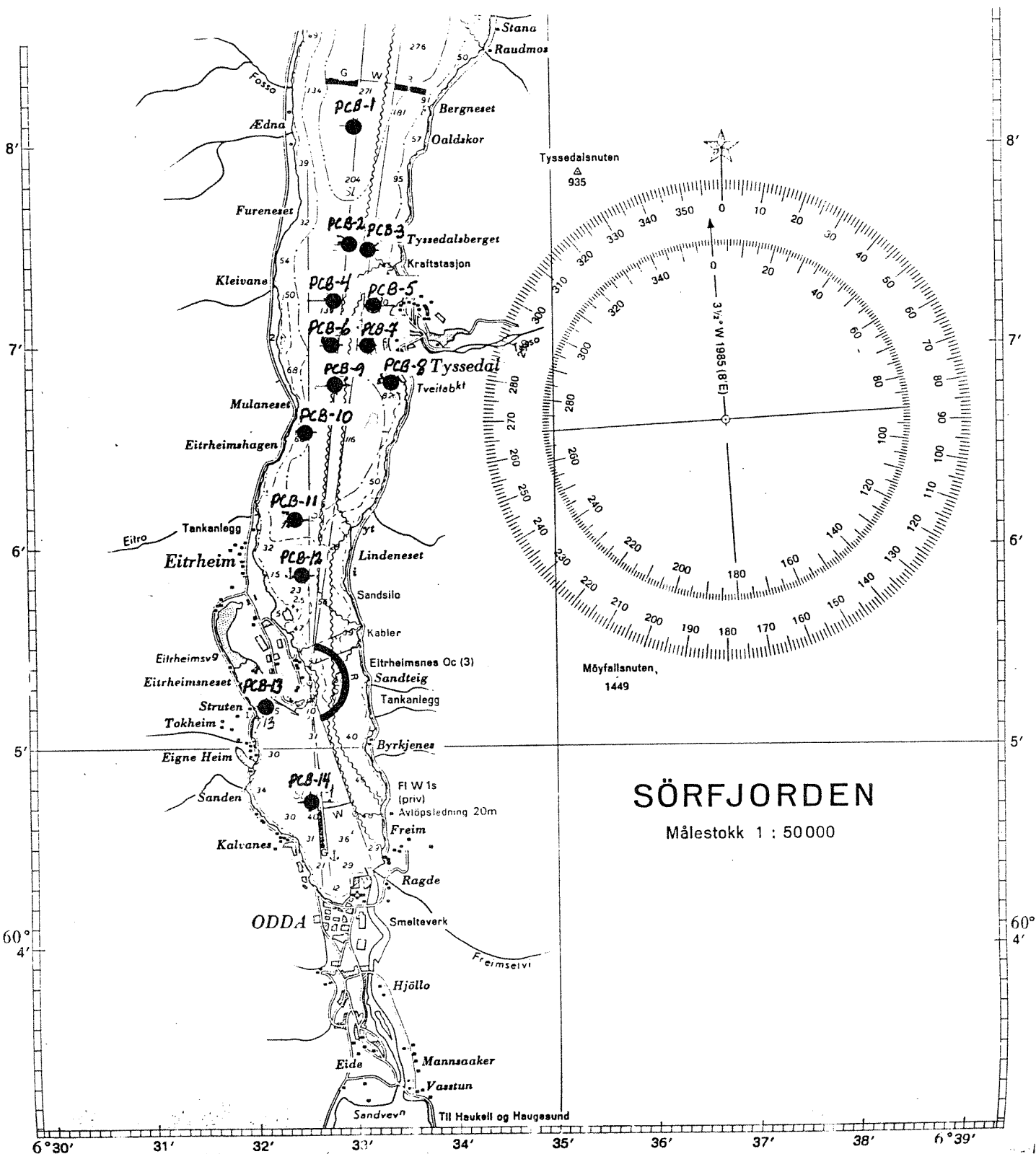
Etter at sedimentundersøkelsene startet ble det gjort kjent at oljer fra trafoer og omformere til A/S Tyssefaldene og A/S D.N.N. gjennom årene er dumpet direkte i Sørfjorden og i drikkevannet for Skjeggdalen og Tyssedal. Trafoolje kan inneholde PCB, og det ble derfor utført analyser av 6 av oljene. Resultatene av analysene beskrives i rapporten (3.3).

2. PRØVETAKING OG ANALYSER

Sedimentprøver ble tatt fra "M/S Sirafjord" 31/10 og 1/11-90 ved hjelp av en gravity corer. Stasjonskart er vist på fig. 1. Prøver ble tatt på 14 stasjoner, Posisjon og vanddyb er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Stasjonsnummer, posisjon og vanddyb. Indre Sørfjord.

Nr.	Posisjon	Dyp (m)
PCB-1	N 60°08,09. E 6°33,074.	258
PCB-2	N 60°07,50. E 6°33,011.	188
PCB-3	N 60°07,46. E 6°33,202.	168
PCB-4	N 60°07,216. E 6°32,819.	137
PCB-5	N 60°07,194. E 6°33,299.	104
PCB-6	N 60°07,00. E 6°32,833	115
PCB-7	N 60°07,00. E 6°33,157.	26
PCB-8	N 60°06,80. E 6°33,37.	30
PCB-9	N 60°0803. E 6°32,874.	116
PCB-10	N 60°06,50. E 6°32,525.	118
PCB-11	N 60°06,126. E 6°32,455.	106
PCB-12	N 60°05,835. E 6°32,497.	56
PCB-13	N 60°05,20. E 6°31,956.	10
PCB-14	N 60°04,710. E 6°32,549.	47



Figur 1. Stasjonsplassering i indre Sør fjord.

På samtlige stasjoner ble de øvre 0 - 2 cm av sedimentet tatt vare på for analyse. I tillegg ble snitt fra 2 - 4, 4 - 6, 6 - 8 og 8 - 10 cm analysert på stasjonene PCB-6 og PCB-14 (totalt 22 prøver). Prøvene ble umiddelbart sendt til Havforskningsinstituttet i Bergen for PCB-analyser.

Tørrstoffinnholdet i sedimentene ble bestemt gravimetrisk i henhold til standard prosedyre ved tørking ved 105°C av delprøve (ca. 5 g) tatt ut etter homogenisering av totalprøve.

Resten av sedimentet (20 - 40 g) innveid i 250 ml kolbe, ble tilsatt 100 ml destillert metanol, 10 ml 30% vanndig KOH-løsning (pre-ekstrahert med hexan), 50.3 ng PCB#53 (intern standard), samt kokstein. Blandingen kokes under reflux i 1.5 timer. Etter avkjøling sentrifugeres blandingen i 5 min. v/3000 rpm. Væsken dekanteres over i en 250 ml skilletrakt og ekstraheres med 2 x 30 ml pentan Uvasol. Volumet pentan reduseres til ca. 4 ml i en Rotavapor og overføres til 10 ml Sovirelrør med teflon-belagt skrukork. Metallisk kvikksølv tilsettes for fjerning av svovelrester. Pentanfasen behandles deretter med 4 ml kons. svovelsyre. Etter ca. en times henstand overføres pentan-fasen i små porsjoner til et 2 ml prøveglass og inndampes til nesten tørrhet i en strøm av nitrogen. Prøven løses i 400 µl hexan og er nå klar for GC/ECD analyse av PCB. Instrument-betingelser ved GC analysene er gitt i tabell 2.

Prøver av 6 trafooljer dumpet i Sørfjorden og tilgrensende områder ble sendt 12/11-90 direkte til Havforskningsinstituttet fra Miljøvernsjefen i Odda (Roald Larsen). Ca. 10 mg av oljene ble løst i 1 ml hexan tilsatt PCB#53 som intern standard. Prøvene analyseres direkte på GC/ECD under samme betingelser som for sedimentekstraktene.

Tabell 2. Instrumentbetingelser ved analyse av PCB.

Analyse av PCB

Gasskromatograf: HP-5880A
Detektor : ECD, Ni-83
Kolonne : SE-54 CB, fused silica, 50 m x 0.20 mm, 0.11 μ m
Bæregass : Hydrogen, 37 cm/min
Injektor temp. : 280 C
Detektor temp. : 320 C
Injeksjon : Autosampler HP-7672A, 1.1 μ l, injisert 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 C
Nivå 2 : Prog. hast. : 1.5 C/min.
: Slutt temp. : 270 C
: Slutt tid : 10 min.

3. DATAEVALUERING

3.1 Generelt

Det foreligger en rekke data på PCB i sedimenter både fra det marine miljø og i ferskvann. Et problem med disse data er at noen laboratorier velger å analysere samtlige PCB-komponenter som lar seg detektere, mens andre velger de mest fremtredende (f.eks. "the seven Dutch").

Undersøkelser som nylig er gjort i Nordsjøen og Skagerrak på PCB i sedimenter viste følgende (Lohse, 1990):

Sørlige Nordsjøen :	0.01 - 6.8	ng g ⁻¹	tørt sed.
Nordlige Nordsjøen:	1.05 - 2.26	" " " "	" "
Skagerrak	: 0.5 - 28	" " " "	" "

Konsentrasjonene refererer seg til 3 PCB-komponenter (PCB 138, 153 og 180).

Resultatene viser at det er stor spredning i konsentrasjoner og at nivåene i Skagerrak lokalt kan være høye (28 ng g⁻¹).

Analyser av total PCB i norske fjordsedimenter i perioden 1976 - 1977 (n = 13) viste variasjoner mellom 10 og 470 ng g⁻¹ (Skei, 1978). Disse prøvene ble alle tatt i fjordområder med betydelig forurensning fra industri og befolkning. Men det må tas et forbehold om kvaliteten på data.

I forbindelse med National Status and Trends Program i USA er det laget en oversikt over hvilke konsentrasjoner i sedimenter som gir opphav til biologiske effekter (Long and Morgan, 1990). Det er blitt påvist biologiske effekter ved så lav konsentrasjon som 3 ng g⁻¹, mens man må opp i konsentrasjoner av PCB i sedimentene på over 400 ng g⁻¹ for å få helt klare effekter. PCB i sedimenter synes ikke å gi opphav til akutt toksisitet og tester som baserer seg på den effekten er lite egnet. Konsentrasjonene refererer seg til total PCB.

3.2 Data fra Sørfjorden

Tabell 2 viser en visuell beskrivelse av sedimentene som ble tatt i Sørfjorden.

Tabell 2. Beskrivelse av sedimentkjerner tatt i Sørfjorden 30/10 og 1/11-90.

Nr.	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
PCB-1	38	Gråbrun silt med ca. 2 cm tykt, brunlig topplag.
PCB-2	26	Gråbrun, siltig leire med innslag av skjellsand. 3 cm tykt, brunlig topplag.
PCB-3	24	Som PCB-2.
PCB-4	10	Mørkebrun sandig silt. Løs konsistens (dårlig prøve).
PCB-5	10	Som PCB-4, men med grus i bunnen.
PCB-6	25	De øvre 6 cm sort og løst materiale, deretter brunlig silt. Fra 20-25 cm grus/skjellsand.
PCB-7	20	De øvre 3 cm sort silt. Resten sortfarvet slam (slag?)
PCB-8	32	De øvre 2.5 cm sort silt. Resten sort slagg.
PCB-9	55	De øvre 40 cm var sort, resten brunlig.
PCB-10	37	De øvre 2 cm var brunlig, oransje striper og blågrønne flekker (preg av industriavfall).
PCB-11	32	Gråbrun siltig leire med 2 cm brunt topplag.
PCB-12	48	Øverst: 0.5 cm brunt lag Deretter: 0.5 cm okerfarget lag og 2 cm brunlig materiale. Resten siltig leire med innslag av rødfarge (preg av industrislamm).
PCB-13	38	20 cm brunt sjikt med grå striper. Deretter brun fast leire (20-30 cm). Nederst rustrødfarget leire.
PCB-14	48	Sort, siltig leire.

Resultatene av PCB-analysene, basert på 10 PCB-komponenter, er vist i tabell 4.

Tabell 4. Konsentrasjonene (ng/g tørt sediment) av PCB i sediment fra Sørfjorden.

Prøve	#28	#52	#101	#149	#118	#153	#138	#128	#180	#170	Sum
PCB-1 0- 2 cm	-	0.32	1.73	1.44	0.70	1.40	1.67	0.32	0.97	0.58	9.13
PCB-2 0- 2 cm	-	0.40	1.61	1.35	0.15	0.77	0.98	0.30	0.52	0.17	6.25
PCB-3 0- 2 cm	-	1.22	3.03	3.63	0.15	1.03	1.55	0.43	0.15	0.10	11.29
PCB-4 0- 2 cm	-	0.23	0.70	1.35	0.08	0.55	0.67	0.14	0.26	0.15	4.13
PCB-5 0- 2 cm	0.11	1.03	1.63	1.12	0.72	1.05	1.31	0.25	0.45	0.22	7.89
PCB-6 0- 2 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB-6 2- 4 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB-6 4- 6 cm	-	0.20	0.76	1.12	0.04	0.27	0.35	0.07	0.13	0.05	2.99
PCB-6 6- 8 cm	0.37	1.64	2.26	2.80	1.24	3.00	3.27	0.49	1.93	0.88	17.88
PCB-6 8-10 cm	0.36	0.79	2.43	2.92	1.47	3.38	3.98	0.68	2.46	0.98	19.45
PCB-7 0- 2 cm	-	0.04	0.10	-	-	-	0.02	-	-	-	0.16
PCB-8 0- 2 cm	-	-	0.52	0.21	0.04	-	0.10	-	-	-	0.87
PCB-9 0- 2 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB-10 0- 2 cm	-	0.23	0.56	0.51	0.09	0.35	0.44	0.09	0.16	0.07	2.5
PCB-11 0- 2 cm	0.09	0.30	0.79	0.76	0.26	0.69	0.76	0.15	0.43	0.18	4.41
PCB-12 0- 2 cm	0.24	0.25	0.76	0.47	0.27	0.51	0.63	0.08	0.27	0.14	3.62
PCB-13 0- 2 cm	0.20	1.75	4.94	5.39	2.09	6.07	5.97	0.72	3.45	1.63	32.21
PCB-14 0- 2 cm	-	-	0.24	0.50	0.30	-	0.10	0.02	0.23	0.04	1.43
PCB-14 2- 4 cm	-	0.02	0.02	0.10	-	-	0.02	-	-	-	0.16
PCB-14 4- 6 cm	-	-	0.04	0.14	-	-	-	-	-	-	0.18
PCB-14 6- 8 cm	-	0.07	0.16	0.31	0.19	0.36	-	0.02	0.23	0.05	1.39
PCB-14 8-10 cm	-	0.03	0.07	0.13	0.08	0.15	-	-	0.11	0.01	0.58

Her fremgår at konsentrasjonene (sum av 10 komponenter) varierer mellom 0.16 og 32.21 ng/g tørt sediment. det er vanskelig å sammenligne disse resultatene med litteraturdata fordi Σ PCB omfatter ulike komponenter. Grovt sett kan man multiplisere summen av de 10 komponentene vist i tabell 4 med to, fordi disse utgjør ca. 45% av Arochlor 1254. Av de 10 komponentene som er vist i tabell 4 hører følgende IUPAC No. til de syv hollandske komponentene:

28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.

Innenfor JMG-programmet er sedimenter analysert for "total" PCB i Orkdalsfjorden og ved Færder i ytre Oslofjord (Green, N., pers.komm.). Her ble det registrert verdier lavere enn 5 ng/g PCB. I forbindelse med utarbeidelse av sedimentkvalitetskriterier har Knutzen og Skei (1990) vurdert PCB-verdier lavere enn 5 ng/g som lite eller ubetydelig berørt, 5 - 25 ng/g som moderat belastet, 25 - 100 ng/g som markert belastet og > 100 ng/g som sterkt belastet. Av de 19 analyseresultatene for Σ PCB som foreligger for Sørfjorden, er 12 i klasse 1 (lite eller ubetydelig berørt), 6 i klasse 2 (moderat

belastet) og en i klasse 3 (markert belastet), Nivåene av PCB i sedimentene er således jevnt over moderate med unntak av en overflateprøve i munningen av Eitrheimsvågen som var markert belastet. Det kan ikke legges for stor vekt på den ene analysen, men det kan indikere at det befinner seg en lokal PCB-kilde i Eitrheimsvågen. Ettersom nivået er så høyt helt i overflaten på sedimentet, kan det tyde på en aktiv tilførsel av PCB. Vanddypet i Eitrheimsvågen er mindre enn 10 m, og det innebærer at oppvirvling av PCB-holdige sedimenter i grunnområdet kan forurense brakkvannslaget hvor bl.a. blåskjell lever.

Noe forhøyede verdier i Tyssedalområdet, spesielt på noe større sedimentdyp, tyder på at det kan ha vært en kilde i dette området. Overflatesedimentene viser imidlertid konsentrasjoner stort sett lavere enn 10 ng/g og dette kan neppe forårsake forhøyede nivåer av PCB i torskelerver. Hvis kilden til PCB befinner seg i deponier på land, vil i første rekke fjordens overflatevann påvirkes av sigevann. Nivået av PCB i sedimentene vil være avhengig av tilførselene av PCB til fjorden og sedimenteringen av annet materiale som ikke inneholder PCB (fortynning). Området fra Tyssedal og sørover til Odda er sterkt påvirket av industrislam, slik at fortynningen blir stor. Dette kan være en medvirkende årsak til at PCB-innholdet i sedimentene er såvidt lavt.

3.3 Analyse av transformatorolje

Totalt 6 trafooljer ble analysert for innhold av PCB. Ca. 35000 l trafoolje-1 ble dumpet i sjøen like utenfor den gamle omformerstasjonen til A/S D.N.N. i Tyssedal i tidsrommet 1930 - 80. De største utslippene skjedde 1950 - 54 under ombygging av trafoer/omformere og senere ved demontering av aluminiumsfabrikken i 1980 - 81. Trafoolje-2 ble sluppet ut i en mengde på ca. 500 l ved kraftstasjonen til A/S Tyssesfaldene. Utslippene skjedde i tidsrommet 1940 - 70. Trafoolje-3 ble sluppet ut direkte i drikkevannet for Skjeggdalen og Tyssedal ved svetting og påfylling av trafoene i 1955, totalt 300 l. Trafoolje-4, i en mengde på ca. 600 l, ble sluppet ut ved Åsen-Skjeggdalen ca. 600 m fra drikkevannskilden for området. Utslippene skyldtes påfylling av trafoene i 1967, reparasjon av trafoene i 1989, samt naturlig svetting i driftstiden fra 1967 - 90. Ca. 900 l trafoole-5 ble sluppet i sjøen ved kraftstasjonen A/S Tyssesfaldene i tidsrommet 1960 - 90 pga. flytting av trafoer, lekkasje og etterfylling. Trafoolje-6. ca. 1000 l. ble sluppet ut ved omformerstasjon nr. 2 i 1954.

De kjemiske analysene viste at trafooljene ikke inneholdt PCB eller

andre klorholdige miljøgifter. Dette viser at trafooljene dumpet i Sørfjorden ikke er hovedkilden til de forhøyede nivåer av PCB i fisk og skaldyr i fjorden. Tilleggsanalyse på GC med FID-detektor viste at trafooljene sannsynligvis inneholdt rensset mineralolje.

4. FORSLAG TIL OPPFØLGING

Resultatene viste ingen alarmerende tegn til PCB-forurensning av sedimentene i indre Sørfjord. Det befinner seg muligens en PCB-kilde i Eitrheimsvågen som fortsatt tilfører sedimentene PCB. I 1991 er det planlagt å starte en større opprydning i deponiene i Eitrheimsvågen. Dette vil også ta hånd om en eventuell PCB-kilde. Det bør derfor ikke være nødvendig å foreta ytterligere undersøkelser i Eitrheimsvågen for å konkret påpeke kilden. Derimot vil det i årene som kommer være nødvendig å overvåke innholdet av PCB i fisk og blåskjell fra Sørfjorden.

5. REFERANSER

- Ahmed, A.K. (1976). The accumulation continues. *Environment*, 18, 6-11.
- Bjerk, J.E. og Kveseth, N. (1973). DDT og PCB i torskelever fra Sjørfjorden, I: Resipientundersøkelser i Sjørfjorden 1972. (Miljøvernkomiteen i Odde).
- Jensen, S. (1966). A new chemical hazard. *New Scientist*, 32, 612.
- Knutzen, J. og Skei, J. (1990). Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 0-8612602 under bearb.
- Lohse, J. (1990). Distribution of organochlorine pollutants in North Sea sediments, *Int.Conf. on North Sea Pollution. Technical Strategies for Improvement*, Amsterdam, 10-14 September 19910, 225-236.
- Long, E.R. and Morgan, L.G. (1990). The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the national status and trends program. NOAA Technical Memorandum Nos. OMA 52.
- Skei, J. (1978). Review of existing data on cadmium and PCB in marine waters, biota and sediments of Norway. NIVA-rapport 0-46/78, 31 s.
- Skei, J., Knutzen, J., Moy, F. og Green, N. (1989). Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden i 1988 - 1989. NIVA-rapport 0-8000309, 75 s.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll

0808 Oslo 8

ISBN 82-577-1842-4