

FFI RAPPORT

VURDERING AV PCB-FORURENSNING VED UBÅTBUNKEREN I LAKSEVÅG

JOHNSEN Arnt, ROSSLAND Helle K, LONGVA Kjetil S

FFI/RAPPORT-2005/01118

**VURDERING AV PCB-FORURENSNING VED
UBÅTBUNKEREN I LAKSEVÅG**

JOHNSEN Arnt, ROSSLAND Helle K, LONGVA
Kjetil S

FFI/RAPPORT-2005/01118

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2005/01118	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 29
1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/3334/917	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE VURDERING AV PCB-FORURENSNING VED UBÅTBUNKEREN I LAKSEVÅG Assessment of PCB contamination at the submarine pen in Laksevåg		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) JOHNSEN Arnt, ROSSLAND Helle K, LONGVA Kjetil S		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH:		
a) <u>PCB</u>	b) <u>Pollution</u>	c) <u>Assessment</u>
d) <u>Leakage</u>	e) <u>Submarine pen</u>	
IN NORWEGIAN:		
a) <u>PCB</u>	b) <u>Forurensning</u>	c) <u>Undersøkelse</u>
d) <u>Utlekking</u>	e) <u>Ubåtbunker</u>	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT FFI has on assignment from Forsvarsbygg MIKU performed investigations to identify possible leakage of PCB from the old demolished docks at the submarine pen in Laksevåg, Bergen. The focus on this study has been to evaluate if there is any leakage of PCB to the marine environment, which can cause an environmental risk. Water from groundwater wells and seawater were sampled with the high volume water sampler developed by FFI. In addition SPMD were deployed in seawater just outside the demolished docks. To assess diffuse sources of PCB, samples of mud from sand traps and a culvert were analysed. It has not been possible to detect any leakage of PCB from the demolished docks. The probability is therefore very small for a leakage of PCB, which will cause a risk for the marine environment. FFI consider it therefore not necessary to initiate preventive measures at the old demolished docks. The concentration of PCB in mud from sand traps and the culvert was high. It is therefore recommended to remove the contaminated mud and establish procedures for routine removal of mud in order to reduce the risk for transport of contaminated mud to the marine environment. It is also recommended to evaluate if it is possible to investigate if there still are any local sources of PCB above ground at the submarine pen. The City of Bergen has to document any transport of PCB with surface water to the marine environment outside the submarine pen in Laksevåg.		
9) DATE 2005-04-07	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION Director

ISBN 82-464-0926-3

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
2	GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER	7
2.1	Høyvolum prøvetaking av vann fra grunnvannsbrønner	7
2.2	Høyvolum prøvetaking av sjøvann	9
2.3	Utplassering av SPMD i sjøen	10
2.4	Vannstandsmålinger i grunnvannsbrønner	11
2.5	Dykkerundersøkelse i strandsonen	12
2.6	Prøvetaking av slam fra utvalgte sandfangkummer	12
2.7	Prøvetaking av slam fra kulvert	12
2.8	Utplassering av SPMD i kulvert	12
3	ANALYSEMETODER	13
3.1	Analyse av PCB i vann	13
3.2	Analyse av PCB i jord og sediment	14
3.3	Analyse av PCB i SPMD	14
4	RESULTATER	14
4.1	Høyvolum prøvetaking av vann	14
4.2	Eurofins Norge analyser av PCB i vann	15
4.3	Utplasserte SPMD	16
4.4	Vannstandsmålinger i grunnvannsbrønner	18
4.5	Dykkerundersøkelse i strandsonen	18
4.6	Slam i sandfangkummer og kulvert	19
5	VURDERING AV SPREDNING TIL MARINT MILJØ AV PCB	20
6	KONKLUSJON	22
APPENDIKS		
A	OVERSIKTSKART OVER PRØVETAKING	23
B	ANALYSERAPPORT FRA FFI	24
C	ANALYSERAPPORT FRA EUROFINS NORGE	27
	Litteratur	29

VURDERING AV PCB-FORURENSNING VED UBÅTBUNKEREN I LAKSEVÅG

1 INNLEDNING

Tidligere undersøkelser gjort ved ubåtbunkeren i Laksevåg utenfor Bergen viser at det er høye konsentrasjoner av PCB i sedimentene rett utenfor ubåtbunkeren i tillegg til at det i biota observeres forhøyde konsentrasjoner av PCB (1,2). Det er også tidligere blitt påvist høye konsentrasjoner av PCB i løsmassene i den gjenfylte dokk VI (1).

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har på oppdrag fra Forsvarsbygg/MIKU gjort en undersøkelse av spredningsfaren for PCB fra de gjenfylte dokkene ved ubåtbunkeren i Laksevåg. Resultatene vil danne grunnlag for en tiltaksvurdering på denne lokaliteten.

2 GJENNOMFØRTE UNDERSØKELSER

For å vurdere om det er en spredning av PCB fra ubåtbunkeren i Laksevåg og ut til Nordrevågen er følgende undersøkelser gjennomført:

- Høyvolum prøvetaking av vann fra utvalgte grunnvannsbrønner i dokk IV, V og VI ved utgående tidevann
- Høyvolum prøvetaking av vann fra sjøen rett utenfor de gjenfylte dokkene og i Puddefjorden
- Utplassering av semipermeable membraner (SPMD) i sjøen utenfor dokkene
- Vannstandsmålinger i grunnvannsbrønner i dokk IV, V og VI
- Dykkerundersøkelse av strandsonen utenfor dokkene
- Prøvetaking av slam i utvalgte sandfangkummer
- Prøvetaking av slam i kulvert
- Utsetting av SPMD i kulvert

2.1 Høyvolum prøvetaking av vann fra grunnvannsbrønner

FFI har utviklet et system for høyvolum prøvetaking av vann for analyse av PCB i vannmasser. Systemet er nærmere beskrevet i FFI-RAPPORT-2000/05945 (3) og består av et partikkelfilter på 1 µm som fanger opp partikkelbundet PCB og en adsorbent som består av XAD-2 som fanger opp løst PCB. Med dette systemet kan en ta prøver av store mengder vann, noe som er nødvendig ettersom konsentrasjonen av PCB er veldig lav. Som standard pumpes det omkring 500 liter vann gjennom systemet med en gjennomstrømningshastighet på 7-8 l/min.

Det var planlagt å ta vannprøver fra grunnvannsbrønn nr 1, 3, 4, 6, 7 og 9 ved utgående tidevann. Brønn nr 6 og 7 hadde imidlertid ikke tilstrekkelig tilsig av vann inn i brønnen og det

var derfor umulig å prøveta vann med høyvolum prøvetaker i disse to brønnene. Det ble forsøkt å ta nye prøver fra disse to brønnene etter at brønnene var rensset av Multiconsult AS, men brønnene hadde fortsatt for lite tilsig av vann. Det er gitt en oversikt over prøvetakingen med høyvolum prøvetaker i Tabell 2.1.

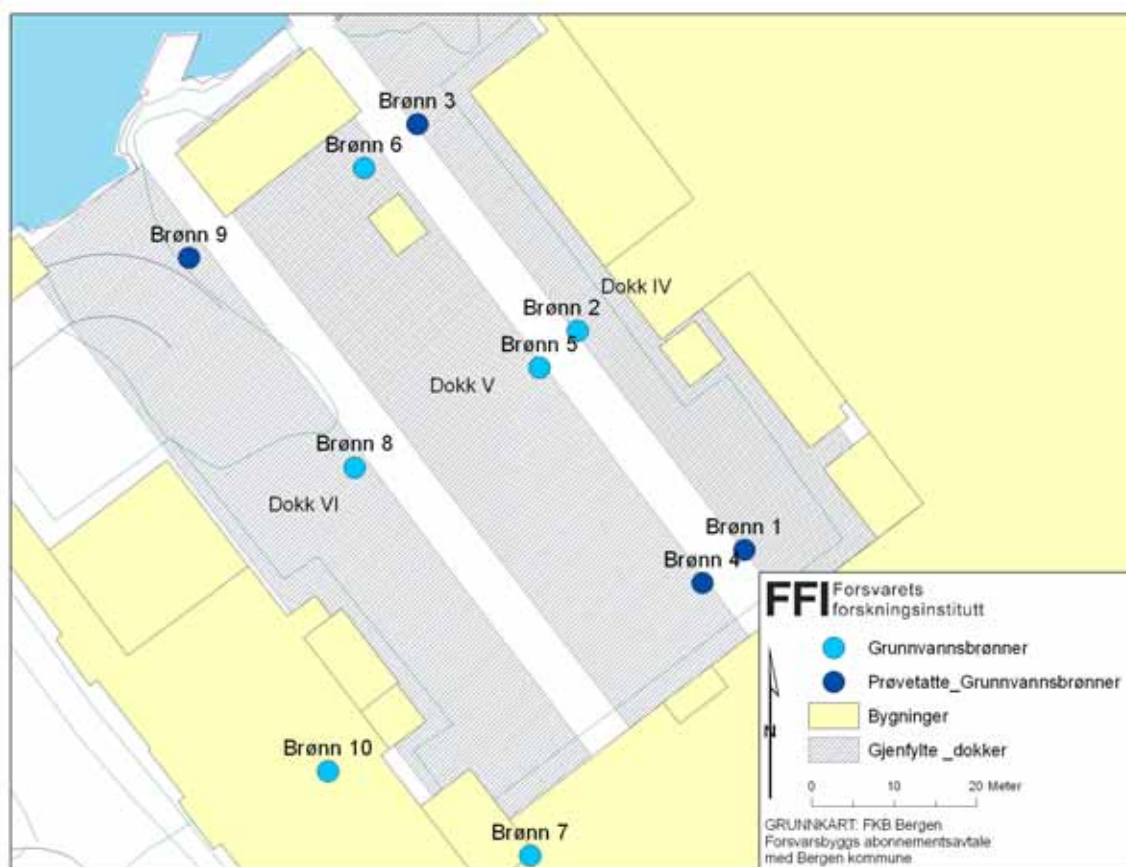
<i>Brønn nr</i>	<i>Dato for prøvetaking</i>	<i>Tidspunkt for prøvetaking</i>	<i>Volum vann prøvetatt (liter)</i>
1	16.12.2004	17:00 – 18:20	256
3	16.12.2004	19:05 – 20:30	288
4	16.12.2004	14:50 – 16:05	530
9	17.12.2004	07:10 – 08:30	540

Tabell 2.1 Oversikt over høyvolum prøvetaking av vann fra grunnvannsbrønner

Før prøvetaking i brønnene ble de rensesumpet i omkring 10 minutter med en hastighet på omkring 20-30 liter/min. For to av brønnene (brønn 1 og 3) var det selv etter denne rensesumpingen partikler i vannet. Fra disse to brønnene ble det derfor kun prøvetatt i overkant av 250 liter vann. Det ble observert en god del partikler på partikkelfiltret og i adsorbenten etter avsluttet prøvetaking i disse to brønnene. For de andre to brønnene (brønn 4 og 9) ble det også observert noe partikler både på partikkelfiltret og i adsorbenten. Det var merkbar lukt av hydrogensulfid i vannet som ble pumpet opp fra brønn nr 1, 3 og 4. Fra de fire prøvetatte grunnvannsbrønnene ble det i tillegg tatt 1 liter vannprøve for separat analyse hos Eurofins Norge, som tidligere har utført målinger av PCB i vann fra grunnvannsbrønnene. Tidevannssyklus for Bergen 16 og 17 desember 2004 er vist i Tabell 2.2 (4). En oversikt over lokalisering av de prøvetatte grunnvannsbrønnene er vist i Figur 2.1.

<i>16 desember 2004, klokkeslett</i>	<i>Tidevann (cm)</i>	<i>17 desember 2004, klokkeslett</i>	<i>Tidevann (cm)</i>
12	162	03	173
13	181	04	159
14	193	05	139
15	183	06	115
16	162	07	98
17	136	08	92
18	106	09	92
19	87	10	102
20	74	11	117
21	74	12	138
22	84	13	163
23	103	14	185

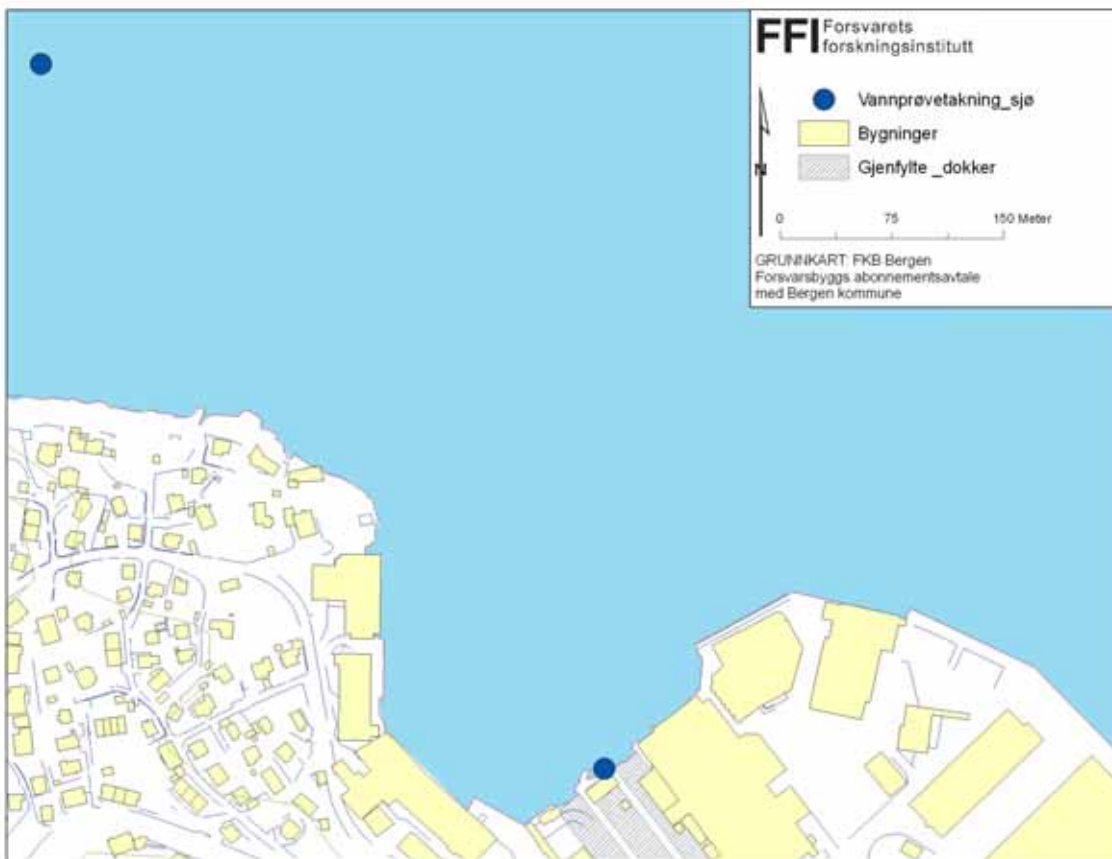
Tabell 2.2 Vannstandsdata for Bergen 16 og 17 desember 2004. Data er hentet fra Statens kartverk Sjø



Figur 2.1 Oversikt over alle grunnvannsbrønner med markering av de som ble tatt prøve av med høyvolum prøvetaker

2.2 Høyvolum prøvetaking av sjøvann

Det ble tatt en prøve av sjøvann med høyvolum prøvetaker i Nordrevågen rett utenfor dokk IV og en prøve i Puddefjorden øst av Lyreneset. Prøven i Nordrevågen ble tatt 25.01.2005 klokken 14:10 – 15:25 på omkring 1 m dyp ved synkende tidevann, mens prøven i Puddefjorden ble tatt 17.12.2004 klokken 12:45 – 13:30 på omkring 3 m dyp. Det ble observert lite partikler på filter og adsorbent etter avsluttet prøvetaking av disse to prøvene. Prøvevolumet utenfor dokkene var på 520 liter, mens prøvevolumet i Puddefjorden var på 540 liter. Det ble i tillegg tatt 1 liter vannprøve for separat analyse hos Eurofins Norge fra prøvelokaliteten i Puddefjorden. Lokalisering av prøvestasjonene i sjø er vist i Figur 2.2.



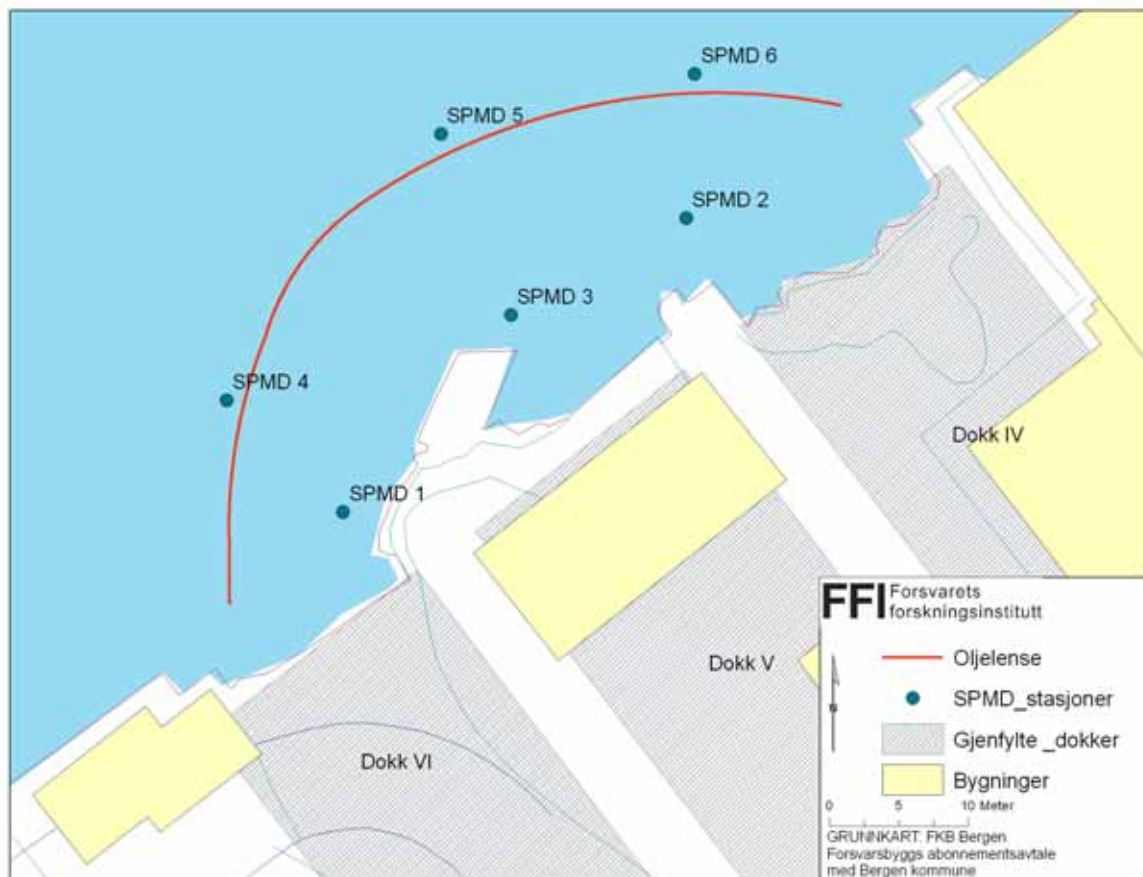
Figur 2.2 Lokalisering av høyvolum prøvetaking i sjø utenfor de gjenfylte dokkene og ute i Puddefjorden

2.3 Utplassering av SPMD i sjøen

Det var ønskelig å forsøke og få til en oppkonsentrering av vann som strømmet ut av de gjenfylte dokkene, for om mulig å spore en eventuell lekkasje av PCB. For å gjøre et best mulig forsøk på dette, ble det plassert ut en oljelense utenfor de tre gjenfylte dokkene (se Figur 2.3). Oljelensen var noe modifisert ved at det var festet en presenning med fem meters bredde langs hele oljelensen. Dette ble gjort for i størst mulig grad å holde vannet som strømmet ut og inn av de gjenfylte dokkene på innsiden av oljelensen. Det ble så plassert tre SPMD på innsiden av oljelensen og tre SPMD på utsiden av oljelensen for å spore en eventuell konsentrasjonsforskjell i vannmassene. De seks SPMD ble plassert ut 16.12.2004. På grunn av dårlig vær noen dager før SPMD skulle hentes inn igjen, ble oljelensen med presenningsskjørt kastet på land og de fleste SPMD hadde slitt seg og var sunket til bunnen. Når FFI ankom ubåtbunkereren i Laksevåg 25.01.2005 var det kun en SPMD (SPMD 1) som fortsatt stod i samme posisjon som den ble satt ut. Med hjelp fra dykker ble alle bortsett fra en SPMD hentet opp fra bunnen 25.01.2005. Som referanse ble det utplassert en SPMD øst for Lyreneset 16.12.2005. Denne var forsvunnet ved innhenting 25.01.2005. Figur 2.4 viser hvor oljelensen og SPMD ble utplassert.



Figur 2.3 Utsetting av oljelense med presenningsskjørt utenfor de gjenfylte dokkene ved ubåtbunkeren i Laksevåg



Figur 2.4 Plassering av oljelense utenfor de gjenfylte dokkene med plassering av SPMD utenfor og innenfor oljelensen

2.4 Vannstandsmålinger i grunnvannsbrønner

Vannstandsmålinger ble foretatt i de samme grunnvannsbrønnene som var tenkt prøvetatt med høyvolum prøvetaker for å vurdere i hvilken grad tidevannet trenger inn i de gjenfylte dokkene. Vannstandsmålinger ble foretatt 26.01.2005 fra klokken 09:35 – 14:10. Vannstandsmålingene

ble utført ved å senke ned en ledning med to ledere som var avisolert og koblet til et multimeter. Når den avisolerte delen av ledningen kom ned i vann endres motstanden i ledningen og avstanden fra toppen av foringsrøret og ned til vannoverflaten ble notert.

2.5 Dykkerundersøkelse i strandsonen

Området fra strandsonen og ned mot bunnen langs de gjenfylte dokkene ble undersøkt av dykker den 16.12.2004 ved synkende tidevann, for om mulig å lokalisere kanaler som vannet strømmet ut av ved synkende tidevann og for å vurdere de massene som var benyttet som fylling ut mot sjøen.

2.6 Prøvetaking av slam fra utvalgte sandfangkummer

Mulige tilførsler av PCB fra diffuse kilder ved ubåtbunkerer ble undersøkt ved å ta prøve av slammet fra to sandfangkummer. Den ene sandfangkummen var lokalisert omtrent midt i dokk IV, mens den andre var lokalisert ved utkjørselen av området. Figur 2.5 viser lokaliseringen av de prøvetatte sandfangkummene. Det ble tatt omkring 250 gram prøve av slammet i sandfangkummen som ble overført til glassflasker med skrukork den 26.01.2005. Prøven ble lagret i fryser ved -18°C inntil analyse. Det ble observert at det rant vann med oljefilm ned i sandfangkummene.

2.7 Prøvetaking av slam fra kulvert

Prøver av slam i kulverten som går på langs av både de aktive og gjenfylte dokkene ble også tatt for å avdekke mulige diffuse kilder til PCB ved ubåtbunkerer. Det ble tatt tre prøver av slam i kulverten, den ene ved dokk VII, den andre ved dokk V og den siste ved dokk II. Prøvene ble tatt den 17.12.2004 og 26.01.2005. Det ble tatt omkring 250 gram prøve som ble overført til glassflasker med skrukork. Prøvene ble lagret i fryser ved -18°C inntil analyse. Det ble observert at alle slamprøvene inneholdt en større mengde oljeprodukter både på grunn av oljelukt og konsistens av prøvene. Dette ble også observert ved ekstraksjon og kjemisk analyse av prøvene.

2.8 Utplassering av SPMD i kulvert

Kulverten vil i perioder inneholde vann som følge av inntregning av tidevann og overvann, og det ble derfor satt ut en SPMD i kulverten for å undersøke om vannet inneholder PCB. Denne ble plassert i vestlig ende av kulverten (samme sted som det er avmerket dokk VII i Figur 2.5), da det i dette området var mistanker om inntregning av overvann fra området utenfor ubåtbunkerer. SPMD ble utplassert 17.12.2004 og hentet inn igjen 26.01.2005. Det ble i løpet av døgnet 15 desember 2004 målt en nedbørsmengde på 63,7 mm, mens det i løpet av døgnet 17 desember 2004 ble målt en nedbørsmengde på 37,0 mm ved målestasjonen Florida i Bergen (5). Utsetting av SPMD ble derfor gjort i en nedbørsrik periode, men det ble bare observert noe vann i kulverten ved utsetting. Vannet stod omkring 10 cm over slammet i kulverten og det ble ikke observert noen vesentlige strømninger i vannet som følge av innstrømmende vann i kulverten. Ved opptakt av SPMD, ble det ikke observert vann i kulverten. Det ble imidlertid observert at hele enheten med SPMD var dekket av slam. I løpet av den perioden som SPMD var utplassert har vannstanden derfor vært vesentlig høyere enn ved utsetting og det har vært relativt kraftige strømninger i vannet som har forårsaket oppvirvling av slammet i kulverten.

Både desember 2004 og januar 2005 var nedbørsrike måneder og det falt omkring 670 mm nedbør i den perioden som SPMD var utplassert (5). Det er derfor mulig at det i nedbørsrike perioder har trengt inn betydelige mengder med overvann i kulverten. I løpet av perioden som SPMD var utplassert har været's innvirkning på tidevannet flere ganger ført til en høyere vannstand enn normalt. Den 12 januar ble det registrert en vannstand på over 2 meter over sjøkartnull (4). Det ble ikke registrert så høy vannstand i 2004 og det var eneste gangen i januar 2005. Det er ikke usannsynlig at den høye vannstanden den 12 januar 2005 har ført til en massiv inntrengning av sjøvann i kulverten som har forårsaket en kraftig oppvirvling av slammet i kulverten.



Figur 2.5 Oversikt over prøvetatte sandfangkummer og lokalisering av prøver tatt i kulverten. En SPMD ble utplassert i kulverten i samme område som prøvepunkt for slam i kulverten merket Dokk VII

3 ANALYSEMETODER

3.1 Analyse av PCB i vann

Omkring 500 liter vann filtreres gjennom et partikkelfilter på 1 μm og en XAD-2 kolonne for å samle opp både løst og partikkelbundet PCB. En del av partikkelfiltret tas ut til analyse og ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Hele prøven med XAD-2 ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Ekstraktene renses og analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB

kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

3.2 Analyse av PCB i jord og sediment

Omkring 2 gram tørr prøve veies ut og ekstraheres med løsemiddel i mikrobølgeovn. Ekstraktet tas ut og renses før det analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

3.3 Analyse av PCB i SPMD

Membranen tørkes av på utsiden før den ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Mengden fett bestemmes før ekstraktet renses og analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

4 RESULTATER

4.1 Høyvolum prøvetaking av vann

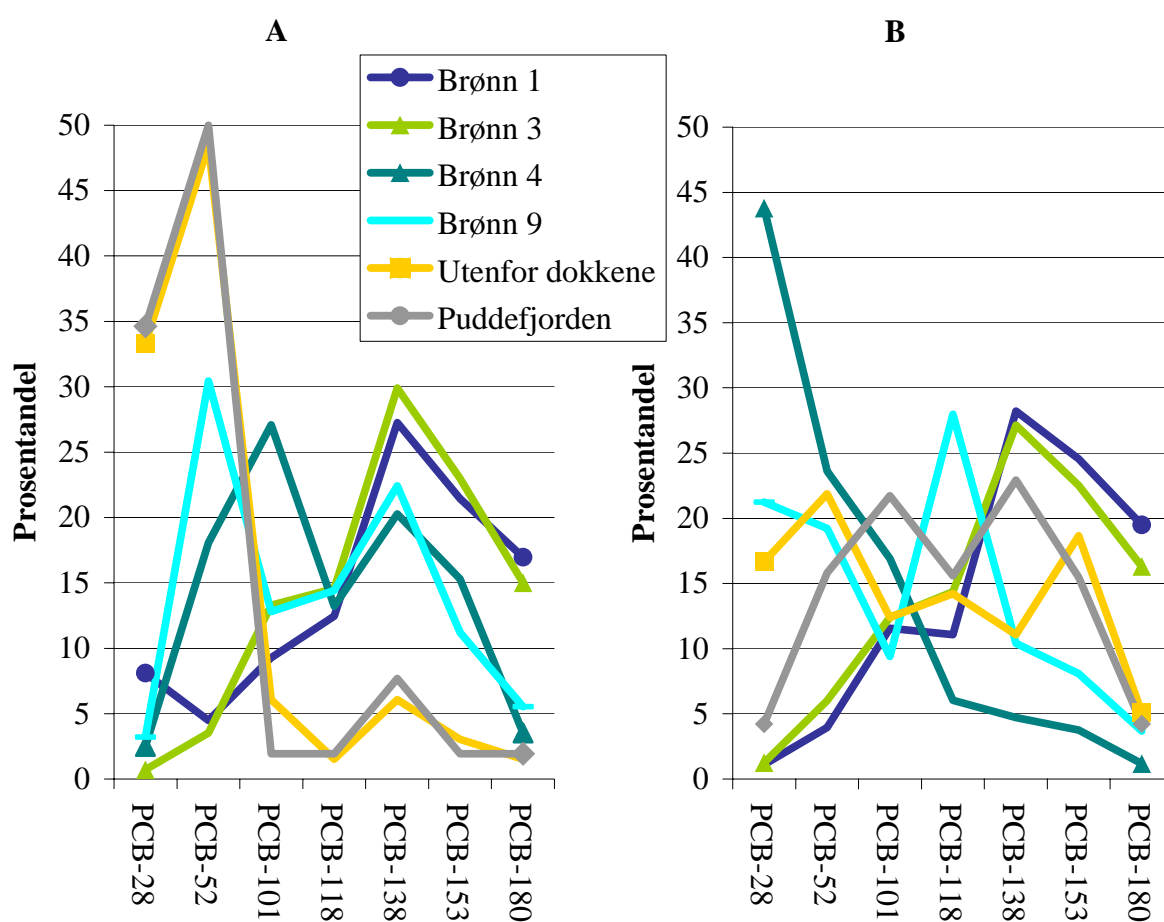
Konsentrasjonen av PCB i vannmassene som ble pumpet opp fra grunnvannsbrønnene samt i sjøvann rett utenfor de gjenfylte dokkene og i Puddefjorden er vist i Tabell 4.1. Analyserapporten er vist i appendiks B og der er konsentrasjonen av PCB både i filter og XAD-2 oppgitt.

Som forventet var konsentrasjonen av PCB høyest i de to brønnene hvor det ble observert mye partikler på filter og XAD-2. Den laveste konsentrasjonen av PCB ble funnet i Brønn 9, som var den brønnen der det ble observert minst partikler i filter og XAD-2. I sjøen er nivået av PCB noe lavere enn det som ble observert i grunnvannsbrønnene. Det var ikke noen vesentlig forskjell i konsentrasjonen mellom de to sjøvannsprøvene og nivået er i samme størrelsesorden med det som er funnet ved Haakonsvern orlogsstasjon (6).

Det er stor sannsynlighet for at mye av den mengden av PCB som ble funnet i vannet fra grunnvannsbrønnene er partikkelbundet. Med en pumpehastighet på 7-8 liter/min som er standard prøvetakingshastighet for høyvolum prøvetaker er det sannsynlig at en del partikler fra løsmassene er revet med og transportert inn i grunnvannsbrønnen. Kongenerfordelingen av PCB i prøven fra grunnvannsbrønn 1 og 3 viser en overvekt av høyklorete PCB (Figur 4.1), noe som indikerer at det er forurensede partikler fra løsmassene som skaper et høyt nivå av PCB i vannmassene i disse grunnvannsbrønnene. Det er tidligere rapportert om at konsentrasjonen av PCB i slam fra grunnvannsbrønnene kan være opp mot 36 ng/g med en klar overvekt av høyklorete PCB i prøven (7). Med utgangspunkt i dette vil en partikkelmengde på rundt 1 mg/l være tilstrekkelig til å gi den konsentrasjonen av PCB som ble funnet i de to brønnene med høyest konsentrasjon av PCB.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>PCB-28</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-52</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-101</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-118</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-138</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-153</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-180</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB₇</i> <i>ng/l</i>
Brønn 1	0,63	0,56	1,37	1,56	3,66	3,03	2,40	13,21
Brønn 3	0,12	0,57	1,58	1,78	3,52	2,80	1,92	12,29
Brønn 4	0,23	0,45	0,60	0,28	0,41	0,31	0,07	2,37
Brønn 9	0,05	0,22	0,09	0,13	0,15	0,08	0,03	0,75
Utenfor dokkene	0,13	0,18	0,01	0,01	0,01	0,02	< 0,01	0,41
Puddefjorden	0,09	0,15	0,03	0,02	0,05	0,02	< 0,01	0,35

Tabell 4.1 Tabellen viser den totale konsentrasjonen av PCB i vannmassene, der både løst og partikkelbundet PCB er summert



Figur 4.1 Kongenerfordeling av PCB i filter (A) og XAD-2 (B) ved de ulike prøvestasjonene

4.2 Eurofins Norge analyser av PCB i vann

Analyseresultatet fra Eurofins Norge er vist i Tabell 4.2, mens analyserapporten er vist i Appendiks C. For to av prøvene ligger konsentrasjonen av PCB så vidt over deteksjonsgrensen for den enkelte PCB kongener, ellers er det ikke funnet konsentrasjoner av PCB som ligger over deteksjonsgrensen. På grunn av usikkerhet i analysemetoden blir kvantifiseringen noe usikker og resultatene kunne like gjerne vært under deteksjonsgrensen. Analyseresultatene fremkommet med høyvolum prøvetaker er derfor benyttet ved videre vurderinger.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>PCB-28</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-52</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-101</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-118</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-138</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-153</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-180</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB₇</i> <i>ng/l</i>
Brønn 1	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Brønn 3	< 10	< 10	< 10	< 10	12	< 10	< 10	12
Brønn 4	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Brønn 9	< 10	< 10	12	11	13	< 10	< 10	36
Puddefjorden	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Tabell 4.2 *Analyseresultater fra Eurofins Norge av PCB i vannprøver*

4.3 Utplasserte SPMD

Akkumulert mengde PCB i SPMD er vist i Tabell 4.3, mens analyserapporten er vist i appendiks B. På grunn av uvær rett før innhenting av SPMD, ble oljelensen kastet på land og delvis ødelagt. Som en følge av dette hadde SPMD som var festet på utsiden av oljelensen slitt seg og falt til bunnen. SPMD 2 og 3 var også forsvunnet til bunns, mens SPMD 1 stod i samme posisjon som ved utsetting. Alle SPMD ble hentet opp av dykker, bortsett fra en som var plassert på innsiden av oljelensen som det ikke var mulig for dykker å lokalisere. Den SPMD som var plassert øst for Lyreneset og som skulle fungere som referanse, var blitt fjernet fra stedet den ble satt ut på ved innhenting i slutten av januar 2005.

Akkumulert mengde PCB er omtrent lik for SPMD plassert utenfor dokkene, bortsett fra en SPMD som har et mye høyere innhold av PCB. Årsaken til dette er sannsynligvis at denne har falt ned til bunnen og blitt liggende der i en lengre periode enn de som ble slitt løs rett før innhenting. Resultatet fra denne er derfor utelatt i vurderingen her, men analyseresultatet er vist i appendiks B. Erfaringer fra Haakonsvern orlogsstasjon viser at SPMD akkumulerer mer PCB om den blir liggende oppe på sedimentene (8). Det ble ikke funnet noen forskjell i akkumulert mengde PCB i SPMD som var plassert innenfor oljelensen i forhold til de som var plassert utenfor. Akkumulert mengde PCB i SPMD er tilsvarende med det som er funnet ved Haakonsvern orlogsstasjon (6) og indikerer et generelt forhøyet nivå av PCB i vannmassene. Det ble ikke funnet noen vesentlig forskjell mellom konsentrasjonen av PCB i vannmassene i Puddefjorden og rett utenfor dokkene ved prøvetaking med høyvolum prøvetaker. Det er derfor sannsynlig at akkumulert mengde PCB i SPMD ved referansestasjonen ville vært omkring 20 ng. Dette er i overensstemmelse med at hele Puddefjorden er forurenset med PCB (9).

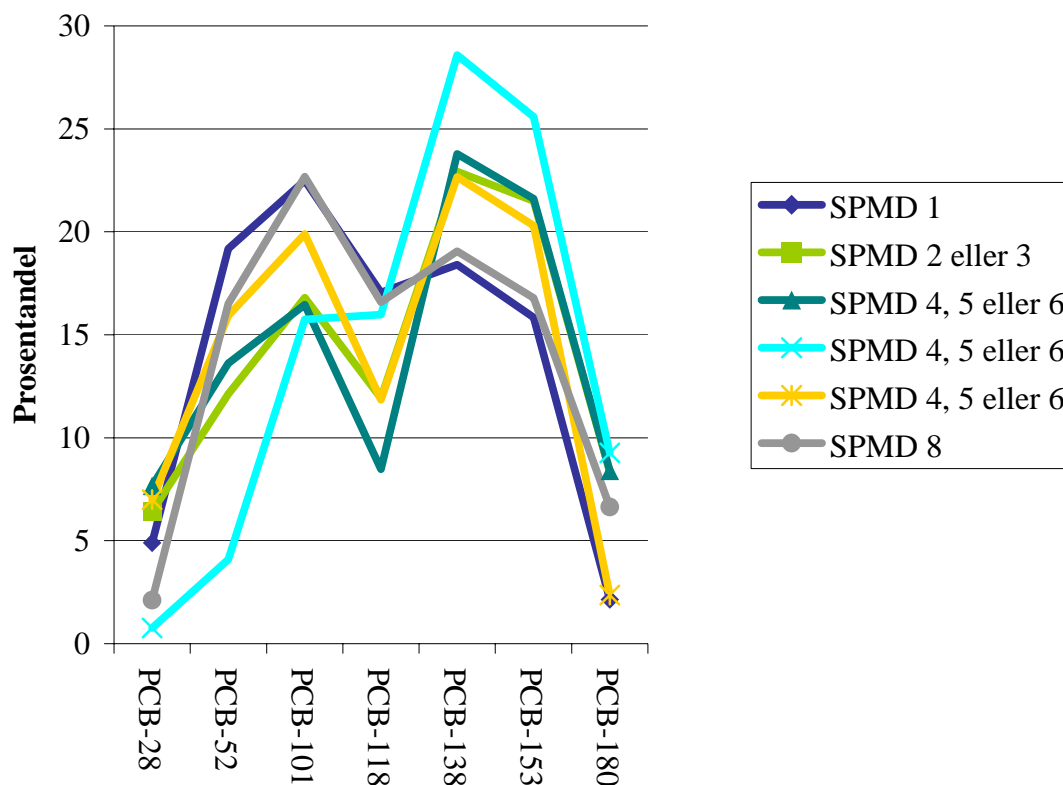
Akkumulert mengde PCB i SPMD plassert i kulverten ved dokk VII var betydelig høyere enn det som ble målt i de andre SPMD. Dette skyldes med stor sannsynlighet at slammet i bunnen av kulverten hadde kommet i direkte kontakt med den semipermeable membranen, sannsynligvis som følge av en betydelig inntregning av tidevann i kulverten som har ført til oppvirvling av slammet. Det ble funnet høye konsentrasjoner av PCB i slammet nede i kulverten (nærmere beskrevet i kapittel 4.6). Akkumulert mengde PCB i SPMD gir derfor ikke en representativ måling av konsentrasjonen til PCB i vannmassene som har vært i kulverten.

Prøvepunkt	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180	PCB ₇
	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
SPMD 1	1,1	4,5	5,3	4,0	4,3	3,7	< 1,0	23
SPMD 2 eller 3	1,4	2,6	3,7	2,6	5,0	4,7	1,8	22
SPMD 4, 5 eller 6	1,9	3,4	4,1	2,1	5,9	5,4	2,1	25
SPMD 4, 5 eller 6	1,5	3,4	4,2	2,5	4,8	4,3	< 1	21
SPMD 8	7,0	54	75	55	63	55	22	330

Tabell 4.3 Total akkumulert mengde PCB i SPMD ved de ulike utplasserte stasjonene. Ettersom SPMD 2, 3, 4, 5 og 6 hadde falt til bunnen under uvær rett før innhenting er nummereringen av SPMD ikke kjent for disse

I tidligere undersøkelser er det vist at utsatte SPMD ekstraherer omkring 1,4 l vann/dag når totalkonsentrasjonen av PCB i vannmassene benyttes (10). Med utgangspunkt i denne ekstraksjonshastigheten og en utplasseringstid på 40 dager, vil konsentrasjonen av PCB i vannmassene rett utenfor dokkene ligge på rundt 0,41 ng/l. Dette er nøyaktig den samme konsentrasjonen som ble målt i vannmassene med høyvolum prøvetaker (Tabell 4.1).

Kongenerfordelingen av PCB er relativt lik i alle de målte SPMD, bortsett fra den SPMD som hadde blitt liggende i lengre tid på bunnen (merket med lys blå). Den har en mer anrikning av høyklorerte PCB, noe som stemmer med at det i sedimentene er en overvekt av høyklorerte PCB (1). Det er relativt lite opptak av PCB-28 og PCB-180, mens det for de andre kongenerene er et ganske likt opptak.

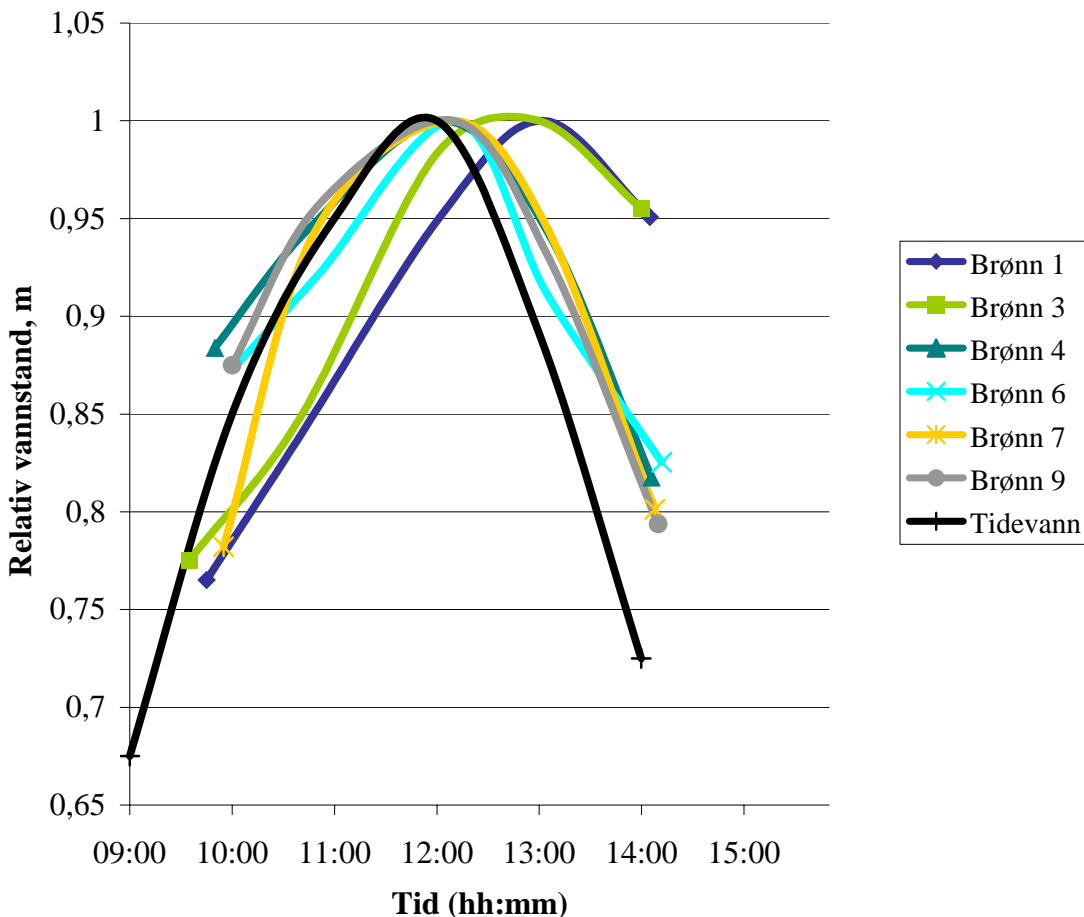


Figur 4.2 Kongenerfordeling av PCB i SPMD fra de ulike prøvelokalitetene

4.4 Vannstandsmålinger i grunnvannsbrønner

Resultatene fra vannstandsmålingene er vist i Figur 4.3. Det var ingen nedbør i den perioden som registreringene ble foretatt. Vannstanden i de to brønnene som ligger i dokk IV (Brønn 1 og 3) har omtrent en times forsinkelse i forhold til tidevannet. Det tyder derfor på at massene i dokk IV er relativt tette, slik at dette forsinker inntrengningen av tidevannet. De andre brønnene når et toppnivå omtrent samtidig med at tidevannet når et toppnivå, noe som viser at dokk V og dokk VI har relativt god kommunikasjon med sjøen utenfor. Ut fra tegninger som ble gjort etter at dokkene ble demolert, kan det se ut som om at det i dokk V og VI ligger noen flere store betongblokker enn det som er tilfellet i dokk IV. Dette kan ha ført til at det ved gjenfylling av dokk V og VI er blitt større hulrom som ikke er blitt fylt opp med masse i forhold til dokk IV.

Det kan se ut til at endringen av vannstanden i grunnvannsbrønnene bare er noe mindre enn tidevannet. Det er derfor ikke usannsynlig at vannstanden i dokkene varierer i høyde nærmest på samme måte som tidevannet.



Figur 4.3 Relativ vannstand i grunnvannsbrønner og relativ tidevannsendring for Bergen 26 januar 2005 (4)

4.5 Dykkerundersøkelse i strandsonen

Ved dykkerundersøkelse ble det ikke identifisert noen punktområder der tidevannet strømmet ut fra dokkene. Massene i ytterkant av dokkene består i hovedsak av grus og sand med innslag av store betongblokker. Helt øverst i tidevannsonen består massene i enkelte områder av en del stein. Massene skråner jevnt ned til bunnen, bortsett fra der det ligger betongblokker. Bunnen utenfor dokkene består av ganske bløte sedimenter og var farget gråsvarte flere steder. Det ble gjort en del observasjoner som tyder på at det av og til blir tilført kloakk ut i området. Dette kommer sannsynligvis fra kommunale overløp som har sitt utslipp rett utenfor ubåtbunkerens. I

området ved dokk VI var det to store stålrør som var plassert på bunnen og som gikk i nordøstlig retning. Det ene av disse rørene ble avsluttet ikke langt fra land, mens for det andre røret ble det ikke observert noen ende. Det ble ikke observert at det var noe som kom ut fra det røret som endte nært land. Det ble observert et rikt dyreliv langs fyllingen utenfor dokkene.

4.6 Slam i sandfangkummer og kulvert

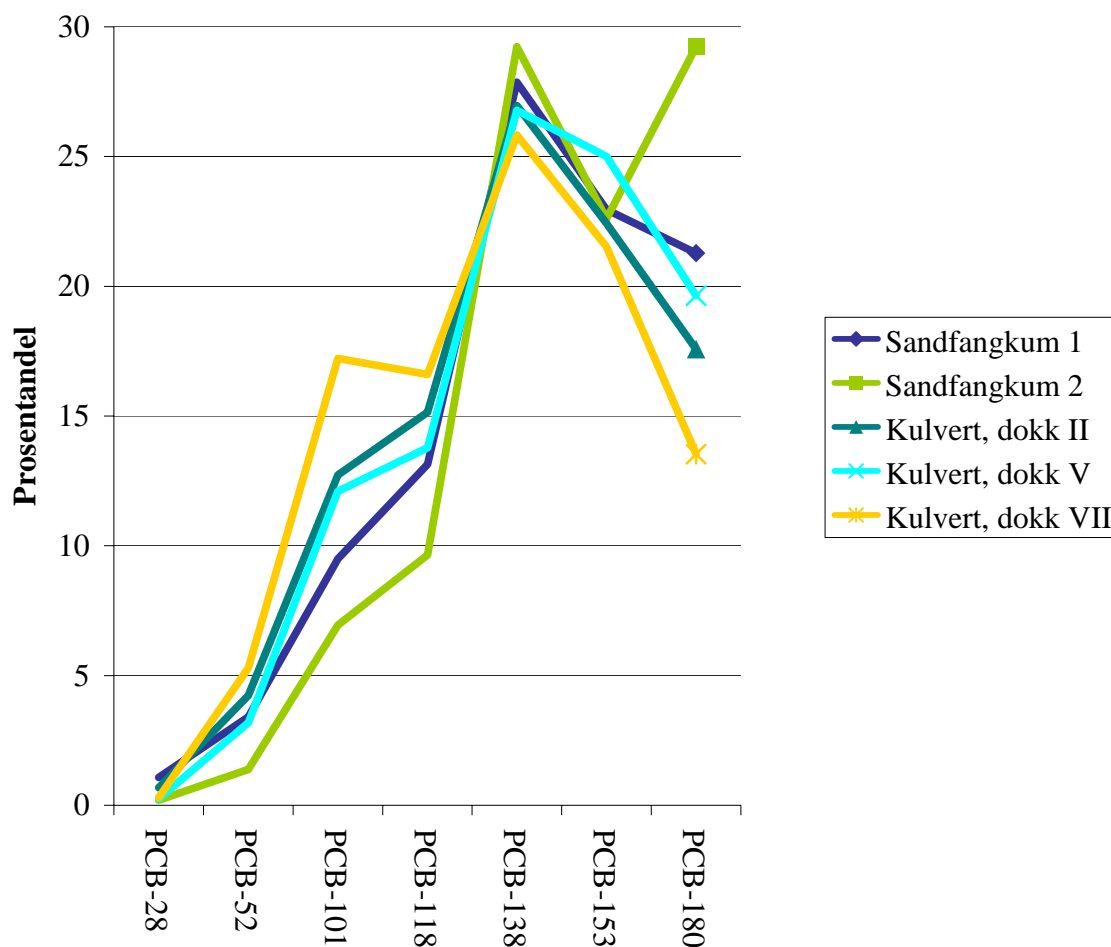
Resultatene fra målingene av PCB i slammet fra sandfangkummer og kulvert er vist i Tabell 4.4, mens analyserapporten er vist i appendiks B. Det ble registrert høye konsentrasjoner av PCB i de to sandfangkummene som ble prøvetatt. Fra Haakonsvern orlogsstasjon er det opplyst om at det har vært foretatt rensing av disse sandfangkummene i 1998. Det tyder derfor på at det fortsatt kan være aktive kilder av PCB ved ubåtbunkenen. Etter som området stort sett har asfaltdekke eller betongdekke må de aktive kildene være over bakkenivå. En mulig kilde kan være betongen i bygningsmassen eller i maling påført betongen. Det blir opplyst fra Forsvarets logistikkorganisasjon, tungt vedlikehold at det i 2004 ble foretatt børsting og maling av området under tak og på søyler foran kontorbygningen.

I slammet fra kulverten ble det også funnet høye konsentrasjoner av PCB. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet ved de dokkene som er i aktiv bruk. Som nevnt i kapittel 4.3, ble det også funnet meget høy akkumulert mengde PCB i SPMD plassert i kulverten. Med bakgrunn i de resultatene som er fremkommet, tyder det på at kildeområdet for PCB i kulverten er ved de aktive dokkene. Dette stemmer godt med at det er i dette området det i hovedsak har vært verkstedaktivitet siden ubåtbunkenen ble tatt i aktiv bruk. Det ble ikke analysert for innhold av hydrokarboner i slammet, men både observasjoner på stedet og underveis ved ekstraksjon for analyse av PCB, indiker at slammet inneholder betydelige mengder med hydrokarboner. Noe tilsvarende ble observert for slammet i sandfangkummene. Det er ikke kjennskap til at det er blitt foretatt noen rensing av kulverten i løpet av de senere år og det er sannsynlig at det aldri er blitt foretatt noen rensing av kulverten.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>PCB-28</i>	<i>PCB-52</i>	<i>PCB-101</i>	<i>PCB-118</i>	<i>PCB-138</i>	<i>PCB-153</i>	<i>PCB-180</i>	<i>PCB₇</i>
	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>
Sandfangkum 1	6,6	21	58	80	170	140	130	610
Sandfangkum 2	< 1,0	4,2	21	29	88	68	88	300
Kulvert, dokk II	22	140	420	500	890	740	580	3300
Kulvert, dokk V	1,4	18	68	77	150	140	110	560
Kulvert, dokk VII	< 1,0	8,6	28	27	42	35	22	163

Tabell 4.4 *Konsentrasjoner av PCB i slam fra sandfangkummer og kulvert. Verdiene er oppgitt i ng/g tørt materiale*

Kongenerfordelingen av PCB i slamprøvene fra sandfangkummene og fra kulverten er vist i Figur 4.4. Kongenerfordelingen er relativt lik for alle prøvene. Det kan derfor tyde på at det er samme kilde til PCB både i sandfangkummer og i kulverten. For alle prøvene er det høyklorerte PCB kongenerer som dominerer. Kongenermønsteret ligner noe på Clophen A60 eller Aroclor 1260. I sedimentene utenfor ubåtbunkenen er det funnet et kongenermønster som ligner på Clophen A60. I jordprøver tatt i forbindelse med etablering av nytt bygg i området ved dokk VI, ble det også funnet en overvekt av høyklorerte PCB kongenerer (1). Det kan derfor se ut til at det i området ved ubåtbunkenen er et høyklorert PCB produkt som er kilden til den forurensningen som observeres og at dette kan være Clophen A60.



Figur 4.4 Kongenerfordeling av PCB i slamprøver fra sandfangkummer og fra kulverten

5 VURDERING AV SPREDNING TIL MARINT MILJØ AV PCB

Det er påvist at massene i de gjenfylte dokkene har relativt god kontakt med sjøen utenfor dokkene, i og med at vannstanden nærmest er direkte korrelert med tidevannet. Ved dykkerundersøkelser er det ikke påvist noen punktområder der tidevannet strømmer ut av dokkene og massene består i hovedsak av grus og sand iblandet noe stein og store betongblokker. De gjenfylte dokkene vil derfor fungere som et slags sjøkantdeponi, der vannet som transporteres ut og inn av de gjenfylte dokkene blir filtrert gjennom den ytre fyllingen av grus og sand og de løsmasser som er i de gjenfylte dokkene. Ved undersøkelse av slam fra grunnvannsbrønner i 2004, ble det funnet relativt lave konsentrasjoner av PCB (7). Det ble påvist høyere konsentrasjon av PCB i de vannmasser som ble pumpet opp fra grunnvannsbrønnene i forhold til det som ble registrert i sjøen rett utenfor de gjenfylte dokkene, men dette skyldes med stor sannsynlighet at mye partikler ble fraktet inn i grunnvannsbrønnen som følge av stor pumpehastighet av vann ut av brønnene. Ved prøvetaking av vann fra grunnvannsbrønner ble det registrert lukt av hydrogensulfid. Dette indikerer at bunnvannet i de gjenfylte dokkene er stagnert, noe som tyder på at vannutskiftningen i hovedsak foregår i tidevannssonen.

Med bakgrunn i dette blir det vurdert til å være liten fare for at mengder av PCB som kan ha betydning for det marine miljøet strømmer ut fra de gjenfylte dokkene i dag. De forurensede partiklene som finnes i løsmassene i de gjenfylte dokkene, vil bli filtrert bort når tidevannet er på vei ut. Konsentrasjonen av løst PCB i de vannmasser som transporteres ut med tidevannet er derfor med stor sannsynlighet den samme som finnes i de vannmasser som transporteres inn

med tidevannet. Våre målinger viste at konsentrasjonen av PCB i vannmassene rett utenfor de gjenfylte dokkene ved utgående tidevann var tilsvarende med det som ble funnet ute i Puddefjorden. Det er derfor ikke påvisbare mengder av PCB som transporteres ut med tidevannet fra de gjenfylte dokkene.

Det ble funnet høye konsentrasjoner av PCB i slammet både i sandfangkummer og kulvert, noe som tyder på at det fortsatt kan være aktive kilder av PCB over bakkenivå ved ubåtbunkerer. Sandfangkummene har direkte utløp ned i de gjenfylte dokkene, mens kulverten har en åpning ut i området ved dokk V og en åpning ved dokk II. Åpningen ved dokk II har direkte forbindelse med sjøen når det er kraftig høyvann, mens åpningen ved dokk V ikke har direkte utløp til sjøen og vannet blir derfor filtrert gjennom løsmassene i dokk V før det når sjøen. Ved kraftig høyvann vil det derfor trenge inn sjøvann i kulverten. Det er derfor fare for at forurensede masser fra kulverten spesielt ved dokk II, kan transporteres ut til det marine miljø utenfor dokkene ved kraftig høyvann. Den desidert høyeste konsentrasjonen av PCB ble funnet nettopp i området ved dokk II. Det er ikke foretatt en nøyaktig beregning av hvilke mengder slam som ligger i kulverten, men det er ikke usannsynlig at det kan være snakk om over 20 tonn masse (antatt 10 cm tykt slamlag, gir omkring 14 m³). Benyttes en gjennomsnittlig konsentrasjon av PCB i slammet fra kulverten er det snakk om at rundt 40 g PCB₇ er lagret i kulverten (basert på en anslått egenvekt av slammet på 2000 kg/m³). Det er vanskelig å anslå hvor mye av dette som kan transporteres ut til det marine miljø, ettersom dette ikke har vært undersøkt. Det er imidlertid stor sannsynlighet for at det i løpet av et år er en viss transport av det slammet som ligger i kulverten ut i sjøen. Sannsynligvis blir mesteparten av overvannet fra ubåtbunkerer ledet ned i sandfangkummer, men det er ikke usannsynlig at noe blir direkte tilført det marine miljø.

For å forhindre transport av PCB til marint miljø, blir det anbefalt å tette de hull som finnes i kulverten som gir inntrengning av vann om dette er mulig. Ettersom det tildels ble funnet veldig høye konsentrasjoner av PCB i slammet i tillegg til at slammet inneholder høye konsentrasjoner av hydrokarboner, anbefales det å fjerne slammet fra kulverten. I og med at sandfangkummer er rensed på slutten av 90-tallet, bør en vurdere å gjøre undersøkelser for å avdekke om det fortsatt finnes aktive kilder til PCB ved ubåtbunkerer. Det kan imidlertid være vanskelig å identifisere diffuse kilder til PCB ved ubåtbunkerer, ettersom det er påvist tildels veldig høye konsentrasjoner av PCB i slam fra sandfangkummer rundt Puddefjorden (11). Det kan derfor være at det i sentrumsområder av Bergen er mange diffuse kilder til PCB og en undersøkelse av diffuse kilder til PCB ved ubåtbunkerer bør derfor koordineres med aktivitet som Bergen kommune har på dette området. Blir det identifisert aktive kilder av PCB ved ubåtbunkerer bør en vurdere tiltak for å fjerne dette eller kapsle dette inn, slik at utlekking til miljøet via overvann og partikkeltransport i størst mulig grad hindres. Det bør også etableres rutiner for regelmessig fjerning av slam både fra kulverten og sandfangkummer.

På begge sider av ubåtbunkerer har Bergen kommune utløp av overvann. Det er ikke gjort noen systematisk kartlegging av eventuell forurensning av slammet i sandfangkummer som har nærhet til ubåtbunkerer, men det er tatt prøver fra to sandfangkummer som ligger et stykke syd for ubåtbunkerer. Her ble det funnet konsentrasjoner av PCB₇ opp mot 100 ng/g (11). Tatt i betraktning den store nedbørmengden som er i Bergen og det relativt store området som har et samlet utløp av overvann ved ubåtbunkerer, er det naturlig å be om en redegjørelse fra Bergen kommune som dokumenterer i hvilken grad det tilføres PCB eller andre miljøgifter via overvann ut til det marine miljø ved ubåtbunkerer.

Målinger av PCB i nedbør ved Haakonsvern orlogsstasjon indikerer en konsentrasjon av PCB₇ i nedbør på rundt 1,5 ng/l, noe som faktisk er høyere enn det som er registrert i sjøvannet ved ubåtbunkerer og ved Haakonsvern orlogsstasjon. Det er derfor verdt å nevne at med den betydelige nedbørmengden som er i Bergen vil det deponeres noe PCB direkte på havoverflaten i form av nedbør. Ettersom det også tilføres store mengder overvann til sjøen

utenfor ubåtbunkeren, er det ikke usannsynlig at dette kan ha en viss betydning for forurensningsnivået etter at tiltak i de forurensede sedimentene er utført.

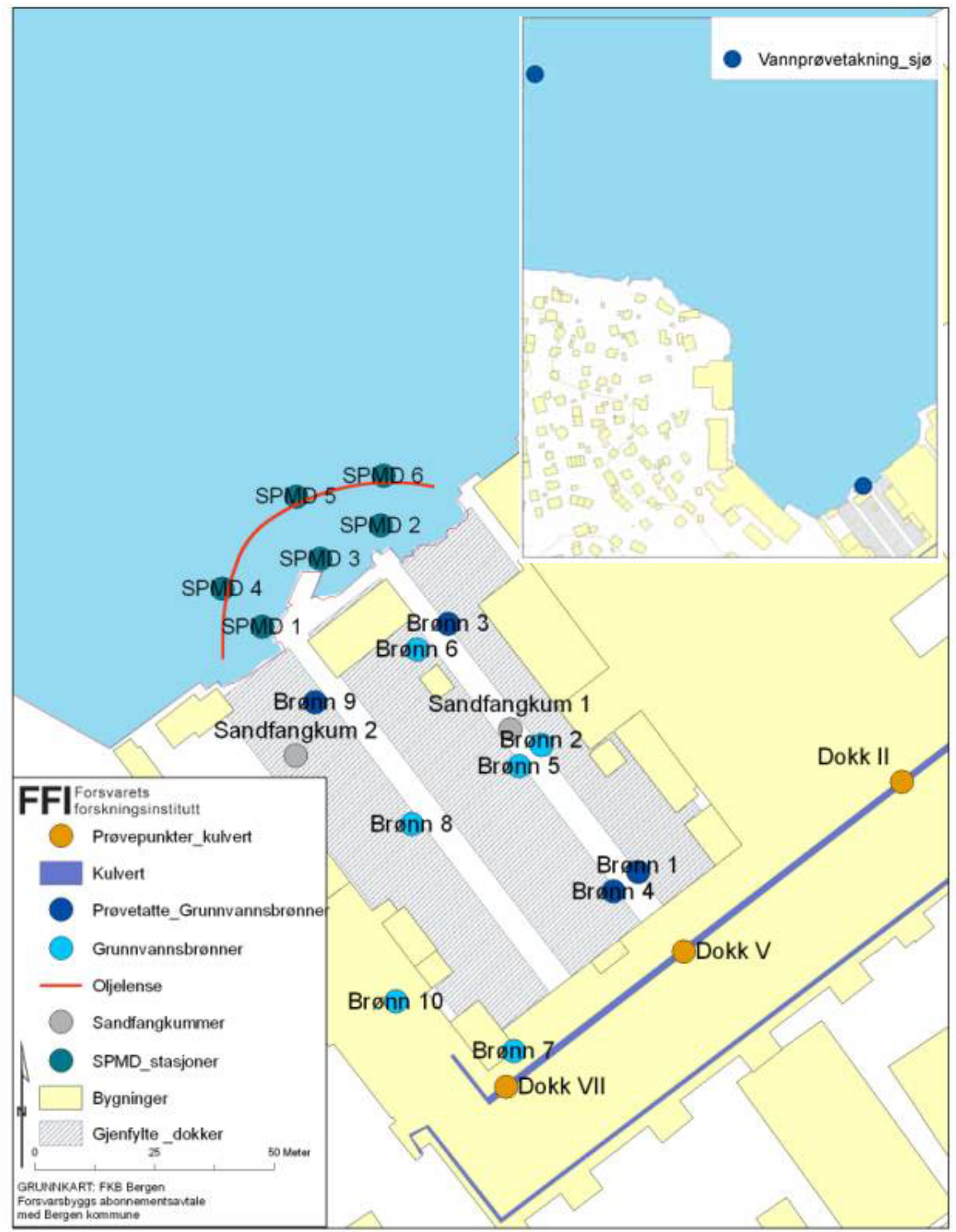
6 KONKLUSJON

Følgende konklusjoner kan trekkes med bakgrunn i de undersøkelser som er gjennomført ved ubåtbunkeren i Laksevåg for å avdekke spredning av PCB ut til marint miljø:

1. Det blir ikke funnet indikasjoner på at det transporteres PCB ut fra de gjenfylte dokkene som kan ha betydning for det marine miljø utenfor ubåtbunkeren. Det anses derfor ikke nødvendig å gjøre tiltak i de gjenfylte dokkene for å fjerne eventuell forurensning av PCB.
2. Det er blitt påvist høye konsentrasjoner av PCB i slam fra kulvert. Det anbefales at hull i kulverten som fører til vanninntregning tettes om dette er mulig og at slammet som ligger i kulverten fjernes. Det bør etableres rutiner for regelmessig fjerning av slam i kulverten.
3. Høye konsentrasjoner av PCB i sandfangkummer tyder på at det fortsatt kan være aktive kilder til PCB ved ubåtbunkeren. Det bør gjøres en vurdering om det skal gjennomføres en undersøkelse for å avdekke om dette er tilfellet. Dette bør sannsynligvis koordineres med Bergen kommune, ettersom det er påvist høye konsentrasjoner av PCB i sandfangkummer langs Puddefjorden. Om det fortsatt finnes aktive kilder av PCB, bør det vurderes om det er egnede tiltak som kan iverksettes. Slam i sandfangkummer bør fjernes regelmessig.
4. Bergen kommune bør redegjøre for mulige tilførsler av PCB med overvann til marint miljø ved ubåtbunkeren.

APPENDIKS

A OVERSIKTSKART OVER PRØVETAKING



B ANALYSERAPPORT FRA FFI



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Avdeling for beskyttelse

Dato: 7 mars 2005

Analyserapport M05/001

Side 1 av 3

Analyserapportmat versjon 2.6 15.05.98 LHB

Analyserapport nr M05/001 Analyse av PCB

Oppdragsgiver: FFI
Adresse: Postboks 25, 2027 Kjeller

Antall prøver: 23
Mottatt dato: 18.12.2004 og
26.01.2005

Anmerkninger: Ingen

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parameter	Metodeidentitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
PCB	E1	Nei	0,5 – 500 ng/g	30
PCB	E3	Nei	1 – 50 ng	30
PCB	E4	Nei	0,01 – 5 ng/l	30

Denne analyserapporten består av i alt 26 sider inkludert kromatogrammer. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Prøvene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 7 mars 2005

Arnt Johnsen
Forsker



ANALYSE AV PCB

Instrument: Gasskromatograf, Autosystem, Perkin Elmer med ECD til analyse av PCB
 Operatør: Helle K Rossland

<i>FFI nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
04-1027	Høyvolumprøvetaking filter Brønn 4, 16.12.2004
04-1028	Høyvolumprøvetaking filter Brønn 1, 16.12.2004
04-1029	Høyvolumprøvetaking filter Brønn 3, 16.12.2004
04-1030	Høyvolumprøvetaking filter Brønn 9, 17.12.2004
04-1031	Høyvolumprøvetaking filter Puddefjorden, 17.12.2004
04-1032	Høyvolumprøvetaking XAD-2 Brønn 4, 16.12.2004
04-1033	Høyvolumprøvetaking XAD-2 Brønn 1, 16.12.2004
04-1034	Høyvolumprøvetaking XAD-2 Brønn 3, 16.12.2004
04-1035	Høyvolumprøvetaking XAD-2 Brønn 9, 17.12.2004
04-1036	Høyvolumprøvetaking XAD-2 Puddefjorden, 17.12.2004
04-1049	Slam fra kulvert, dokk VII, 17.12.2004
05-002	Slam fra sandfangkum 1, 26.01.2005
05-003	Slam fra sandfangkum 2, 26.01.2005
05-004	Slam fra kulvert, dokk V, 26.01.2005
05-005	Slam fra kulvert, dokk II, 26.01.2005
05-006	Høyvolumprøvetaking filter rett utenfor dokk IV, 25.01.2005
05-007	Høyvolumprøvetaking XAD-2 rett utenfor dokk IV, 25.01.2005
05-008	SPMD i kulvert ved dokk VII, 25.01.2005
05-009	SPMD innenfor oljelense, SPMD 1, 25.01.2005
05-010	SPMD innenfor oljelense, 25.01.2005
05-011	SPMD utenfor oljelense, 25.01.2005
05-012	SPMD utenfor oljelense, 25.01.2005
05-013	SPMD utenfor oljelense, 25.01.2005

**Vannprøver**

	<i>PCB-28</i>	<i>PCB-52</i>	<i>PCB-101</i>	<i>PCB-118</i>	<i>PCB-138</i>	<i>PCB-153</i>	<i>PCB-180</i>	<i>PCB₇</i>
	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>	<i>ng/l</i>
04-1027	0,05	0,35	0,53	0,26	0,39	0,30	0,07	1,95
04-1028	0,56	0,31	0,64	0,86	1,88	1,48	1,17	6,90
04-1029	0,05	0,23	0,88	0,97	1,99	1,53	1,00	6,65
04-1030	0,02	0,19	0,08	0,09	0,14	0,07	0,03	0,62
04-1031	0,09	0,13	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,24
04-1032	0,19	0,10	0,07	0,03	0,02	0,02	< 0,01	0,42
04-1033	0,07	0,25	0,73	0,70	1,78	1,55	1,23	6,31
04-1034	0,07	0,34	0,70	0,81	1,53	1,27	0,92	5,64
04-1035	0,03	0,03	0,01	0,04	0,01	0,01	< 0,01	0,13
04-1036	< 0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	< 0,01	0,11
05-006	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	< 0,01	0,09
05-007	0,11	0,16	0,02	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	0,32

Slamprøver

	<i>PCB-28</i>	<i>PCB-52</i>	<i>PCB-101</i>	<i>PCB-118</i>	<i>PCB-138</i>	<i>PCB-153</i>	<i>PCB-180</i>	<i>PCB₇</i>
	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>	<i>ng/g</i>
04-1049	< 1,0	8,6	28	27	42	35	22	163
05-002	6,6	21	58	80	170	140	130	610
05-003	< 1,0	4,2	21	29	88	68	88	300
05-004	1,4	18	68	77	150	140	110	560
05-005	22	140	420	500	890	740	580	3300

Alle verdier basert på tørr prøve.

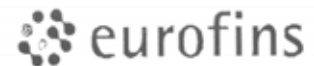
SPMD

	<i>PCB-28</i>	<i>PCB-52</i>	<i>PCB-101</i>	<i>PCB-118</i>	<i>PCB-138</i>	<i>PCB-153</i>	<i>PCB-180</i>	<i>PCB₇</i>
	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>	<i>ng</i>
05-008	7,0	54	75	55	63	55	22	330
05-009	1,1	4,5	5,3	4,0	4,3	3,7	< 1,0	23
05-010	1,4	2,6	3,7	2,6	5,0	4,7	1,8	22
05-011	1,9	3,4	4,1	2,1	5,9	5,4	2,1	25
05-012	0,7	3,5	13,6	13,8	24,7	22,1	8,0	86
05-013	1,5	3,4	4,2	2,5	4,8	4,3	< 1	21

C ANALYSERAPPORT FRA EUROFINS NORGE



Eurofins Norge
Nils Hansens vei 13
N-0667 Oslo
Telefon (+47) 22 88 45 80
Telefaks (+47) 22 88 45 99
Foretaksnr. NO 967 996 955



Forsvarets Forskningsinstitutt

Registernr.: 354832

Postboks 25
N-2027 Kjeller

Kundenr.: 50519

Ordrenr.: 350408

Att.: Arnt Johnsen

Mott. dato: 2005.01.24

ANALYSERAPPORT

side: 1 av 2

Rekvirent.....: Forsvarets Forskningsinstitutt
Postboks 25, N-2027 Kjeller

Prøvested.....:
Prøvetype.....: Saltvann, 5 prøver
Prøvetaking.....:
Prøvetaker.....: Ikke opplyst

Kundeopplysninger:
Analyseperiode...: 2005.01.24 - 2005.01.31

Prøveforberedelse: Det er tatt en delprøve av homogenisert prøve til analyse for organiske parametre.

Prøvemerkning:	BRØNN 4 BRØNN 1 BRØNN 3 BRØNN 9				Enheter	Deteks. grense	Metoder	RSD (%)
	04-1037	04-1038	04-1039	04-1040				
Polyklorerte bifenyler								
PCB nr. 28	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 52	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 101	<0.010	<0.010	<0.010	0.012	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 118	<0.010	<0.010	<0.010	0.011	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 138	<0.010	<0.010	0.012	0.013	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 153	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 180	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
Sum 7 PCB	#	#	0.012	0.036	µg/l		MX2260-GC/MS	15

Tecnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhet.
< : mindre enn. i.p.: ikke påvist.
> : større enn. i.m.: ikke målbart.
: ingen av parametrene er påvist.

Prøveresultatene gjelder utelukkende for de(n) undersøkte prøven(e).
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten prøvelaboratoriets skriftlige godkjenning.



Eurofins Norge
Nils Hansens vej 13
N-0667 Oslo
Telefon (+47) 22 88 45 90
Telefaks (+47) 22 88 45 99
Foretaksnr. NO 967 996 966



Forsvarets Forskningsinstitutt

Registrernr.: 354832

Postboks 25
N-2027 Kjeller

Kundenr.: 50519

Ordrenr.: 350408

Att.: Arnt Johnsen

Mott. dato: 2005.01.24

ANALYSERAPPORT

Side: 2 av 2

Rekvirent..... Forsvarets Forskningsinstitutt
Postboks 25, N-2027 Kjeller
Prøvested.....
Prøvetype..... Saltvann, 5 prøver
Prøvetaking.....
Prøvetaker..... Ikke opplyst
Kundeopplysninger:
Analyseperiode... 2005.01.24 - 2005.01.31

Prøvemerkning:	<i>Ruddejorden</i> 04-1041 Enheter	Deteks. grense	Metoder	RSD (%)
Polyklorerte bifenyler				
PCB nr. 28	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 52	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 101	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 116	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 138	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 153	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
PCB nr. 180	<0.010 µg/l	0.010	MX2260-GC/MS	15
Sum 7 PCB	# µg/l		MX2260-GC/MS	15

Teckenforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhet.
< : mindre enn. i.p.: ikke påvist.
> : større enn. i.m.: ikke målbart.
: ingen av parametrene er påvist.

31. januar 2005

Einar Richter 

Prøveresultatene gjelder utelukkende for de(n) undersøkte prøven(e).
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten prøvelaboratoriets skriftlige godkjenning.

Litteratur

- (1) NOTEBY - Norsk teknisk byggekontroll AS (1992): Ubåtbunker Laksevåg, Bergen. Prøvetaking for PCB-analyse. NOTEBY-rapport nr 36881.2
- (2) Bjerknes V, Green N, Klungsøyr J, Wilhelmsen S (1992): Undersøkelse av PCB i det marine miljø utenfor ubåtbunker ved Nordrevåg, Bergen. Fase 1 - innledende observasjoner. NIVA prosjektnr O-92008
- (3) Johnsen A, Rosslund HK, Bøyum O, Christiansen M (2000): Analyse av polyklorerte bifenyler (PCB) i sjøvann, FFI/RAPPORT-2000/05945
- (4) Statens kartverk Sjø (2005): [Http://vannstand.statkart.no](http://vannstand.statkart.no)
- (5) Meteorologisk institutt (2005): [Http://met.no/observasjoner/hordaland/Bergen-Florida/index.html](http://met.no/observasjoner/hordaland/Bergen-Florida/index.html).
- (6) Johnsen A, Rosslund HK, Søybye E, Longva KS (2003): Diffuse kilder til PCB og effektstudier i torsk og blåskjell ved Haakonsvern orlogsstasjon, FFI/RAPPORT-2003/01595
- (7) Multiconsult (2004): Ubåtbunkeren Laksevåg, Bergen. Miljøundersøkelser. Risikovurdering.
- (8) Johnsen A, Rosslund HK (2000): Akkumulering av miljøgifter i blåskjell og semipermeable membraner i delområde 1 og deponiene ved Haakonsvern orlogsstasjon. Oppfølgende undersøkelser, FFI/RAPPORT-99/06337
- (9) Fylkesmannen i Hordaland (2002): Tiltaksplan Bergen havn, Fase I.
- (10) Rosslund HK, Johnsen A (2005): Sammenheng mellom konsentrasjon av PCB i sedimenter, sjøvann og biota, FFI/RAPPORT-2004/03399
- (11) NGU-Fokus nr 2 (2005): PCB-kilder og spredning fra urbane områder.