

RAPPORT LNR 4385-2001

Undersøkelser av
miljøgifter i sediment
utenfor Alcatels kabel-
fabrikk ved Halden

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

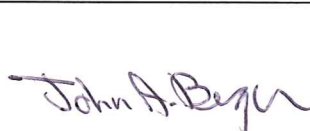
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Undersøkelser av miljøgifter i sediment utenfor Alcatels kabelfabrikk ved Halden.	Løpenr. (for bestilling) 4385-2001	Dato 13/06-01
	Prosjektnr. Undernr. O-21025	Sider 23
Forfatter(e) John Arthur Berge	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

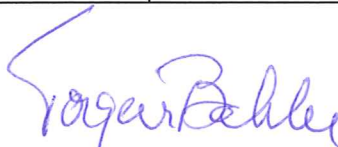
Oppdragsgiver(e) Kystverket 1. distrikt	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag: Sprengstein og løsmasser fra en planlagt utvidelse av innseilingen til Halden er tenkt benyttet til utfylling av et sjøområde (ca 400x75 m) ved Knivsøyholmene (0-15 m dyp). Utfyllingen er planlagt gjennomført ved å omkranse utfyllingsområdet med en steinfylling og så fylle området innenfor. I denne rapporten kvantifiseres sedimentets innhold av miljøgifter i det aktuelle sjøareal. Følgende er analysert: kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), tributyltinn (TBT) med nedbrytningsprodukter. Analyseresultatene er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem. Sedimentet var i hovedsak moderat til markert forurenset med metaller. Metallkonsentrasjonene som ble observert var høyere enn i de potensielle utdypingsområdene. Sedimentet var moderat til meget sterkt forurenset med TBT. Sedimentet var med unntak av en prøve (som var markert forurenset) moderat forurenset med PCB. Konsentrasjonen av PCB var grovt sett i samme nivå som eller høyere enn i de potensielle dumpemasser. Sedimentet var moderat til markert forurenset med PAH. Et potensiale for spredning av miljøgifter via oppvirvling av forurensete sedimenter er tilstede. Risikoen for spredning fra lokale forurensete sedimenter anses størst under anleggelse av stenutfyllingen. Forurensete partikler som resuspenderes fra bunnen i anleggsperioden vil i hovedsak havne i områder hvor miljøgiftkonsentrasjonene grovt sett er i samme nivå som i selve utfyllingsområdet. Øket forurensningsgrad i sediment er derfor lite trolig. Arbeidet fører til at all bunnfauna/flora innenfor utfyllingsområdet blir utradert. Utover dette anses konsekvensene av utfyllingen å være en begrenset spredning av partikler, fortrinnsvis lokalt på norsk side av grensen.

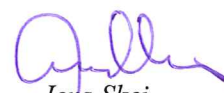
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Deponering 2. Marine sedimenter 3. Organiske mikroforurensninger 4. Metaller 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disposal 2. Marin sediments 3. Organic micropollutants 4. Metals
---	---



John Arthur Berge
Prosjektleder



Torgeir Bakke
Fungerende forskningsleder
ISBN 82-577-4024-1



Jens Skei
Forskningsjef

**Undersøkelser av miljøgifter i sediment utenfor
Alcatels kabelfabrikk ved Halden**

Forord

I forbindelse med bruk av massene fra en mulig utdyping av farleden inn til Halden til utfyllingsformål ble NIVA bedt om å gi et pristilbud på undersøkelser for å kartlegge miljøgiftinnholdet i sedimentet i et potensielt utfyllingsområde.

NIVA oversendte kystverket i desember 2000 et undersøkelsesprogram for slike undersøkelser og mottok i brev av 22/12-00 en bestilling på disse undersøkelsene.

I prosjektperioden har Odd Tobiassen vært kontaktperson hos Kystverket.

Leder for prosjektet har vært John Arthur Berge.

Feltarbeidet for innsamling av sediment ble gjennomført av Torgeir Bakke, John Arthur Berge og Mats Walday.

Alle analyser er foretatt ved NIVA.

Oslo, 13 juni 2001

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Matriale og metode	8
3. Resultater og diskusjon	11
3.1 Metaller	11
3.2 Tinnorganiske forbindelser	13
3.3 Klororganiske forbindelser	15
3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	17
4. Sammenfattende kommentarer	19
5. Referanser	21
Vedlegg A. Rådata: Analyseresultater klororganiske forbindelser	22
Vedlegg B. Rådata: Analyseresultater polysykliske aromatiske hydrokarboner	23

Sammendrag

Det er planer om å utvide farleden inn til Halden. Masser fra dette arbeidet er planlagt benyttet til en videre utfylling av et industriområde ved Knivsøyholmene. Utfyllingen (ca 400x75 m) er planlagt gjennomført ved å omkranse sjøarealet som skal fylles ut med en steinfylling og så fylle området innenfor. Området som blir berørt har en dybde på fra ca. 0-15 m.

Undersøkelsene i denne rapporten har som mål å kvantifisere sedimentets innhold av miljøgifter i det aktuelle utfyllingsområdet.

Følgende miljøgifter ble analysert: Kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), polyklorerte bifenyler (PCB) og noen andre industri- og landbruksrelaterte klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), tributyltinn (TBT) med nedbrytningsprodukter. Resultatet fra analysene er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem.

- Sedimentet var i hovedsak moderat til markert forurenset med metaller. I ytre del av utfyllingsområdet var de dypere deler av sedimentet (8-10 cm) sterkt forurenset med kadmium. I utfyllingsområdet var det en tendens til høyere metallkonsentrasjoner nede i sedimentet enn i overflaten (0-2 cm). Utenfor utfyllingsområdet var imidlertid konsentrasjonen av metaller svakt lavere nede i sedimentet. Metallkonsentrasjonene som ble observert var høyere enn i de potensielle utdypingsområdene i farleden inn til Halden
- Sedimentet var moderat til meget sterkt forurenset med TBT. De høyeste konsentrasjoner ble observert i utfyllingsområdets ytre del og i overflatesedimentet utenfor den planlagte fyllingen. De laveste konsentrasjonene ble funnet nede i sedimentet på grunt vann og i dypområdet utenfor utfyllingsområdet.
- Sedimentet var med unntak av en prøve moderat forurenset med PCB. I ytre del av det planlagte utfyllingsområdet var imidlertid sedimentet 8-10 cm ned i bunnen markert forurenset. Konsentrasjonen av PCB var grovt sett i samme nivå som i potensielle utfyllingsmasser fra Svinesund men var klart høyere enn i tilsvarende masser fra Bjälvarpet/Seläter.
- Sedimentet var moderat til markert forurenset med PAH med økende konsentrasjoner både med sedimentdyp og vandyp.

Tidligere undersøkelser fra utdypingsområdene i Iddefjorden/Ringdalsfjorden viser til dels lavere miljøgiftkonsentrasjoner enn i utfyllingsområdet ved kabelfabrikken. En lokal spredning av utfyllingsmaterialet vil derfor ikke føre til øket miljøgiftkonsentrasjon i sedimentet i området. Den observerte forurensningsgrad i utfyllingsområdet tilsier imidlertid at potensialet for spredning av miljøgifter via oppvirvling av forurensete sedimenter er tilstede. Risikoen for spredning fra lokale forurensete sedimenter anses størst under anleggelse av stenfyllingen. Når stenfyllingen er anlagt kan masser fra utdypingsområdene dumpes innenfor med redusert sannsynlighet for spredning av miljøgifter fra dumpematerialet og fra de deler av sedimentet som blir forstyrret.

Spredning av miljøgifter via oppvirvling av forurensete sedimenter antas først og fremst å holde seg innenfor selve omkransingen. Forurensete partikler som resuspenderes fra bunnen i anleggsperioden vil først havne i områder hvor miljøgiftkonsentrasjonen generelt sett ikke er tydelig lavere enn innen utfyllingsområdet. Øket forurensningsgrad i sediment lokalt er derfor lite trolig.

Arbeidet fører til at all bunnfauna/flora innenfor utfyllingsområdet blir utradert. Utover dette anses konsekvensene av utfyllingen å være en begrenset spredning av partikler lokalt, fortrinnsvis på norsk side av grensen.

Summary

Title: Investigations on contaminants in sediments outside a cable-factory (Alcatel) near Halden, Norway

Year:2001

Author: John Arthur Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4024-1

There are plans for widening and deepening the fairway in Ringdalsfjorden to Halden. The mass from the enterprise is planned disposed in the sea (0-15 m depth) to reclaim more land (400x75 m) for industrial purposes.

The objective of this report is to quantify the concentrations of contaminants in the sediment in the sea where the masses are planned disposed.

The enterprise involves encircling the sea area with stones (to the surface) and then filling the encircled area with the material removed from the fairway.

The following contaminants were analysed: mercury (Hg), lead (Pb), cadmium (Cd), copper, (Cu), butyltins (TBT, DBT, MBT), polychlorinated biphenyls (PCB), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in 6 sediment samples. The analytical results are assessed in relation to Norwegian environmental quality criteria.

- The sediment was generally moderately to markedly polluted with metals. The deeper layers of the sediment (8-10 cm) in the outer part of the landfill area were, however, severely polluted with cadmium. The metal concentrations observed were higher than in the area where the masses were to be removed.
- The sediment was moderately to extremely polluted with TBT.
- With one exception the sediments were moderately polluted with PCB. The sediments in the deeper layer of the outer parts of the landfill area were, however, markedly polluted with PCB. The observed concentrations of PCB in the sediment were generally higher or similar to the levels in the masses to be removed from the fairway.
- The sediment was moderately to markedly polluted with PAH.

Dispersal of bottom material removed from the fairway will not result in increased concentrations of contaminants in the sediments near the landfill. The observed levels of contaminants in the local sediments are, however, so high that a potential for dispersal of contaminants from resuspended sediment is present. The likelihood for resuspension of local sediments and accompanying dispersal of contaminants is highest during the initial construction of encircling stone dump. Resuspended particles will after this initial phase tend to be confined within the encircled area and mainly resettle there. Particles which escape will tend to settle in the nearby area outside the landfill, where the concentrations generally are not any lower than inside the landfill. The construction work will therefore probably not increase the degree of contamination in the local sediment.

The construction work will exterminate all fauna and flora within the landfill area. Apart from this, consequences will be a small and limited to some local dispersal of particles, mainly on the Norwegian side of the border.

1. Innledning

Kystverket har planer om å utvide farleden inn til Halden. Utvidelse er foreslått på 3 steder (Svinesund og Bjällvarpet/Seläter, og Hummerholmegrunn). Massene som fjernes er i hovedsak løsmasser og sprengstein. Et alternativ er å benytte massene til å utvide industriområdet til Alcatel ved Knivsøyholmene. Utfylling har tidligere vært foretatt i området.

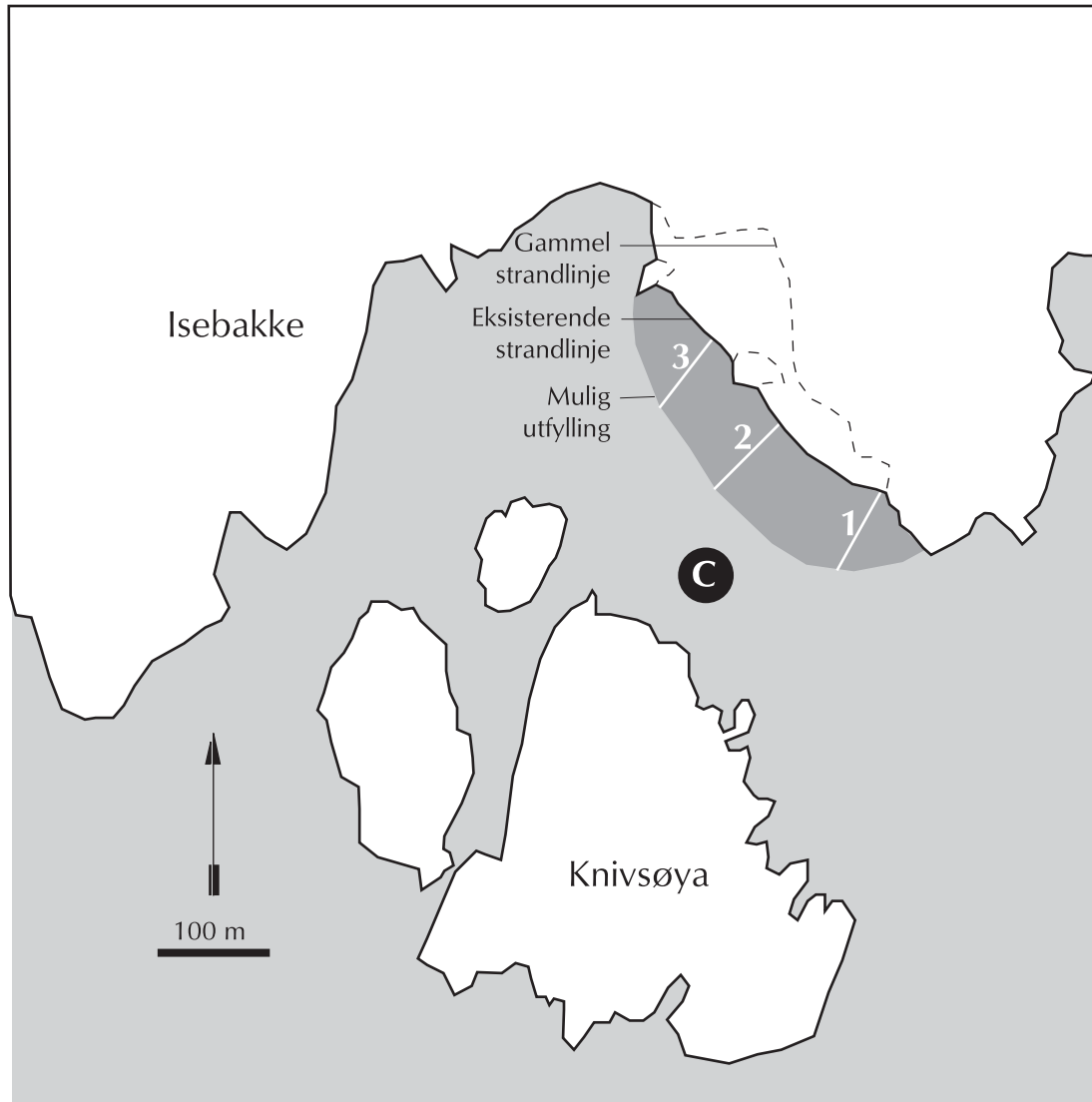
Den nye utfyllingen (ca 400x75 m) er planlagt gjennomført ved å omkranse sjøarealet som skal fylles ut med en steinfylling (stein fra arbeidet med utvidelse av farleden) og så fylle området innenfor steinfyllingen med resterende masse. Steinfyllingen er planlagt å gå fra bunnen og til over vannoverflaten og tettes med fiberduk.

Området som blir berørt har en dybde på fra ca. 0-15 m. Under arbeidet vil utfyllingen kunne forstyrre sedimentene i området og dersom disse inneholder forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter vil de muligens kunne mobiliseres og spres lokalt i miljøet.

Undersøkelsene som er gjennomført har som målsetning å kvantifisere sedimentenes innhold av miljøgifter i det aktuelle utfyllingsområdet for å kunne vurdere sannsynligheten for spredning av miljøgifter ved en eventuell utfylling.

2. Matriale og metode

Området der utfylling er planlagt ses i Figur 1.



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet. Felt markerer med mørk gråtone representerer området som er planlagt utfyllt

Feltarbeidet for innsamling av sedimenter ble foretatt 21/2-01. Sedimentprøvene ble tatt av dykker ved hjelp av hånd operert kjerneprøvetager.

Det ble tatt sedimentprøver som skulle representere 3 ulike dybdeintervaller i sjøen i og i nærheten av utfyllingsområdet.

- A. Prøve fra de grunnere deler (1-6m) av utfyllingsområdet. "
- B. Prøve fra den dypere delen (6-15 m) av utfyllingsområdet.
- C. Prøve fra dypområdet (ca. 15m) utenfor selve utfyllingsområdet

Felt markerer med mørk gråtone representerer området som er planlagt utfyllt (dvs område A+B)

Fra hvert av områdene ble det tatt 3 kjerneprøver som ble slått sammen til en blandprøve av henholdsvis overflatesedimentet (0-2 cm) og et dypere sedimentlag (8-10 cm) slik at det i alt ble 6 prøver for analyse.

Prøver fra det planlagte utfyllingsområdet (A og B områder, vises med mørk gråtone i Figur 1) ble tatt langs et transekt ut fra land på 3 ulike punkter (avmerket 1-3 i Figur 1) i vannkanten på den eksisterende fylling. Prøvetakingsdyp for den enkelte kjerne ses i Tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over hvilke dyp de ulike sedimentprøver i A og B området ble tatt

Område	Transekt 1	Transekt 2	Transekt 3
A (1-6m)	5 m	6 m	5 m
B (6-15)	9 m	12 m	12 m

Prøvene fra område C ble alle tatt på ca 15 m dyp utenfor det området som er planlagt utfyllt (se Figur 1).

Følgende parametere ble analysert: Kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), polyklorete bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), tributyltinn (TBT) med nedbrytningsprodukter. I tillegg bestemmes følgende støtteparametere: tørrstoffinnhold, kornfordeling, total mengde organisk karbon.

Analysemetode for metaller/elementer som er inkludert i undersøkelsen ses i Tabell 2

Tabell 2. Analysemetoder benyttet (stikkordsmessig).

Metall/element	Oppslutningsmetode etc.	Analysemetode
Bly (Pb)	Tørket og knust prøve oppsluttes med salpetersyre.	ICP ¹⁾
Kadmium (Cd)	Tørket og knust prøve oppsluttes med salpetersyre.	ICP ¹⁾
Kvikksølv (Hg)	Salpetersyre	Atomabsorpsjon ²⁾
Tinnorganiske forbindelser	Alkoholisk lut, prøvene tilsettes en indre standard, direkte derivatisering, ekstraksjon med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres.	GC-AED ³⁾
PCB	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.	Gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD ⁴⁾
PAH	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organisk løsemiddel. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn. De polyaromatiske hydrokarbonene identifiseres med GC/MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standarder.	Gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MSD) ⁵⁾ .
TOC	Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes katalytisk i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800 °C. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650 °C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N ₂ -gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N ₂ - og CO ₂ -gassene detekteres i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-program. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.	Gasskromatografi ⁶⁾

¹⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Thermo Jarrell Ash IRIS/AP som ICP hovedinstrument, nettstabilisator Line Tamer Model CLT-0500 KHA, power supply Percent Multimater – Jarrell Ash 220, og Jarrell Ash automatiske prøveveksler (NIVA interne analysemetode E 9-3)

²⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgamsystem (NIVA interne analysemetode E 4-3).

³⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor (NIVA interne analysemetode H 14-1).

⁴⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD) (NIVA interne analysemetode H 4-3)..

⁵⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm (NIVA interne analysemetode H 2-3).

⁶⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS (NIVA interne analysemetode G 6)..

3. Resultater og diskusjon

3.1 Metaller






Andelen av finfraksjon (< 63 µm) og mengden av organisk karbon (TOC) i overflatesedimentet økte med vanddypet (Tabell 3) og er trolig forårsaket av at bølgeaktivitet og annen vannbevegelse fører til utvasking av finfraksjonen i bunnmateriale i de grunne områdene.

Sedimentet var i hovedsak moderat til markert forurenset med metaller (Tabell 3). I ytre del av utfyllingsområde (B område) var imidlertid de dypere deler av sedimentet (8-10 cm) sterkt forurenset med kadmium.

I utfyllingsområdet var det for alle metallene og særlig i dets ytre del (B området) en tendens til høyere metallkonsentrasjoner nede i sedimentet enn i overflaten (Figur 2, Figur 3). Dette kan være en konsekvens av at tilførselene av metaller har blitt markert redusert siden slutten av 70-tallet og dermed resultert i at overflatesedimentet ved sedimentering er blitt overdekket med materiale med lavere konsentrasjoner (Berge og Helland, 1993). Utenfor det potensielle utfyllingsområdet (område C) var imidlertid konsentrasjonene svakt lavere nede i sedimentet sammenlignet med det en hadde i overflatesedimentet (Figur 2, Figur 3).

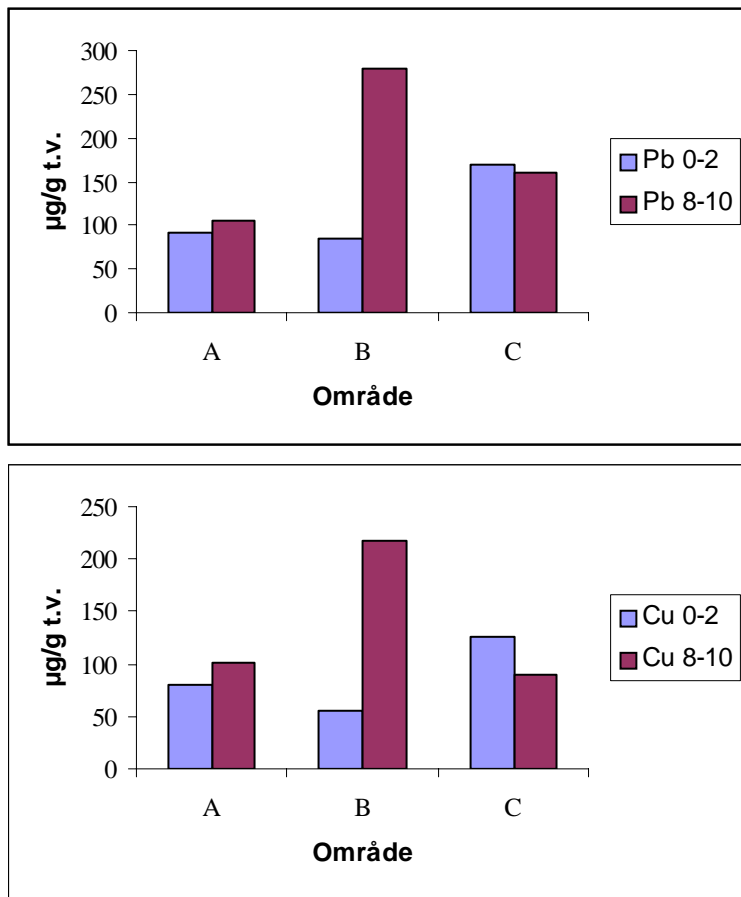
Metallkonsentrasjonene som er registrert er høyere enn det som er rapportert for de potensielle utdypingsområdene ved Svinesund, Bjällvarpet/Seläter og Hummerholegrunn (Berge et al. 1997) og på ca 35 m dyp vest for Knivsøyholmene (Berge og Helland, 1993.).

Tabell 3. Kornfordeling (TTS), tørstoffinnhold (TTS) og metaller (Cd=kadmium, Cu=kobber, Pb=bly, Hg=kvikksølv) i sediment som potensielt kan bli berørt under en mulig utfylling. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

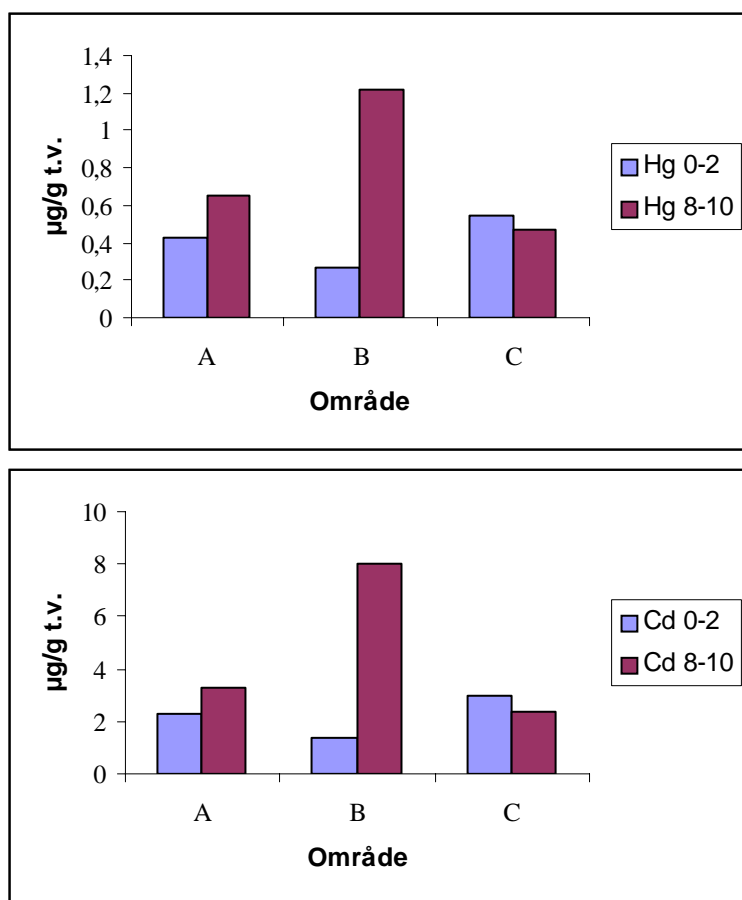
	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiser				

Område	Sedimentdyp	Finfraksjon <63µm	TTS	TOC	Cd	Cu	Pb	Hg
	cm	%	g/kg	µg/mg TS	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.	µg/g t.v.
A	0-2	18	491	26,2	2,26	80,5	91,3	0,43
A	8-10	27	433	40,7	3,26	102	106	0,65
B	0-2	41	345	54,5	1,36	54,5	84,6	0,27
B	8-10	34	306	81	8	218	280	1,22
C	0-2	71	248	76,5	2,98	126	169	0,54
C	8-10	64	352	56,7	2,37	88,9	161	0,47
Bakgrunn ¹⁾					0,25	35	30	<0,15

¹⁾ Øvre grense for klasse I i SFTs klassifiseringssystem.



Figur 2. Bly og kobber i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet.



Figur 3.. Kvikksølv og kadmium i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet.

3.2 Tinnorganiske forbindelser

Sedimentet i det planlagte utfyllingsområdet var moderat til meget sterkt forurenset med TBT (Tabell 4). De høyeste konsentrasjoner (85-117 µg TBT/kg t.v) ble observert i den ytre del av utfyllingsområdet (B området) og i overflatesedimentet utenfor den planlagte fyllingen (område C). De laveste konsentrasjonene ble funnet ned i sedimentet på grunt vann (område A) og i dypområdet (C) (Figur 4). I B-området ble det observert meget sterkt forurensete sedimenter i begge sedimentdyp.

I alle prøvene utgjorde nedbrytningsproduktene MBT (monobutyltinn) og DBT (dibutyltinn) en relativt liten andele av den totale mengde organotinn. Dette kan bety at den observerte TBT er relativt nytilført eller at nedbrytningen har vært langsom. Fenylytinnforbindelser ble observert i all prøver.

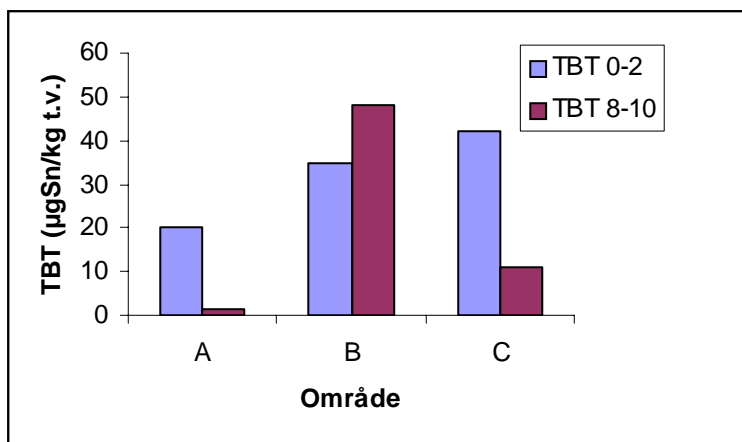
I en rekke kystområder både i Norge og i verden forøvrig inneholder bunnsedimenter relativt høye konsentrasjoner av TBT. Hovedkilder til TBT langs kysten anses å være tidligere bruk av TBT som begroingsindrende middel på alle båter, eventuelt ulovlig bruk på småbåter i dag og lovlig bruk av TBT i bunnsstoff på skip over 25 m.

I småbåthavner kan en etter mer enn 10 års forbud mot bruk på småbåter fremdeles observere høye konsentrasjoner av TBT i sedimenter. Også sedimentet i havner for større skip har vist seg å inneholde høye konsentrasjoner av TBT (Næs et al. 2000, Berge et al., 1997).

Tabell 4. Tinnorganiske forbindelser i sediment som potensielt kan bli berørt under en mulig utfylling. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 3:

Område	Sedimentdyp cm	TBT µg TBT/kg t.v.	TBT µgSn/kg tv	DBT µgSn/kg tv	MBT µgSn/kg tv	TPhT µgSn/kg tv	DPhT µgSn/kg tv	MPhT µgSn/kg tv
A	0-2	49	20	4,8	2	1	0,85	0,81
A	8-10	3	1,2	0,33	<0,3	<0,3	0,91	0,58
B	0-2	85	35	12	4,9	2,9	1,3	1,3
B	8-10	117	48	15	2,3	2,1	0,94	0,68
C	0-2	102	42	12	2,3	3,6	1,3	1,1
C	8-10	27	11	3	0,66	0,67	1,1	1,4



Figur 4. TBT i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet.

3.3 Klororganiske forbindelser

Sedimentet var med unntak av en prøve moderat forurenset med PCB (egentlig ΣPCB_7 =summen av 7 enkeltkongenerer) (Tabell 5). I ytre del av det planlagte utfyllingsområdet (B området) var imidlertid sedimentet 8-10 cm ned i bunnen markert forurenset. Konsentrasjonen av PCB var grovt sett i samme nivå som i potensielle dumpemasser fra Svinesund, men var klart høyere enn i tilsvarende masser fra Bjälvarpet/Seläter (Berge et al. 1997).

Sedimentet var ubetydelig til moderat forurenset med heksaklorbensen og sterkt til moderat forurenset med nedbrytningsprodukter av DDT (Tabell 5). Konsentrasjonen av PCB, HCB og nedbrytningsprodukter av DDT i overflatesedimentet (0-2 cm) økte med vanddypet ($A < B < C$).

For PCB, HCB og "DDT" var konsentrasjonen i A og B området høyere nede i sedimentet enn ved overflaten (Figur 6) og er således tilsvarende det en fant for metaller (Figur 2, Figur 3).

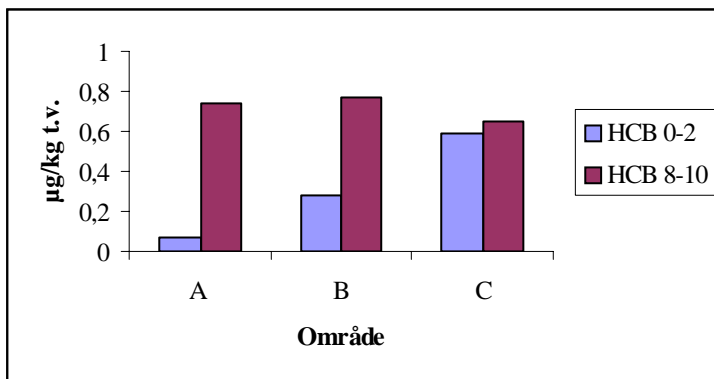
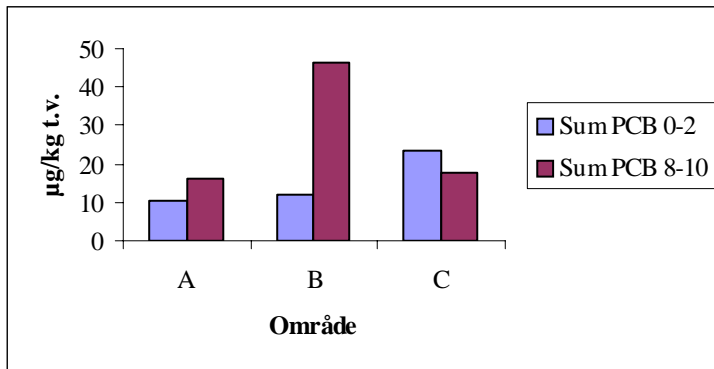
Tabell 5. Klororganiskeforbindelser i sediment som potensielt kan bli berørt under en mulig utfylling. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 3:

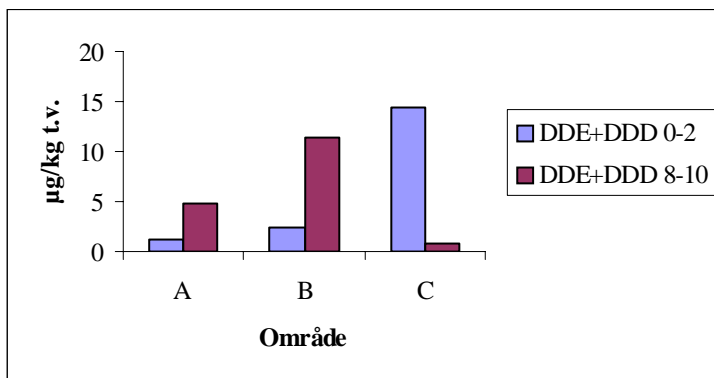
Område	Sedimentdyp	$\Sigma \text{PCB}_7^{1)}$	HCB-Sm	DDE+DDD ²⁾
		$\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$	$\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$	$\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$
A	0-2	10,49	<0,15	1,14
A	8-10	16,3	0,74	4,9
B	0-2	12,17	0,28	2,5
B	8-10	46,2	0,77	11,4
C	0-2	23,6	0,59	14,4
C	8-10	17,17	0,65	0,83

1) $\Sigma \text{PCB}_7^{1)}$ =summen av 7 enkeltforbindelser (nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

2) DDE og DDD er nedbrytningsprodukter av DDT. Klassifiserings som er benyttet gjelder for ΣDDE , ΣDDD , ΣDDT og betyr at tilstanden kan være dårligere enn det tabellen viser.



Figur 5. Polyklorerte bifenyler (PCB dvs. Σ PCB₇) og heksaklorbensen (HCB) i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet



Figur 6. Nedbrytningsprodukter av DDT (dvs sum av DDE og DDD) i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet

3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

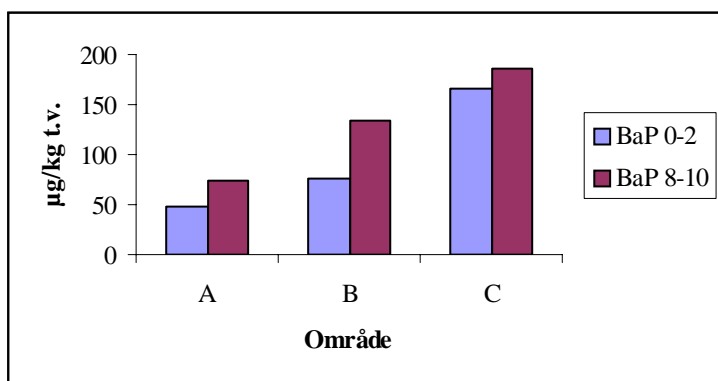
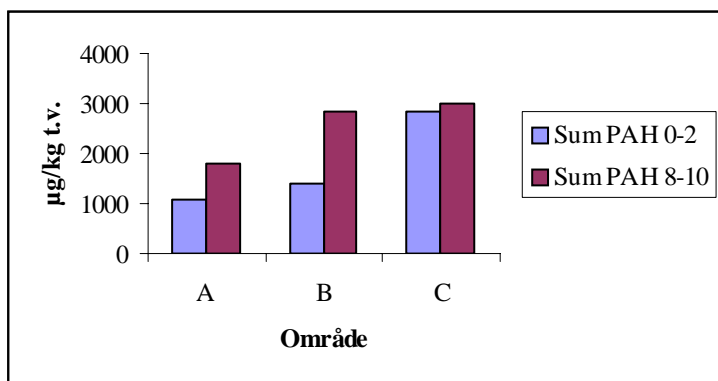
Sedimentet var moderat til markert forurenset med PAH og benzo-a-pyren (BaP) (Tabell 6). Både i overflatesedimentet og i dypereliggende sedimentlag økte konsentrasjonen av PAH og BaP med økende vanddyp og konsentrasjonen var generelt lavere i overflatesedimentet enn lenger ned (Figur 7).

Tabell 6. PAH i sediment som potensielt kan bli berørt under en mulig utfylling.

Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 3:

Område	Sedimentdyp	Sum PAH µg/kg t.v.	BaP-Sm µg/kg t.v.
A	0-2	1099,5	48
A	8-10	1800,6	74
B	0-2	1385	76
B	8-10	2830	134
C	0-2	2830	166
C	8-10	2983,6	186



Figur 7. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og benzo-a-pyren (BaP) i overflatesediment (0-2 cm) og 8-10 cm nede i sedimentet

4. Sammenfattende kommentarer

Iddefjorden/Ringdalsfjorden har en lang forurensningshistorie (Berge et al. 1997). I tilknytning til området der utfylling nå er planlagt, har det tidligere vært foretatt utfylling (**Figur 1**) som kan ha forstyrret sedimentene som omfattes av denne undersøkelse (særlig A og B området). Videre har tilførselene av miljøgifter til fjordsystemet forekommet til ulik tid som følge av endringer i industriaktiviteten i Halden gjennom mange år. Eksempelvis antas at den største tilførselen av metaller foregikk før 1977 mens tilførselene av tinnorganiske forbindelser fra skipsfart har foregått senere og fremdeles finner sted. Disse og lignende forhold kan være årsaken til at forekomsten av enkelte miljøgifter opptrer med ulikt mønster i de forskjellige prøver.

Spredning av miljøgifter i forbindelse med tiltaket som er planlagt er blant annet avhengig av:

- konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet i utfyllingsområdet
- konsentrasjonen av miljøgifter i dumpematerialet
- strømhastighet og retning i vannmasser som tilføres forurensede partikler
- graden av sedimentforstyrrelse og oppvirvling under selve utfyllingsoperasjonen
- måten utfyllingen planlegges og gjennomføres på

Den observerte forurensningsgrad i utfyllingsområdet tilsier at potensialet for spredning av miljøgifter via oppvirvling av forurensede sedimenter er tilstede. Undersøkelser (Berge et al. 1997) viser at materialet fra utdypingsområdene i Iddefjorden/Ringdalsfjorden tildels har lavere miljøgiftkonsentrasjoner enn sedimentet i utfyllingsområdet ved kabelfabrikken. En eventuell helt lokal spredning av utfyllingsmaterialet vil derfor ikke føre til noen øket miljøgiftkonsentrasjon i sedimentet i området og tenderer heller til å redusere konsentrasjonen av miljøgifter i overflatesedimentet.

Utfyllingen er planlagt gjennomført ved først å omkranse sjøarealet som skal fylles ut med en steinfylling til godt over vannflaten og så fylle området innenfor med resterende masse. Omkransingen bør foretas med masser med liten forurensningsgrad. Noe oppvirvling av forurensede sedimenter må påregnes under dette arbeidet. En antar at en vesentlig del av dette vil sedimentere ut lokalt (eksempelvis C området hvor sedimentet har relativt høyt innhold av finstoff og dermed tyder på forhold som begunstiger resedimentering). Når selve omkransingen er gjennomført, kan masser fra utdypingsområdene dumpes innenfor med redusert sannsynlighet for spredning av miljøgifter fra dumpematerialet og fra de deler av sedimentet som blir forstyrret. Spredning av miljøgifter via oppvirvling av forurensede sedimenter antas i hovedsak å holde seg innefor selve omkransingen. Skulle forurensede partikler resuspenderes fra bunnen og transporteres ut av omkransingen i anleggsperioden, vil de først havne i et område hvor miljøgiftkonentrasjonen generelt er tydelig høyere enn innen for utfyllingsområdet. Øket forurensningsgrad i sediment er derfor lite trolig.

Arbeidet fører til at all bunnfauna/flora innenfor utfyllingsområdet blir utradert. De grunnere deler av området er allerede preget av tidligere utfylling. Det er også overveiende sannsynlig at de organismesamfunn som blir berørt av selve utfyllingen ikke har noen nøkkelposisjon i fjordområdet.

Utfyllingsarbeidet foretas på norsk side i fjorden. Territorialgrensen mot Sverige ca 400 m unna. Hovedstrømretningen i fjorden er preget av tilførsler av ferskvann inne i fjorden og tidevannet og følger derfor i hovedsak fjordens retning og reduserer derfor muligheten for at forurenset materialet skal fraktes i betydelig grad over på svensk side.

Dersom utfyllingen foretas, antas konsekvensene å være en begrenset spredning av partikler lokalt, fortrinnsvis på norsk side av grensen.

5. Referanser

Berge, J.A., Berglind, L. Brevik, E.M., Følsvik, N., Green, N., Knutzen, J., Konieczny, R., Walday, M., 1997. Levels and environmental effects of TBT in marine organisms and sediments from the Norwegian coast. A summary report. NIVA report no. 3656-97, 36p.

Berge, J.A. and Helland, A., 1993. Overvåkingsundersøkelser i Iddefjorden 1991/1992, miljøgifter i sediment, ål, torsk og taskekrabbe. NIVA-report no. 2953, 56 p.

Berge, J.A., Bjerkgeng, B., Magnusson, J. Rygg, B., Stigebrandt, A. and Walday, M. 1997. Miljøundersøkelser i forbindelse med en mulig utdyping av tersklene i Iddefjorden/Ringdalsfjorden. NIVA-rapport nr. 3695-97, 134s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.

Næs, K., Knutzen, J., Håvardstun, J., Kroglund, T., Lie, M.C., Knutsen, J.A. og Wiborg, M.L., 2000. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. NIVA-rapport nr.4232, 139s.

Vedlegg A. Rådata: Analyseresultater klororganiske forbindelser

Vedleggstabell A1. Klororganiske forbindelser i sediment. Alle data er oppgitt i µg/kg t.v.

	Område A 0-2 cm	Område A 8-10 cm	Område B 0-2 cm	Område B 8-10 cm	Område C 0-2 cm	Område C 8-10 cm
CB28	1,5	3,2	1,15	7	3,3	2,1
CB52	0,89	2,2	0,83	4,6	1,9	0,87
CB101	0,9	1,5	0,79	3,8	1,6	0,71
CB118	2,1	3,7	4,6	17	8,9	9,8
CB105	<0,30	0,29	0,36	1,1	0,59	<0,30
CB153	2	2,2	1,6	5,2	2,9	1,5
CB138	1,7	2,1	1,7	5,3	3	1,4
CB156	0,21	0,29	0,26	0,91	0,44	<0,30
CB180	1,4	1,4	1,5	3,3	2	0,79
CB209	<0,30	<0,30	<0,30	<0,4	<0,20	<0,30
Sum PCB	10,7	16,88	12,79	48,21	24,63	17,17
Seven Dutch	10,49	16,3	12,17	46,2	23,6	17,17
QCB	<0,15	0,2	0,17	0,4	0,27	0,19
HCHA	0,62	1	0,66	2,3	1,4	0,77
HCB	<0,15	0,74	0,28	0,77	0,59	0,65
HCHG	0,53	1,3	0,75	2,5	1,3	0,85
OCS	0,53	0,27	<0,15	0,66	<0,20	<0,15
DDEPP	0,44	1,4	0,7	2,3	1,4	0,53
TDEPP	0,7	3,5	1,8	9,1	13	<0,6

Vedlegg B. Rådata: Analyseresultater polysykliske aromatiske hydrokarboner

Vedleggstabell B1. PAH forbindelser i sediment. Alle data er oppgitt i µg/kg t.v.

Komponentet	Område A 0-2 cm	Område A 8-10 cm	Område B 0-2 cm	Område B 8-10 cm	Område C 0-2 cm	Område C 8-10 cm
Naftalen	37	51	76	100	92	84
2-Metylnaftalen	25	17	18	51	49	28
1-Metylnaftalen	8,7	8	10	20	23	20
Bifenyl	11	9,2	36	24	25	30
2,6-Dimetylnaftalen	32	24	23	66	68	24
Acenaftylen	4	5,4	12	11	11	28
Acenaften	3,2	6	5,2	14	13	6,6
2,3,5-Trimetylnaf.	8,6	11	4,8	19	22	7
Fluoren	12	15	16	26	31	23
Fenantren	39	53	68	122	138	113
Antracen	13	17	20	36	41	36
1-Metylfenantren	20	19	19	42	45	31
Fluoranten	112	162	176	368	331	307
Pyren	93	139	164	364	325	364
Benz(a)antracen	53	71	93	195	174	196
Chrysen+trifenylen	58	77	78	156	181	139
Benzo(b+j,k)flu.	132	219	178	345	384	444
Benzo(e)pyren	52	80	71	131	154	169
Benzo(a)pyren	48	74	76	134	166	186
Perylen	206	529	52	229	173	230
Indeno(1,2,3cd)pyren	64	106	91	179	180	256
Dibenz(a,c/a,h)ant.	15	23	20	45	43	52
Benzo(ghi)perylen	53	85	78	153	161	210
Sum PAH	1099,5	1800,6	1385	2830	2830	2983,6
Sum KPAH	312	493	458	898	947	1134
Sum NPД	170,3	183	218,8	420	437	307

Sum NPД er summen av naftalener, fenantrener og dibenzotiofener.

Sum KPAH er summen av Benz(a)antracen, Benzo(b+j,k)fluoranten, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Dibenz(a,c/a,h)antracen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper