

RAPPORT LNR 4430-2001

**U**ndersøkelser av  
miljøgifter i sediment fra  
Selvikstrømmen

**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 fra Svelvikstrømmen	Løpenr. (for bestilling) 4430-2001	Dato 28/09-2001
	Prosjektnr. Undernr. O-21132	Sider Pris 22
Forfatter(e) John Arthur Berge	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold/Buskerud	Trykket NIVA

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

**Sammendrag**

I forbindelse med en mulig utdyping av farleden inn til Drammen er det gjennomført undersøkelser for å kartlegge miljøgiftinnholdet på bunnen i Svelvikstrømmen. I fem sedimentprøver fra området ble følgende miljøgifter analysert: kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), polyklorerte bifenyl (PCB) og enkelte andre klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tinnorganiske forbindelser (TBT, DBT, MBT, TFT, DFT). Hovedbildet som avtegner seg er at miljøgiftkonsentrasjonene i bunnmaterialet er relativt lave, og dette gjelder i særdeleshet for områdene i nordre del. I områder lenger syd ble det også observert til dels lave til moderate konsentrasjoner av metaller, PCB og PAH, men her ble det også observert høye konsentrasjoner av TBT. De høye konsentrasjoner av TBT som befinner seg i sedimentet i syd utgjør en fare for spredning ved mudringsarbeider i dette området. I et kortsiktig perspektiv (frem til 2008) må en, uavhengig av en eventuell mudringsoperasjon, regne med en fortsatt spredning av TBT fra skip som passerer Svelvikstrømmen. I forbindelse med de planlagte mudringsarbeider synes det med unntak av for TBT totalt sett å være liten fare for spredning av partikler med høye konsentrasjoner av miljøgifter. En bør utvise forsiktighet knyttet arbeid i de sydlige deler av tiltaksområdet som kan lede til spredning av partikkelbunden TBT. Ut fra et miljøgiftsynspunkt er det ikke nødvendig med spesielle tiltak for å hindre partikkelspredning ved mudring i de mer nordlige deler av farleden.

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

  
John Arthur Berge  
Prosjektleder

  
Torgeir Bakke  
Forskningsleder

  
Jens Skei  
Forsyningsjef

# **Undersøkelser av miljøgifter i sediment fra Svelvikstrømmen**

## Forord

*I forbindelse med en mulig utdyping av farleden inn til Drammensfjorden ble NIVA bedt om å gi et pristilbud på undersøkelser for å kartlegge miljøgiftinnholdet i sedimentet i Svelvikstrømmen.*

*NIVA oversendte kystverket i mai 2001 (E-post dat. 07.05.01) et undersøkelsesprogram for slike undersøkelser og mottok i brev av 09/05-01 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 Aud Helland og Leif Lien.*

*Alle analyser er foretatt ved NIVA.*

Oslo, 28/09 2001

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Problembeskrivelse	7
<b>2. Materiale og metode</b>	<b>8</b>
2.1 Feltarbeid	8
2.2 Kjemiske analyser	8
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>11</b>
3.1 Metaller	11
3.2 Tinnorganiske forbindelser	11
3.3 Klororganiske forbindelser	12
3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	13
<b>4. Sammenfattende kommentarer</b>	<b>15</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>16</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg A. Posisjon for de enkelte stasjoner</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg B. Beskrivelse av bunnen ut fra innhold i grabbprøver</b>	<b>18</b>
<b>Vedlegg C. Analysemetoder benyttet.</b>	<b>19</b>
<b>Vedlegg D. Analyseresultater klororganiske forbindelser</b>	<b>21</b>
<b>Vedlegg E. Analyseresultater polysykliske aromatiske hydrokarboner</b>	<b>22</b>

---

## Sammendrag

I forbindelse med en mulig utdyping av farleden inn til Drammen har NIVA for Kystverket (1. Distrikt) gjennomført undersøkelser for å kartlegge miljøgiftinnholdet i sediment fra Svelvikstrømmen.

Planlagte inngrep består i en utdyping (bredde på mellom 90 og 125 m ned til en dybde på mer enn 9 m.) av seilrenna gjennom Svelvikstrømmen og innebærer fjerning av mudringsmasser på ca 700 000 m<sup>3</sup> over en lengde på ca 2800 m.

I forbindelse med det planlagte inngrepet er det gjennomført undersøkelser for å kartlegge miljøgiftinnholdet på bunnen i Svelvikstrømmen.

I fem sedimentprøver fra området ble følgende miljøgifter analysert: kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), polyklorerte bifenyler (PCB) og enkelte andre klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tinnorganiske forbindelser (TBT, DBT, MBT, TFT, DFT).

Hovedbildet som avtegner seg er at miljøgiftkonsentrasjonene i bunnmateriale fra Svelvikstrømmen er relativt lave. Dette gjelder i særdeleshet for områdene i nordre del.

I områder lenger syd ble det også observert lave til moderate konsentrasjoner av metaller, PCB og PAH men her fant en også høye konsentrasjoner av TBT.

De høye konsentrasjoner av TBT som befinner seg i sedimentet i syd utgjør en fare for videre spredning i miljøet ved mudringsarbeider i dette området. Frem til 2008 må en, uavhengig av en eventuell mudringsoperasjon, regne med en fortsatt spredning av TBT i Svelvikstrømmen.

Det synes, med unntak av TBT og muligens benzo (a) pyren, totalt sett å være liten eller ingen fare for spredning av partikler med høye konsentrasjoner av miljøgifter.

En bør utvise forsiktighet knyttet til spredning av partikler ved mudringsarbeider i den sydlige delen av tiltaksområdet. Ut fra et miljøgiftsynspunkt anses det ikke nødvendig med spesielle tiltak for å hindre partikkelspredning ved mudring i de mer nordlige deler av farleden.

## Summary

Title: Contaminants in sediments from Svelvikstrømmen (Norway).

Year:2001

Author: John Arthur Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 82-577-4074-8

---

Norwegian authorities have plans for reducing the navigational hazard through the Svelviks sound by deepening (down to 9 m) and widening (90 and 125 m) the most critical area (the sill between the Drammensfjord and outer Oslo fjord) at Svelvik.

The present report presents results from analysis of contaminants in bottom material collected in or near areas potentially affected by the enterprise. The objective is to describe the occurrence and concentrations of contaminants in the bottom material in order to evaluate the potential for spreading of contaminants during the operation.

Analysis was performed on 5 sediment samples. The following contaminants were analysed: polychlorinated biphenyls (PCB), hexachlorobenzene (HCB), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), tributyltin (TBT) and other organotins (DBT, MBT, TFT, DFT), mercury (Hg), cadmium (Cd), lead (Pb). The analytic results were classified according to the classification system established by The Norwegian State Pollution Control Authority (Molvær et al., 1997).

In general the concentrations of contaminants in the sediment were low. This was particularly the case for the sediments from the Northern part.

In the Southern part concentrations were also low for most of the analysed contaminants but the concentration of TBT was high and represents a potential source for further spreading in the environment through the planned dredging operation.

During dredging in the Southern area special considerations should be taken in order to avoid further spreading of particle bound TBT.

The concentration of contaminants in the sediments from the Northern area do not require any special consideration in order to avoid spreading of particulate material.

# 1. Innledning

## 1.1 Problembeskrivelse

Med tanke på å forbedre sikkerheten i farleden inn til Drammensfjorden er det ønske om å foreta mudringsarbeider i Svelvikstrømmen. Før et slikt tiltak kan gjennomføres krever miljømyndighetene blant annet at forekomster av miljøgifter i de berørte områder skal kartlegges slik at eventuelle negative konsekvenser av inngrepene for miljøet kan vurderes.

Partikler som tilføres et sjøområde/havneområde tenderer til å akkumulere i områder med lite strøm, og over tid danne bunnsedimenter. Disse sedimenter inneholder også forurensningskomponenter som fester seg til partiklene. Mange av de miljøgiftene som en er opptatt av i miljøsammenheng har evnen til å feste seg til slike partikler.

I det følgende rapporteres undersøkelser som skal belyse miljøgiftkonsentrasjonen i løsmasser i det berørte område.

Tiltaket som planlegges er en utdyping av seilrenna gjennom Svelvikstrømmen. Dette innebærer fjerning av mudringsmasser på ca 700 000 m<sup>3</sup> over en lengde på ca 2800 m, med en bredde på mellom 90 og 125 m ned til en dybde på mer enn 9 m.

På det nåværende stadiet i planprosessen var det ønske om at det skal tas foretas orienterende analyser av miljøgifter i sediment på 5 prøver fordelt over en strekning på ca 2800 m i Svelvikstrømmen (brev av 26/0501 fra Fylkesmannen i Vestfold til Kystverket).

Det var fra Fylkesmannen ønske om at følgende parametere ble analysert: bly (Pb), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB).

Fordi tributyltinn (TBT) som brukes som begroingsindrende middel på skip er et miljøproblem knyttet til skip er det også foretatt analyser av tinnorganiske forbindelser.

Målsetningen med undersøkelsen har vært å beskrive forekomst av miljøgifter i bunnmateriale (overflatesediment, 0- 2 cm) i berørte områder i Svelvikstrømmen med tanke på å vurdere hvorvidt eventuell forekomst av miljøgifter ville kun spres i miljøet ved de tiltak som er planlagt.



## 2. Materiale og metode

### 2.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført 14/05-01 fra forskning fartøyet "Trygve Braarud" innleid fra Universitetet i Oslo. Prøvetaking ble foretatt i 5 hovedområder i farleden som er planlagt utdypet. På hvert område ble det tatt minst 3 grabbprøver (merket a-c). Posisjonene hvor disse grabbhugg ble foretatt er oppgitt i Vedlegg B og er avmerket i **Figur 1**.

### 2.2 Kjemiske analyser

Strategien ved prøvetakingen var å slå de 3 delprøvene av overflatersediment (0-2 cm) fra hvert hovedområdet sammen til en blandprøve som så skulle analyseres for de utvalgte miljøgifter. Denne strategien ble imidlertid kun fulgt i området lengst syd (område 1, se **Figur 1**). Det viste seg nemlig at bunnen i området nord i farleden (område 4 og 5 se **Figur 1**) i hovedsak bestod av varierende størrelse av stein, med påvekst av blåskjell og grov sand (stasjon 4). Dette gjorde at det fra område 5 ikke lot seg gjøre å få opp materiale som det ansås formålstjenelig å analysere, mens en fra område 4 fikk opp noe grov sand som en valgte å analysere. I område 3 ble det observert to helt forskjellige typer substrat (leire og sand) og en valgte å analysere disse to typer substrat hver for seg.

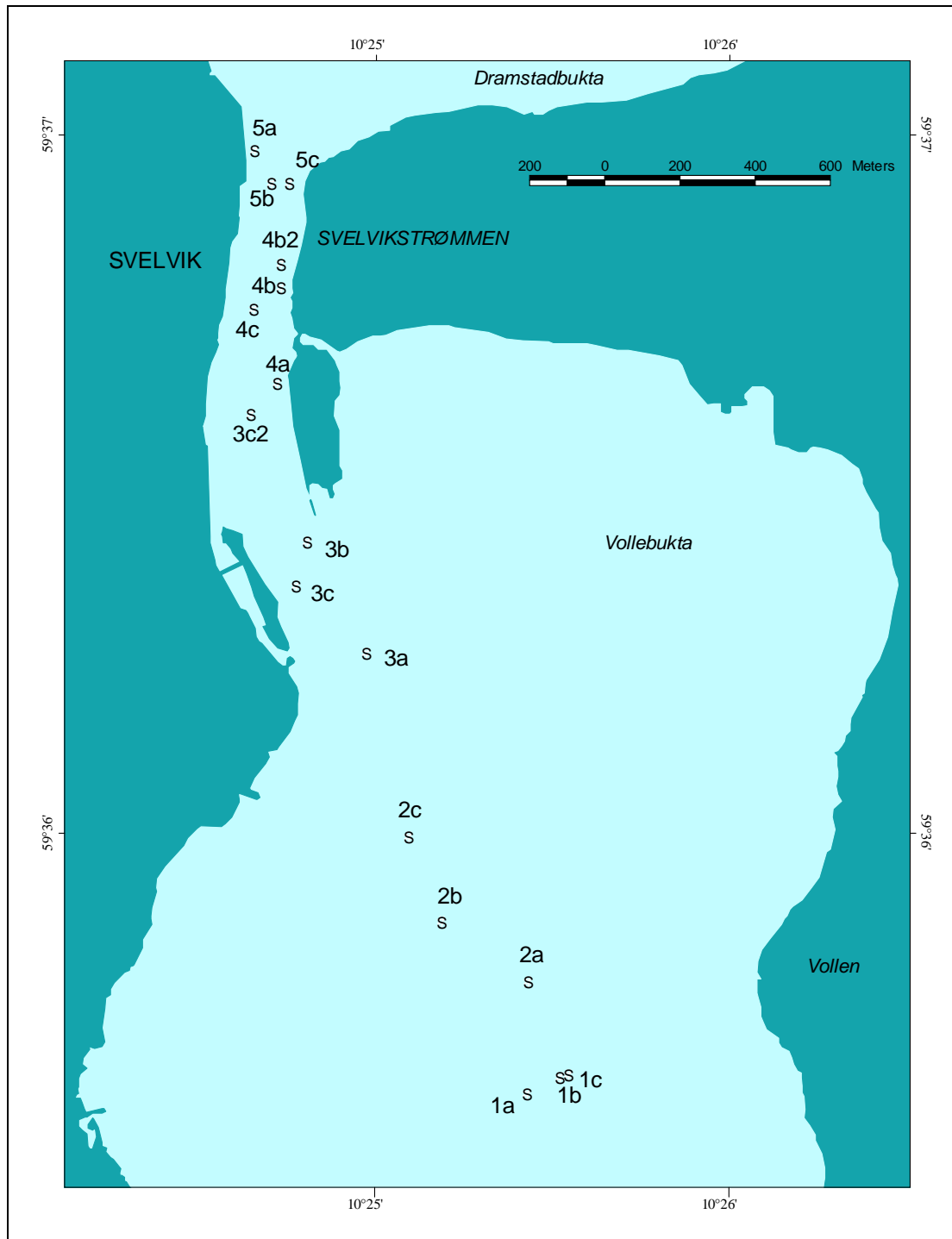
En endte derfor opp med å analysere 5 sedimentprøver (se **Tabell 1**).

Følgende forbindelser ble analysert i fem prøver (se **Tabell 1**) av overflate sediment:

- Polyklorete bifenyler (PCB) (og utvalgte andre industri- og landbruksrelaterte klororganiske forbindelser som rutinemessig inngår i PCB analysen)
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)
- Tinnorganiske forbindelser (TBT, DBT, MBT, TPhT, DPhT, MPhT)
- Kvikksølv (Hg)
- Kadmium (Cd)
- Bly (Pb).
- Partikkelstørrelsesfordeling (fraksjon <63µm),
- % tørrstoff
- Total mengde organisk karbon (TOC)

Kornstørrelse og sedimentets innhold av organisk materiale (TOC) er støtteparametere som kan ha betydning for tolkning av miljøgiftanalysene og faren for spredning av sediment mens de øvrige parametere representerer forbindelser som en ikke ønsker å få spredt i det marine miljø.

Alle kjemiske analyser ble utført av NIVA (i hovedsak etter akkrediterte metoder). Analysemetode for metaller/elementer som er inkludert i undersøkelsen ses i Vedlegg C. Resultatene er vurdert i forhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997) og eventuelle tidligere undersøkelser i området.



**Figur 1.** Kart over prøvetakingsposisjoner i farleden i Svelvikstrømmen.

**Tabell 1.** Tabell over analyserte sedimentprøver med angivelse av hvor de enkelte prøver er innsamlet (se også **Figur 1**)

<b>Prøve</b>	<b>Område</b>	<b>Stasjon som inngår i blandprøven</b>	<b>Beskrivelse av prøve</b>	<b>Midler dyp</b>
1abc	1	a+b+c	Leire og sand	11
2ac	2	a+c	Fin sand	6,5
3c	3	c	Blåleire	11,8
3ab	3	a+b	Sand	8,7
4ac	4	a+c	Grov sand	11,2

## 3. Resultater og diskusjon



### 3.1 Metaller

Mengden av finpartikulært materiale i det analyserte materialet varierte fra 97% i prøven med blåleire fra område 3 til 0.5 % i den grove sanden fra område 4 (**Tabell 2**). Mengden organisk karbon var i alle prøvene generelt lavt sammenlignet med hva som er normalt i norske kystområder. Ser man bort fra prøven av blåleire fra stasjon 3 så var det en avtagende mengde finstoff og organisk karbon fra syd mot nord i farleden (**Tabell 2**).

Alle de analyserte sedimentprøver var ubetydelig til lite forurenset med metaller (**Tabell 2**)

**Tabell 2.** Kornfordeling (TTS), tørstoffinnhold (TTS) og metaller (Cd=kadmium, Cu=kobber, Pb=bly, Hg=kvikksølv) i sediment som potensielt kan bli berørt på Svelvikterskelen. 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 klassifiseres					

Område	Finfraksjon <63µm %	TTS g/kg	TOC µg/mg TS	Cd µg/g t.v.	Hg µg/g t.v.	Pb µg/g t.v.
1abc	20	764	4,2	0,027	0,028	10,5
2ac	3	768	2,3	0,015	0,006	3,6
3c	97	766	6,3	0,1	0,019	19,1
3ab	1	858	1,1	0,015	0,007	4,73
4ac	0,5	871	<1,0	0,019	<0,005	3,11
Bakgrunn <sup>1)</sup>				0,25	0,15	30

<sup>1)</sup>Øvre grense for klasse I (ubetydelig-lite forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

### 3.2 Tinnorganiske forbindelser

Innholdet av TBT i sedimentet var relativt høyt (sterkt forurenset) på de 2 mest sydlige stasjoner (område 1 og 2) mens det var noe lavere (moderat til markert forurenset) lenger nord i farleden (**Tabell 3**). Avtagende konsentrasjon av TBT mot nord har sannsynligvis en sammenheng med de avtagende mengder finstoff og TOC som med unntak av prøven med leire (prøve 3c) avtegner seg fra syd mot nord i farleden (**Tabell 2**). Andre forhold kan imidlertid også spille inn.

TBT tillates i dag brukt på skip over 25 m men har vært forbudt å bruke på småbåter i mer enn 10 år. Den relativt store andelen av TBT i forhold til nedbrytningsproduktene DBT og MBT kan tyde på en betydelig del av nytilført TBT, sannsynligvis fra skipene som trafikkerer farleden inn til til Drammensfjorden.

Innholdet av fenyltinnforbindelser lå under deteksjonsgrensen for alle de analyserte prøver (**Tabell 3**)

**Tabell 3.** Tinnorganiske forbindelser i sediment som potensielt kan bli berørt i Svelvikstrømmen. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 2**.

Område	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
1abc	36,6	15	2,5	2,2	<0,50	<0,50	<0,50
2ac	29,28	12	2,3	1,8	<0,50	<0,50	<0,50
3c	<2,44	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,6
3ab	6,1	2,5	1,1	1,7	<1,0	<1,0	<1,0
4ac	3,904	1,6	<1,0	1	<1,0	<1,0	<1,0
Bakgrunn <sup>1)</sup>	1						

<sup>1)</sup> Øvre grense for klasse I (ubetydelig-lite forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

### 3.3 Klororganiske forbindelser

Innholdet av PCB og HCB var lavt i alle de analyserte prøver og sedimentet kunne karakteriseres som ubetydelig til lite forurenset av disse forbindelser (**Tabell 4**). Sedimentet var heller ikke nevneverdig forurenset med landbruksrelaterte forbindelser (DDE, DDD) (**Tabell 4**). Fra andre undersøkelser vet en imidlertid at dypområder i Drammensfjorden kan inneholder store mengder DDT og dets nedbrytningsprodukter uten at vi har kunnet spore dette i Svelvikstrømmen.

**Tabell 4.** Klororganiske forbindelser i sediment som potensielt kan bli berørt i Svelvikstrømmen. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Polyklorerte bifenyler =PCB, heksaklorbensen=HCB, diklordifenyldikloreten=DDE, diklordifenyldikloreten=DDD (de to siste komponenter er nedbrytningsprodukter av DDT (diklordifenyiltrikloreten)).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 2**.

Område	$\Sigma$ PCB <sub>7</sub> <sup>1)</sup> (µg/kg t.v.)	HCB (µg/kg t.v.)	DDE+DDD <sup>2)</sup> (µg/kg t.v.)
1abc	<1,75	<0,10	<0.65*
2ac	<1,75	<0,10	<0.65*
3c	<1,75	<0,10	<0.65*
3ab	<1,75	<0,10	<0.65*
4ac	<1,75	<0,10	<0.65*
Bakgrunn <sup>3)</sup>	5	0,5	0,5

\*Klassifisering er foretatt ut fra en antagelse av at konsentrasjonen >0,5

1)  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub> =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  $\Sigma$  DDE, DDD, DDT og betyr at tilstanden kan være dårligere enn det tabellen viser.

3) Øvre grense for klasse I i SFTs klassifiseringssystem

### 3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Generelt var konsentrasjonen av olje- og forbrenningsrelaterte forbindelser høyest i det sydlige område (område 1) hvor konsentrasjonsnivået kvalifiserte (c.f Molvær et al 1997) for betegnelsen moderat (PAH) til markert (BaP) forurenset. På de øvrige stasjoner var sedimentet ubetydelig til lite forurenset med slike forbindelser.

**Tabell 5.** PAH i sediment som potensielt kan bli berørt i Svelvikstrømmen.

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

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser ses i **Tabell 2**:

Område	Sum PAH <sup>1)</sup> (µg/kg t.v)	Sum KPAH <sup>2)</sup> (µg/kg t.v)	BaP (µg/kg t.v)
1abc	1333,9	411	85
2ac	80,7	19,5	3,4
3c	40,7	0	<1
3ab	7,7	0	<1
4ac	34,5	8,6	<1
Bakgrunn <sup>3)</sup>	300		10

<sup>1)</sup> Innbefatter analyse av følgende komponenter: Acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, 1-metylfenantren, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, trifenylen, benzo(b+j,k)fluoranten, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren, perylen, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenz(a,c/a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

<sup>2)</sup> 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)antracen. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

<sup>3)</sup> Øvre grense for klasse I (ubetydelig-lite forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

## 4. Sammenfattende kommentarer

Hovedbildet som avtegner seg er at miljøgiftkonsentrasjonene i bunnmaterialet fra Svelvikstrømmen er relativt lave. Dette gjelder i særdeleshet for områdene mot nord (område 3 og 4) og sikkert også for område 5 lengst i nord der det ikke var mulig å få opp finpartikulært materiale.

I de to hovedområdene lenger syd (område 1 og 2) ble det også observert lave til moderate konsentrasjoner av metaller, PCB og PAH, men her fant en også relativt høye konsentrasjoner av TBT som gjenspeiler tidligere og nåværende lovlig (eventuelt også ulovlig) bruk av TBT på skip og mindre båter. Årsaken til at en ikke finner tilsvarende høye TBT konsentrasjoner på de øvrige stasjoner er sannsynligvis sammensatt. En antar imidlertid at sedimentets karakter (mengder finstoff og TOC) har hatt en avgjørende betydning

Høye konsentrasjoner av TBT er desverre observert i de fleste havneområder langs norskekysten og store deler av norsk kystvann er påvirket av slike forbindelser (Følsvik et al. 1999). TBT er blant de giftigste stoffene som er introdusert til det marine miljø og er i utgangspunktet ikke ønsket spredt. Hensynet til skipsfarten har imidlertid medført at en fremdeles tillater bruk av TBT og en må forvente en videre spredning av forbindelsen så lenge den brukes som begroingshindrende middel på skip. I et langsiktig perspektiv (år 2008) er det internasjonalt lagt planer for hel utfasing av TBT-bruk innen skipsfart. I mellomtiden og sannsynligvis i lang tid etter må en imidlertid regne med at TBT vil forekomme og være et problem i norske kystområder.

De høye konsentrasjoner av TBT som befinner seg i sedimentet (gjelder i hovedsak område 1 og 2) utgjør en fare for spredning ved mudringsarbeider i området. I et kortsiktig perspektiv (frem til 2008) må en imidlertid, uavhengig av en eventuell mudringsoperasjon, regne med en fortsatt spredning av TBT i det marine miljø og særlig i områder med trafikk med større skip slik som i Svelvikstrømmen. Dette bidrar til en viss avdramatisering av en eventuell spredning av TBT lokalt ved mudring i den sydlige delen av farleden.

I forbindelse med de planlagte mudringsarbeider i Svelvikstrømmen synes det, med unntak av for TBT (i område 1 og 2) og muligens benzo (a) pyren (område 1), totalt sett å være liten eller ingen fare for spredning av partikler med høye konsentrasjoner av miljøgifter.

Pga. de høye konsentrasjoner med TBT i den sydlige delen av farleden bør en utvise en viss forsiktighet knyttet til spredning av partikler ved mudringsarbeider i dette område. Ut fra et miljøgiftsynspunkt er det imidlertid ikke nødvendig med spesielle tiltak for å hindre partikkelspredning ved mudring i de mer nordlige deler av farlenden.



## 5. Referanser

Følsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E-M., and Walday, M.1999. Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (*Nucella lapillus*) from Norway. *Chemosphere*, 38, 681-691.

IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updation of IARC Monographs volume 1 to 42, suppl. 7 Lyon.

Molvær, J. & J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J.Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03. Statens forurensningstilsyn. ISBN-nummer 82-7655-367-2. 36s.

Schaanning, M., 1998. Biotilgjengelighet av Hg, Cd, PCB og DDT under reoksidasjon av anoksiske sedimenter fra Drammensfjorden. NIVA-rapport nr. 3827-2000, 35s +app.

## 6. Vedlegg

### Vedlegg A. Posisjon for de enkelte stasjoner

Stasjon	Posisjon (N, Ø)	Dyp (m)
1a	59.594715, 10.423900	10,9
1b	59.595085, 10.425450	11,3
1c	59.595165, 10.425850	11
2a	59.597382, 10.423950	8,4
2b	59.598816, 10.419867	5,9
2c	59.600834, 10.418300	7
3a	59.605232, 10.416317	9,8
3b	59.607883, 10.413517	7,6
3c	59.606834, 10.412983	11,8
3c2	59.610931, 10.410850	11,5
4a	59.611683, 10.412084	9,5
4b	59.613968, 10.412267	6,5
4b2	59.614532, 10.412283	7,5
4c	59.613434, 10.410967	12,8
5a	59.617233, 10.411034	10,1
5b	59.616451, 10.411817	12,6
5c	59.616451, 10.412683	10,3

## Vedlegg B. Beskrivelse av bunnen ut fra innhold i grabbprøver

NB: På stasjoner oppgitt i parentes ble posisjon ikke notert og grabben var i hovedsak tom.

Stasjon	Dyp (m)	Kommenatar
1a	10,9	Fast ren gråblå leire med noe sand, over tynt lag med fin-grov sand med skjell
1b	11,3	Alle grabber like, dvs 1 cm topp fin-grov sand over fast grå leire, bioturbert sediment, endel muslinger
1c	11	Som over
(2)	8,5	Bomskudd (mot 4 m grunna, bare sand stein og grus)
2a	8,4	Sand mye skjell, ikke leire
2b	5,9	Fin -middels homogen sand, 2øvre cm lysrødbrun, under svart hydrogensulfid
(2)	6,5	Bomskudd-fast leire
2c	7	Fin sand som i 2B, men ikke hydrogensulfid, en del døde ribbemaneter
3a	9,8	Sand og grov stein, rur trekantmark, anemoner, blåskjell på steinene
3b	7,6	Sand og grus ikke så grov som i 3A
3c	11,8	Midt i kanalen var det ren blåleire (hard), grabben får opp lite, ingen synlige partikler over leira
3c2	11	Bare rullestein m/påvekst (midt i løpet)
4a	9,5	Sortert grov sand, blåskjell m/rur
4b	6,5	Bomskudd (kampestein på land) hardbunn, fikk opp bare blåskjell
4b2	7,5	Bomskudd (kampestein på land) hardbunn, fikk opp bare blåskjell
4c	12,8	Grov sand m/ endel stein, anemoner & skjell
(5)	7,5	Bomskudd, bare blåskjell
5a	10,1	Bomskudd
5b	12,6	Bomskudd, små stein
5c	10,3	Masse grov rullestein med årets (?) blåskjell
(5)	Ikke notert	Bomskudd, stein?
(5)	Ikke notert	Bommskudd, stein?

## Vedlegg C. Analysemetoder benyttet.

Forbindelse/ element	Oppslutningsmetode etc.	Analysemetode
Bly (Pb)	Tørket og knust prøve eventuelt tilsatt cesiumklorid (K, Na, Li) eller lantan-klorid (Ca, Mg), suges inn i en luft/acetylen - lystgass/acetylen flamme hvor elementene atomiseres. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes. Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Når lyset passerer gjennom den atomiserte prøven, absorberes det selektivt av dette elementets atomer. Konsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorpsjonsbånd med kjente kalibreringsløsningers absorpsjonsbånd.	Atomabsorpsjon – atomisering i flamme <sup>1)</sup>
Kadmium (Cd)	Tørket og knust prøve oppsluttes med salpetersyre. 10 - 60 µl prøve overføres til et grafitrør som oppvarmes elektrotermisk. Ved trinnvis øking av temperaturen etter et program tilpasset kadmium, gjennomføres tørking, foraskning og atomisering. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en elektrodsløse lampe (EDL). Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og kadmium. Lyset absorberes selektivt kadmium atomer når det passerer gjennom den atomiserte prøven. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorpsjonsbånd med kjente kalibreringsløsningers absorpsjonsbånd.	Atomabsorpsjon grafittovn <sup>2)</sup>
Kvikksølv (Hg)	Oppslutning i salpetersyre. Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampeteknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl <sub>2</sub> ) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølv omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgameringsystem.	Atomabsorpsjon <sup>3)</sup>
Tinnorganiske forbindelser	Oppslutning i 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 <sup>4)</sup>
PCB	Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. De klor-organiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.	Gasskromatograf utstyrt med elektron-innfangnings-detektor, GC/ECD <sup>5)</sup>
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) <sup>6)</sup> .

## Analysemetode benyttet (fortsettelse av vedlegg B).

Forbindelse/ element	Oppslutningsmetode etc.	Analysemetode
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 <sub>2</sub> -gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N <sub>2</sub> - og CO <sub>2</sub> -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 <sup>7)</sup>
Partikkelstørrelsesfordeling (fraksjon < 63 μm)	En kjent mengde frysetørket sediment våtsiktes (63 μm sikt). Materialet som holdes tilbake på sikten veies etter tørking (ved 105 °C) og andelen av sedimentet med en partikkelstørrelsesfordeling mindre 63 μm beregnes.	Gravimetri
% tørrstoff	En kjent mengde prøve tørkes til tørrhet (konstant vekt) ved 105 °C, og den gjenværende rest veies.	Gravimetri

1) Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer Model 560. Perkin-Elmer Model 560 (NIVA interne analysemetode E 1)

2) Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer atomaabsorpsjonsspektrometer 4100 ZL, tilkoblet P-E autosamplere AS 40 og Epson LX-850 printer. ED-lampene brukes sammen med et P-E EDL power supply (NIVA interne analysemetode E 2-2).

<sup>3)</sup> Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosamplere og P-E amalgamsystem (NIVA interne analysemetode E 4-3).

<sup>4)</sup> 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).

<sup>5)</sup> Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangingsdetektor (ECD) (NIVA interne analysemetode H 4-3)..

<sup>6)</sup> Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosamplere 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).

<sup>7)</sup> Følgende instrumentering er benyttet: Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS (NIVA interne analysemetode G 6).

## Vedlegg D. Analyseresultater klororganiske forbindelser

Enhet: µg/kg t.v.

	Svelvik 1 a+b+c	Svelvik 2 b+c	Svelvik 3 c	Svelvik 3 a+b	Svelvik 4 a+c
<b>Komponent</b>					
PCB 28	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 52	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 101	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 118	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 105	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 153	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 138	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 156	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 180	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
PCB 209	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Penta-klorbenzen	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Alfa- hexakl.cyclohex	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Hexa-klorbenzen	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Gamma- hexakl.cyclohex	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Oktaklorstyren	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
4,4-DDE	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
4,4-DDD	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40

## Vedlegg E. Analyseresultater polysykliske aromatiske hydrokarboner

Enhet: µg/kg t.v.

	Svelvik 1 a+b+c	Svelvik 2 b+c	Svelvik 3 c	Svelvik 3 a+b	Svelvik 4 a+c
<b>Komponent</b>					
Naftalen	54	8,7	19	1	2,5
2-Metylnaftalen	22	<1	4,4	1,2	1,5
1-Metylnaftalen	25	<1	5,4	1,3	1,8
Bifenyl	10	2,8	3,9	1,8	<1
2,6-Dimetylnaftalen	10	3,7	<1	1,9	1,5
Acenaftalen	8,9	<1	<1	<1	<1
Acenaften	<1	<1	<1	<1	<1
2,3,5-Trimetylnaftalen	2,8	2,7	6,2	4	1,9
Fluoren	28	1,7	1	2,2	1,8
Fenantren	58	7,4	7,7	2	3,5
Antracen	24	<1	<1	<1	<1
1-Metylfenantren	19	<1	<1	<1	<1
Fluoranten	240	14	<1	1,2	5,5
Pyren	257	15	<1	1,1	5,7
Benz(a)antracen	43	<1	<1	<1	<1
Chrysen+trifenylen	94	7	<1	1,2	3,3
Benzo(b+j,k)fluoranten	194	13	<1	<1	7,6
Benzo(e)pyren	86	5,7	<1	<1	3,8
Benzo(a)pyren	85	3,4	<1	<1	<1
Perylen	34	5,4	32	<1	<1
Indeno(1,2,3cd)pyren	74	3,1	<1	<1	1
Dibenz(a,c/a,h)antracen	15	<1	<1	<1	<1
Benzo(ghi)perylen	74	5	<1	<1	2,3