

Miljøprojekt Nr. 627 2001

# Havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser

**Kortlægning af nuværende og fremtidige behov for klappning  
og deponering**

Arne Jensen og Kim Gustavson  
DHI - Institut for Vand og Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>9</b>
<b>1 BAGGRUND</b>	<b>11</b>
<b>2 UNDERSØGELSE AF HAVNESEDIMENTERS INDHOLD</b>	
<b>FOR MILJØFREMMEDE STOFFER</b>	<b>12</b>
2.1 PRØVETAGNING	12
2.2 KEMISK ANALYSE	12
2.3 RESULTATER	13
2.3.1 <i>Blødgørere</i>	14
2.3.2 <i>Nonylphenol</i>	15
2.3.3 <i>Chlorbenzener</i>	15
2.3.4 <i>Phenoler</i>	15
2.3.5 <i>PAH</i>	16
2.3.6 <i>PCB (CB congeners)</i>	19
2.3.7 <i>LAS</i>	19
2.3.8 <i>Antibegroningsmidler</i>	19
2.3.9 <i>Kobber</i>	21
2.3.10 <i>Total hydrocarboner (THC)</i>	22
2.3.11 <i>Glødetab</i>	23
2.3.12 <i>Detektionsgrænser</i>	23
2.4 KORRELATIONSANALYSE	24
2.5 BESKRIVELSE AF DE UNDERSØGTE HAVNE	26
2.6 KONKLUSION PÅ INDHOLDET AF MILJØFREMMEDE STOFFER I DE ANALYSEREDE HAVNESEDIMENTER	28
<b>3 KORTLÆGNING AF NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE BEHOV</b>	
<b>FOR KLAPNING OG DEPONERING AF HAVNESEDIMENTER</b>	<b>30</b>
3.1 TIDLIGERE UNDERSØGELSER FOR MILJØFREMMEDE STOFFER I HAVNESEDIMENTER	30
3.2 GRÆNSEVÆRDIER FOR MILJØFREMMEDE STOFFER	31
3.3 NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE BEHOV FOR KLAPNING OG DEPONERING	33
3.4 BESKRIVELSE AF NUVÆRENDE KLAPOMRÅDET	34
3.5 LANDDEPONERING AF HAVNESEDIMENT	36
3.6 DISKUSSION AF KLAPNING KONTRA DEPONERING PÅ LAND	36
3.7 KONKLUSION PÅ SPØRGESKEMAUNDERSØGELSEN	37
<b>4 REFERENCER</b>	<b>38</b>
BILAG 1 ANVISNING FOR PRØVETAGNING AF HAVNESEDIMENTER TIL ANALYSE FOR ANTIBEGRONINGSMIDLER OG ORGANISKE FORURENINGER	39
BILAG 2 PRØVETAGNINGSPPOSITIONER OG SEDIMENTBESKRIVELSE	42
BILAG 3 TØRSTOFINDHOLD I DE UDTAGNE SEDIMENTPRØVER	44
BILAG 4 GC-MS MULTI-SCREENING FOR UDVALGTE ORGANISKE FORBINDELSER	45
BILAG 5 BESTEMMELSE AF KOBBER I SEDIMENT	46
BILAG 6 BESTEMMELSE AF BIOCIDER I SEDIMENT VED LC-MS	47
BILAG 7 ANALYSERESULTATER	48
BILAG 8 NUVÆRENDE OG FREMTIDIGE KLAPNINGSBEHOV	52



# Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projektet ” Havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser”. Projektet er gennemført for Miljøstyrelsens midler for forskning og udvikling. Projektet er udført af DHI - Institut for Vand og Miljø med Arne Jensen som projektleder og Kim Gustavson som projektmedarbejder.

Nærværende rapport er udarbejdet af DHI - Institut for Vand og Miljø. Formålet med projektet har været:

- at få en beskrivelse af forureningen af havnesedimenter i udvalgte havne med miljøfremmede organiske forbindelser;
- at foretage en kortlægning af amternes nuværende strategi for klappning og deponering af havnesedimenter, herunder en oversigt over det fremtidige behov for oprensning af sediment og deponeringsmuligheder.

Projektet har været fulgt af en styregruppe, der har afholdt 2 styregruppemøder i løbet af projektperioden. Styregruppen havde følgende medlemmer:

Kjeld Frank Jørgensen (formand)	Miljøstyrelsen
Alf Aagaard,	Miljøstyrelsen
Britta Pedersen	Danmarks Miljøundersøgelser
Christian A. Jensen	Århus Amt
Jan Rasmussen (andet møde)	Miljøkontrollen, Københavns Kommune
Jan Burgdorf Nielsen (første møde)	Miljøkontrollen, Københavns Kommune
Tom Knudsen	Sønderjyllands Amt, repræsentant for Lillebæltssamarbejdet
Arne Jensen (projektleder)	DHI-Institut for Vand og Miljø (sammenslutningen af DHI og VKI pr. 1. januar 2000)
Kim Gustavson	DHI-Institut for Vand og Miljø (sammenslutningen af DHI og VKI pr. 1. januar 2000)

Styregruppens medlemmer takkes for et konstruktivt samarbejde under udførelsen af projektet. Desuden takkes Fyns Amt, Miljøkontrollen, Sønderjyllands Amt, Vejle Amt og Århus Amt for arbejdet med prøvetagningen af sedimenter i de udvalgte havne samt for levering af beskrivelse af disse havne. Alle amterne takkes for besvarelserne af de udsendte spørgeskemaer. Endvidere takkes S sammenslutningen af Danske Havne for deres bidrag.

Hørsholm, den 29. august 2000

Arne Jensen

Kim Gustavson



# Sammenfatning

Formålet med denne undersøgelse har været dels at beskrive forureningen af havnesedimenter med miljøfremmede organiske forbindelser, dels at kortlægge nuværende strategier og fremtidige behov for kløpning og deponering af havnesedimenter.

Forureningen af havnesedimenter med miljøfremmede organiske forbindelser er undersøgt i industrihavne (Frederiksholmløbet, Odense Havn, Vejle Havn, Kolding Havn og Åbenrå Havn), oliehavne (Prøvestenen og Århus Havn), fiskerihavn (Århus Fiskerihavn) og lystbådehavne (Svanemøllen Lystbådehavn, Fåborg Lystbådehavn, Marselisborg Lystbådehavn og Sønderborg Lystbådehavn). Af de i alt 113 stoffer, der blev analyseret for i havnesedimenterne, er kun 34 stoffer påvist, og det er stort set de samme stoffer, som forekommer i alle havnesedimenterne. Forekomsten indenfor forskellige stofgrupper er opsummeret i tabel:

Stofgruppe	Antal parametre målt	Antal parametre påvist	Fundet i antal sedimentprøver
Blødgørere	11	5	2-12
Nonylphenoler	1	1	12
Chlorbenzen	8	1	2
Phenol	14	1	10
PAH	18	18	9 <sup>1</sup>
PCB	7	2	1
LAS	1	1	10
Antibegroningsmidler	8	6	12 <sup>2</sup>
Hydrocarboner	1	1	12

<sup>1</sup> I tre prøver er en eller flere af PAH'er under detektionsgrænsen.

<sup>2</sup> En prøve under detektionsgrænsen for irgarol. Fem prøver under detektionsgrænsen for dibutyltin og 8 prøver under detektionsgrænsen for monobutyltin.

Forekomsten af fosfat-triester (3), chlorerede pesticider (16) og pesticider og diverse organiske stoffer (27) i havnesedimenterne var alle under detektionsgrænserne. Antibegroningsmidlerne atrazin og simazin var ligeledes under detektionsgrænsen i alle prøver.

Belastningen i de enkelte havne er meget afhængig af hvilke stof, som man ser på. Der er fundet de højeste koncentrationer (rækkefølgen er med aftagende indhold) af

- blødgørere i Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Odense Havn, Kolding Havn og Svanemøllen Lystbådehavn;
- nonylphenol i Frederiksholmløbet og Odense Havn;
- 3/4-methylphenol i Vejle Havn og Kolding Havn;
- sum PAH'er i Århus Fiskerihavn, Svanemøllen Lystbådehavn, Odense Havn og Århus Havn;
- LAS i Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn, Odense Havn og Kolding havn;
- diuron i Marselisborg Lystbådehavn, Vejle Havn og Odense Havn;
- irgarol i Marselisborg Lystbådehavn og Sønderborg Lystbådehavn;
- TBT i Århus Havn og Odense Havn;
- DBT i Århus Havn;
- kobber i Svanemøllen Lystbådehavn, Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Marselisborg Lystbådehavn og Odense Havn;
- total hydrocarboner i Svanemøllen Lystbådehavn, Århus Havn og Odense Havn.

Nedbrydningsprodukterne fra TBT, som er mono- og dibutyltin, fandtes i sedimenterne fra Århus Oliehavn, Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn og Marselisborg Lystbådehavn. Dibutyltin blev ligeledes påvist i Svanemøllen, Fåborg og Sønderborg lystbådehavne.

Korrelationsanalyser viser, at der generelt ikke er en sammenhæng mellem glødetabet af sedimentet og de fundne stofkoncentrationer, samt at der ikke er en entydig sammenhæng imellem de fundne koncentrationer og havnenes anvendelse.

Strategier vedr. klapping/deponering af havnesedimenter, herunder nuværende og fremtidige behov for klapping hhv. deponering er kortlagt ved en spørgeskemaundersøgelse udsendt til amter samt Københavns Kommune og Statshavne. I næsten alle amter er der foretaget undersøgelse af kobberindholdet (samt andre tungmetaller) i havnesedimenter i forbindelse med klaptilladelser. Seks amter har undersøgt indholdet af antibegroningsmidlet TBT (DBT og MBT) i havnesedimenter; mens kun et amt har rapporteret analyser af antibegroningsmidlet irgarol. Fem amter har undersøgt indholdet af total hydrocarboner i havnesedimenter.

Næsten alle amter anvender en grænseværdi for kobber for klapping af havnesediment. De fleste anvender en grænseværdi lig med to gange diffust belastet sediment baseret på glødetab. Generelt findes der ingen grænseværdier for organiske forureninger, LAS og total hydrocarboner. Kun Vejle Amt og delvist Århus Amt har udarbejdet en strategi for klapping/deponering af havnesedimenter.

Hovedparten af amterne har rapporteret de klappede mængder i 1998-99, hvor 800-900.000 t er blevet klappet pr. år. Det skønnede behov for 2000-2003 varierer fra 1,5 mill. t i 2000 til 0,8 mill t i 2003. Gedser, Esbjerg, Hanstholm og Hirtshals Havn klapper årligt 150-300.000 t pr. havn bestående hovedsageligt af sandet uforurenet sediment.

De fleste klappladser ligger i områder, hvor det klappede materiale borttransporteres af moderat til stærk strøm. Meget få klappladser ligger i sedimentationsbassiner, hvor sedimentet bliver liggende. De fleste klappladser har derfor mindst 10 års kapacitet eller ubegrænset kapacitet. Ni amter har etableret 24 landdepoter/kystdepoter eller indspulingsbassiner. I 1998 er der deponeret ca. 230.000 t forurenet sediment og i 1999 ca. 425.000 t. Det skønnede behov er i 2000 ca. 340.000 t og i 2001-2003 ca. 240.000 t pr. år. Det opgravede sediment pumpes som regel til depotet. Nogle depoter er midlertidige for at afvande sedimentet, hvorefter det deponeres på kontrolleret losseplads. Ingen depoter har membraner. De fleste depoter har et overløb, hvor overskydende vand udledes til havet efter en vis opholdstid for at reducere indholdet af partikler.



# Summary

The aim of the project was to describe the contamination of harbour sediment with organic pollutants and summarising the recent strategies and future needs for dredging and deposition of sediment from harbours.

The pollution of harbour sediments was investigated in industrial harbours (Fredsholmløbet, Odense Havn, Vejle Havn, Kolding Havn, and Åbenrå Havn), oil harbours (Prøvestenen and Århus Havn), a fishing harbour (Århus Fiskerihavn) and yacht harbours (Svanemøllen Lystbådehavn, Fåborg Lystbådehavn, Marselisborg Lystbådehavn, and Sønderborg Lystbådehavn). Out of a total of 113 analysed compounds only 34 compounds were found in concentrations above the detection limit. The occurrence of compounds within different groups is summarised in the following table:

Compound	Number of parameters measured	Number of parameters detected	Number of detection in sediment samples
Phthalates	11	5	2-12
Nonylphenols	1	1	12
Chlorobenzen	8	1	2
Phenol	14	1	10
PAH	18	18	9 <sup>1</sup>
PCB	7	2	1
LAS	1	1	10
Antifouling	8	6	12 <sup>2</sup>
Hydrocarbons	1	1	12

<sup>1</sup> In three samples one or more PAHs were below the detection limit.

<sup>2</sup> One sample under detection limit for Irgarol. Five samples under detection limit for DBT and eight samples under detection limit for MBT

Phosphat triesters, chlorinated pesticides, pesticides and the antifouling compounds atrazine and simazine were not found in the sediment in concentration above the detection limit.

The loading of the harbours depends strongly on the individual compounds. The highest concentration was found (in descending order to the concentration) of:

- Phthalates in Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Odense Havn, Kolding Havn and Svanemøllen Lystbådehavn;
- Nonylphenol in Frederiksholmløbet and Odense Havn;
- 3/4-methylphenol in Vejle Havn and Kolding Havn;
- Sum PAH'er in Århus Fiskerihavn, Svanemøllen Lystbådehavn, Odense Havn and Århus Havn;
- LAS in Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn, Odense Havn and Kolding Havn;
- Diuron in Marselisborg Lystbådehavn, Vejle Havn and Odense Havn;
- Irgarol in Marselisborg Lystbådehavn and Sønderborg Lystbådehavn;
- TBT in Århus Havn and Odense Havn;
- DBT in Århus Havn;
- Copper in Svanemøllen Lystbådehavn, Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Marselisborg Lystbådehavn and Odense Havn;
- Total hydrocarbons in Svanemøllen Lystbådehavn, Århus Havn and Odense Havn.

The degradation products (MBT and DBT) from TBT were found in Århus Oliehavn, Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn and Marselisborg Lystbådehavn. In addition, DBT was found in Svaneøllen Lystbådehavn, Fåborg Lystbådehavn and Sønderborg Lystbådehavn.

There was only two significant correlations between loss of ignition and the concentrations of the pollutants in the sediments. In addition, no unambiguous correlation between the concentration of the pollutants in the sediment and the application of the harbour was found.

The strategies in the Danish counties for dredging and disposal of sediments from harbours and the further needs for dredging and disposal were investigated by questionnaire. For most counties it is common to analyse for copper and other heavy metals prior to permission for dredging is given. Few counties have analysed for TBT (DBT and MBT) or hydrocarbons prior to permission for dredging. Only one county has analysed for irgarol in sediments prior to permission for dredging.

Most counties use a limit value for copper for dumping of dredged sediment. Typically, the limit value for copper concentration in the dredged sediment must not exceed a value higher than two times the background concentration. Generally, no limit for organic pollutants is established.

The amount of dredged sediment in 1998-99 was estimated at 0.8-0.9 mill. tons each year. The needs for the near future in 2000-2003 are estimated to 0.8-1.5 mill tons each year.

The majority of the dumping sites are located in areas with moderate to strong current and with no permanent sedimentation. Only very few places are in sediment accumulation areas. Nine counties have established deposits on land or basins for contaminated sediments. About 0.2 mill. tons contaminated sediment has been deposited in 1998 and about 0.4 tons in 1999. Some deposits are temporary and are used for drainage of the sediment for water after which the sediments are transported to more permanent deposits. No deposits are equipped with membranes and the majority has overflow outlet for water to the sea.

# 1 Baggrund

I de senere år har der været stigende fokusering på forurening af miljøet med miljøfremmede forbindelser, bl.a. blødgøringsmidler, tensider, polyaromatiske kulbrinter (PAH) og biocider i antibegroningsmidler. Forskellige undersøgelser af marine sedimenter i Danmark er bl.a. udført af Lillebælt-samterne, Århus Amt og Sønderjyllands Amt (Lillebælt-samarbejdet 1998, Århus Amt 1998 og Sønderjyllands Amt, 1998). Disse undersøgelser har påvist stærkt forhøjede koncentrationer af en række af disse miljøfremmede forbindelser. I de undersøgte sedimenter er der fundet forhøjede koncentrationer af bl.a. phthalater, nonylphenol, nonylphenoethoxylater, phosphat-triesterer, polyaromatiske hydrocarboner (PAH), biocider bl.a. tributyltin (TBT) og irgarol. På grund af typisk dårlige iltforhold i havnesedimenter vil nedbrydningen af stofferne være langsom, og der vil foregå en ophobning. De højeste koncentrationer af miljøfremmede forbindelser er fundet i havnesedimenter, og samlet kan der være tale om betydelige mængder.

Flere af de fundne stoffer, som forekommer i havnesedimenter, er biotilgængelige og giftige selv ved lave koncentrationer. Der er således bl.a. målt effekter af TBT på snegle og alger ved lave koncentrationen af TBT som hyppigt forekommer i miljøet (fx. Fent 1996, Petersen & Gustavson 1998). Flere af de fundne stoffer har egenskaber, som gør, at de bioakkumuleres i organismer, og flere stoffer kan have hormonlignende effekter. Vigtige kilder til belastningen af havnesedimenter er den kontinuerede frigivelse af biocider fra skibe malet med antibegroningsmidler, udledning fra industri og værfter, kloaktilløb, tilførsel fra istandsættelse og drift af skibe m.m.

I flere amter har man valgt at foretage en deponering på land af de mest forurenede havnesedimenter, bl.a. på grund af stærkt forhøjede indhold af antibegroningsmidler. For nærværende findes der ikke en samlet strategi eller kriterier for, hvornår havnesediment kan klappes eller skal deponeres på land. Rapporten indeholder ikke en vurdering af problemer relateret til landdeponering så som transport, afvanding, nedsivning m.m. er ikke foretaget.

# 2 Undersøgelse af havnesedimenters indhold for miljøfremmede stoffer

## 2.1 Prøvetagning

Styringsgruppen bestemte, at følgende havne skulle indgå i undersøgelsen:

- Industrihavne: Odense, Vejle, Kolding, Åbenrå samt Frederiksholmløbet i Københavns Havn;
- Oliehavne: Århus og Prøvestenen;
- Fiskerihavn: Århus;
- Lystbådehavne: Fåborg, Marselisborg, Svanemøllen og Sønderborg.

Amterne og Miljøkontrollen har foretaget selve prøveudtagningen på basis af vejledningen vedlagt i bilag 1. Prøvetagningen er foregået i november 1999.

I bilag 2 er positionerne angivet sammen med en kort beskrivelse af de udtagne sedimentprøver.

Alle prøverne er udtaget med en HAPS sedimentprøvetager med et stålrør med undtagelse af Marselisborg Lystbådehavn, hvor prøven er udtaget med en van Veen grab. Under hele prøvetagningen er det blevet sikret, at sedimentprøverne ikke er i kontakt med plast- eller gummimateriale, idet specielt DEHP let kan afgives fra disse materialer.

Hele den udtagne Haps/van Veen prøve blev efter udtagningen opbevaret i "Rilsanposer", som VKI havde fremsendt. Prøverne opbevaredes køligt, indtil de kunne nedfryses til mindst  $-18^{\circ}\text{C}$ . Alle prøver blev fremsendt nedfrosne til VKI.

Efter modtagelsen af prøverne foretog VKI frysetørring af hvert enkelt prøve, idet der samtidigt blev bestemt tørstofindhold. Disse data er angivet i bilag 3, hvor de gennemsnitlige tørstofindhold for hver havn er beregnet.

Efter formaling af de tørrede prøver i en morter har VKI fremstiller én gennemsnitsprøve for hver havn ved at udtage lige andele af de frysetørrede prøver. På denne måde er alle prøver fra havnen ligeligt fordelt i gennemsnitsprøven.

Gennemsnitsprøven blev yderligere neddelt til to prøver, hvor

- den ene prøve (ca. 50 g) blev fremsendt til DMU, som analyserede prøverne for organiske tinforbindelser;
- den anden prøve blev analyseret af VKI.

## 2.2 Kemisk Analyse

Sedimentprøverne blev analyseret med VKI's GC-MS Multi screeningsmetode efter følgende metode: Sur dichlormethan-ekstraktion af 10 g prøve og gaschromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS), som beskrevet i bilag 4. Den anvendte analysemetode er udviklet til brug i forbindelse med US EPAs liste over prioriterede forurenede stoffer (Standard Methods).

Analysemetoden for kobber er vedlagt i bilag 5.

Sedimentprøverne til analyse for Lineære Alkybenzen Sulfonater (LAS) ekstraheres med methanol ved soxhlet i 12 timer. Ekstraktet inddampes, oprenses på C18-kolonne og analyseres ved omvendt fase væskromatografi med UV- og fluorescensdetektion. Der anvendes en C8-LAS som intern standard til

kvantificeringen. Identiteten bestemmes ved sammenligning med Marlon A. LAS bestemmes som summen af C10 - C14-LAS.

Endvidere blev tørstof og glødetab bestemt i prøverne. Analysemetoden for biocider er vedlagt i bilag 6. Analysemetoden for TBT er beskrevet af Jacobsen *et. al.*, 1997.

## 2.3 Resultater

Resultaterne af de kemiske analyser er i fuldt omfang angivet i bilag 7. Analyseresultaterne er i bilag 7 inddelt efter stofgrupper:

- blødgørere;
- nonylphenoler (sum af nonylphenol + mono- og diethoxylater);
- P-triesterer (phosphat-triesterer);
- chlorbenzener m.m.;
- phenoler;
- PAH;
- chlorpesticider;
- PCB (individuel chlorbiphenyler);
- pesticider og diverse;
- LAS;
- antibegroningsmidler (inklusive kobber);
- total hydrocarboner.

Enheden for alle stoffer er  $\mu\text{g/kg}$  TS med undtagelse af kobber og total hydrocarboner, som er angivet som  $\text{mg/kg}$  TS. Endvidere er nederst i bilag 7 inkluderet glødetabet i sedimentprøverne. For de 18 identificerede PAH'er er beregnet en sum (Sum PAH). For mange af de organiske stoffer er koncentrationen under metodens detektionsgrænse, hvilket er angivet med tegnet < efterfulgt af detektionsgrænsen for det specifikke stof.

Af de i alt 113 stoffer, der blev analyseret for i havnesedimenterne, er kun 34 stoffer påvist i havnesedimenterne (over detektionsgrænsen). Det er stort set de samme stoffer, som forekommer i alle havnesedimenterne. De påviste stoffer er opsummeret i tabel 1.

**Tabel 1** Oversigt over påviste stoffer i de 12 sedimentprøver

Stofgruppe	Antal parametre målt	Antal parametre påvist	Fundet i antal sedimentprøver
Blødgørere	11	5	2-12
Nonylphenoler	1	1	12
Chlorbenzen	8	1	2
Phenol	14	1	10
PAH	18	18	9 <sup>1</sup>
PCB	7	2	1
LAS	1	1	10
Antibegroningsmidler	8	6	12 <sup>2</sup>
Hydrocarboner	1	1	12

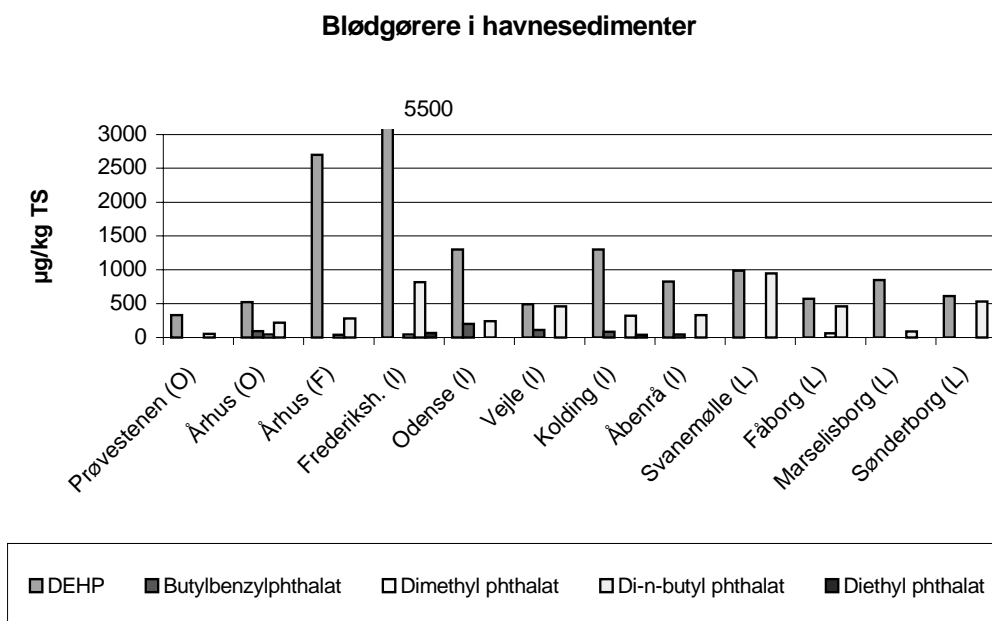
<sup>1</sup> I tre prøver er en eller flere af PAH'er under detektionsgrænsen.

<sup>2</sup> En prøve under detektionsgrænsen for irgarol. Fem prøver under detektionsgrænsen for dibutyltin og 8 prøver under detektionsgrænsen for monobutyltin.

Stofferne: P-triesterer (3), chlorpesticider (16) og pesticider og diverse (27) i havnesedimenterne var alle under detektionsgrænserne. Antibegroningsmidlerne atrazin og simazin var ligeledes under detektionsgrænsen i alle prøver.

### 2.3.1 Blødgørere

De 5 blødgørere, som blev fundet i havnesedimenterne, var bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), butylbenzylphthalat, diethylphthalat, dimethylphthalat og di-n-butylphthalat. Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) og di-n-butylphthalat blev fundet i alle prøver og i de højeste koncentrationer (figur 1). Meget høje koncentrationer af bis(2-ethylhexyl)-phthalat blev fundet i sedimenter fra Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Kolding Havn, Odense Havn og Svanemølle Lystbådehavn som vist i figur 1. Højeste koncentrationer af di-n-butylphthalat blev fundet i Svanemølle Lystbådehavn, Frederiksholmløbet, Sønderborg Lystbådehavn, Fåborg Lystbådehavn og Vejle Havn.

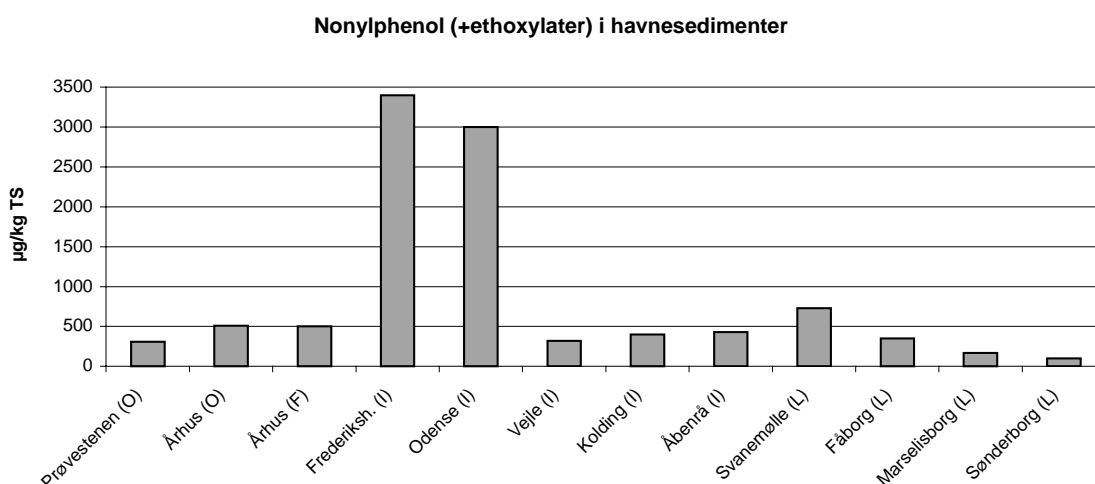


**Figur 1.** Koncentrationen af bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), butylbenzylphthalat, dimethylphthalat, di-n-butylphthalat og diethylphthalat i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn L=Lystbådehavn).

Butylbenzylphthalat blev fundet i Århus, Odense, Vejle, Kolding, og Åbenrå Havn, mens diethylphthalat kun blev fundet i Frederiksholmløbet og Kolding havn. Dimethyl-phthalat blev påvist i Århus Fiskerihavn, Århus Havn, Frederiksholmløbet og Fåborg lystbådehavn.

### 2.3.2 Nonylphenol

Nonylphenol blev fundet i alle de analyserede sedimenter i koncentrationer fra 100-3400  $\mu\text{g}/\text{kg TS}$  (figur 2). De markant højeste koncentrationer blev fundet i Frederiksholmløbet og Odense Havn .



**Figur 2** Nonylkoncentrationen i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

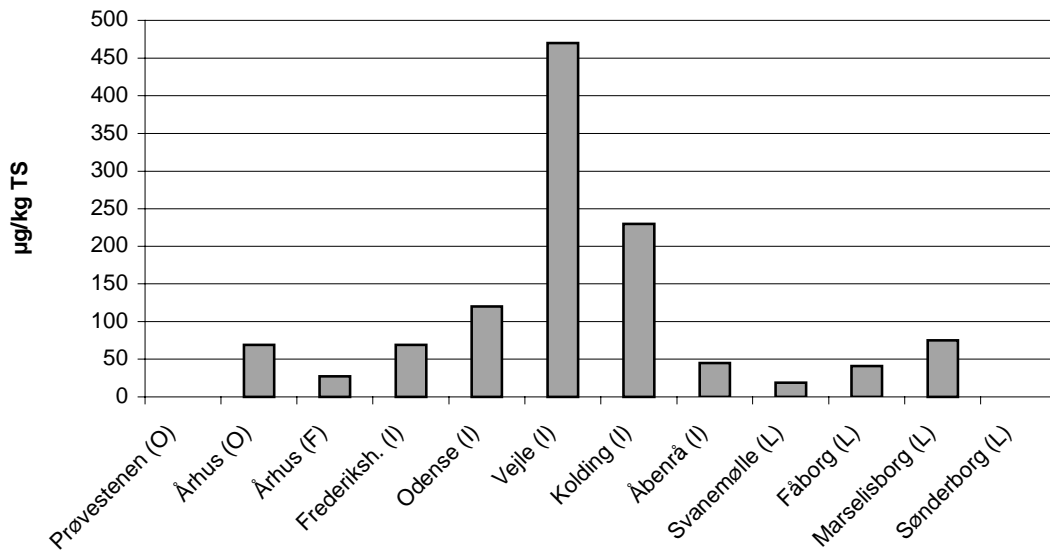
### 2.3.3 Chlorbenzener

1,4-dichlorbenzen blev kun fundet i sedimenter fra Frederiksholmløbet (29  $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ) og i Svanebøllehavnen (20  $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ).

### 2.3.4 Phenoler

Af de 14 phenoler var det kun 3/4-methylphenol, der blev fundet i alle havne med undtagelse af Prøvestenen og Sønderborg Lystbådehavn (figur 3). Højeste koncentrationer blev fundet i Vejle havn og Kolding Havn .

### 3/4-methylphenol i havnesedimenter



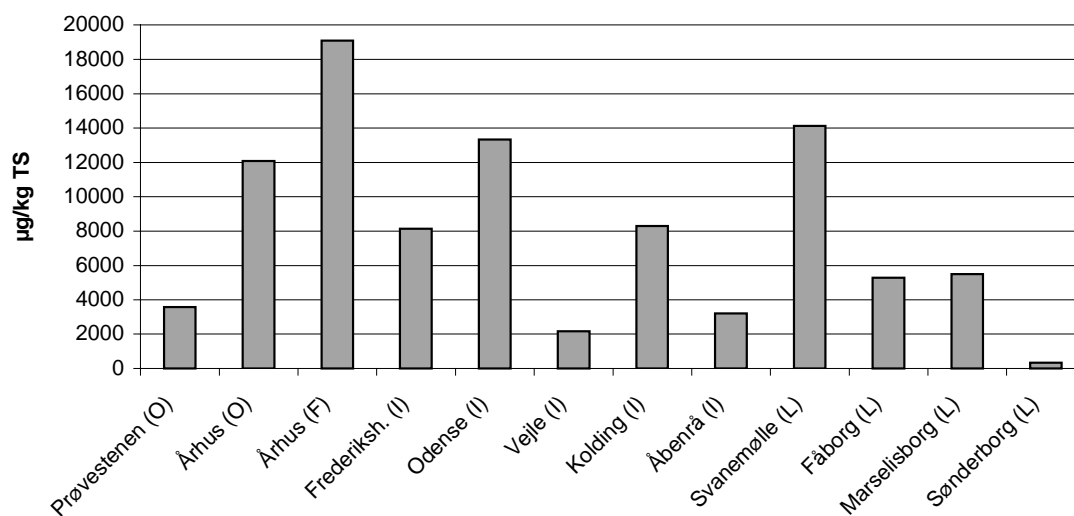
**Figur 3** 3/4-methylphenolkoncentrationen i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

#### 2.3.5 PAH

Samtlige analyserede 18 PAH'er blev fundet i alle havnesedimenter med undtagelse af Sønderborg Lystbådehavn, hvor kun 10 PAH'er blev påvist, og Vejle havn (3 PAH'er ikke påvist) og Fåborg Lystbådehavn (en PAH ikke påvist). Samlet total koncentration af alle PAH forbindelser (sum PAH) var markant højest i Århus Fiskerihavn, Svanemølle Lystbådehavn, Odense havn og Århus Havn som vist i figur 4. De laveste sum PAH'er er fundet i sedimenter fra Sønderborg Lystbådehavn g, Vejle Havn og Åbenrå Havn.



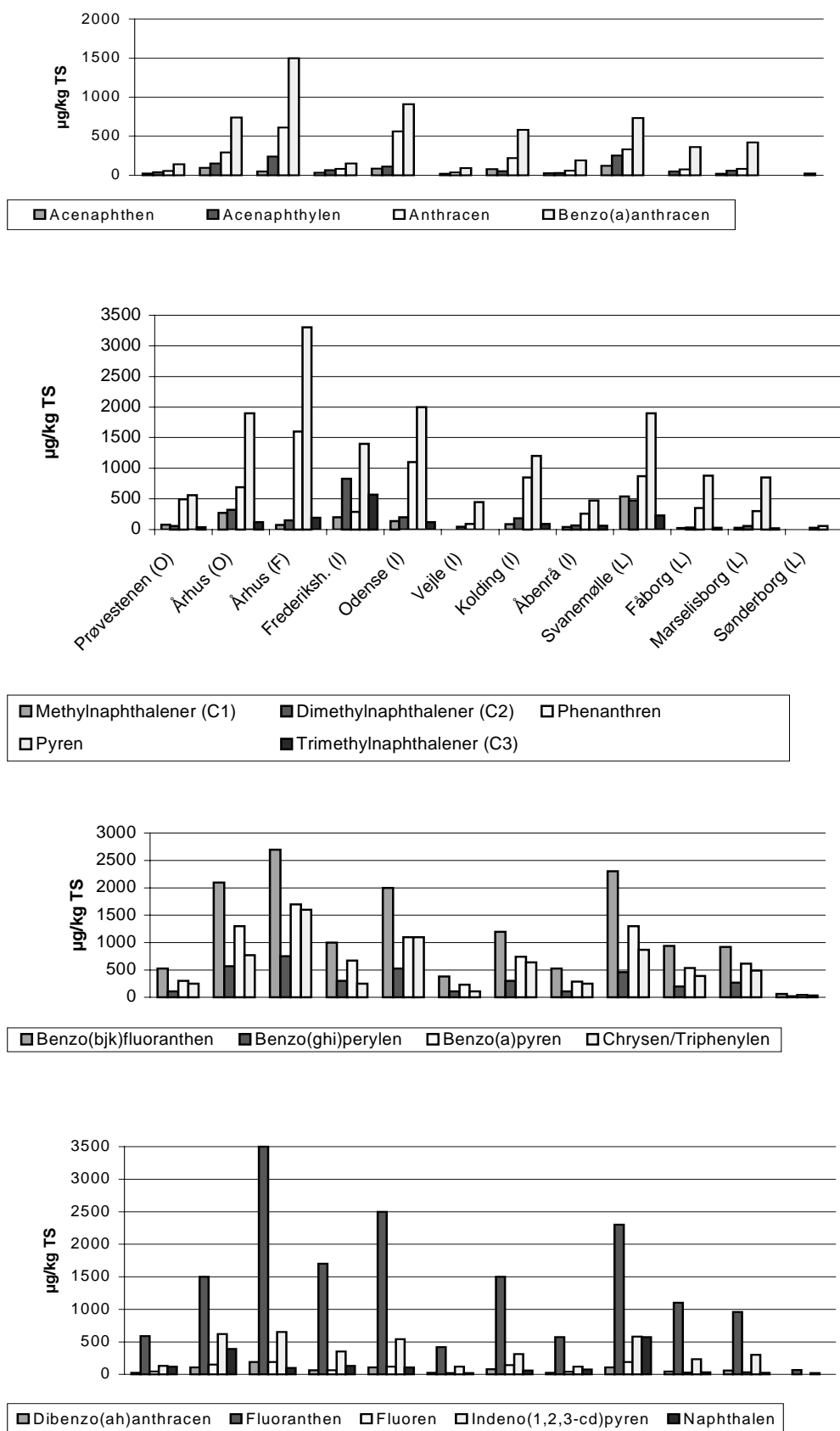
### Sum PAH i havnesedimenter



**Figur 4. Sum PAH koncentration i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).**

Som det fremgår af figur 5 er fluoranthen, pyren, benzo-fluoranthen, benzo(a)pyren, phenanthren, chrysen/triphenylen fundet i de højeste koncentrationer i sedimenterne. Acenaphthen, acenaphthylen, dibenzo(ah)anthracen og fluoren er alle fundet i koncentrationer under 250 µg/ kg TS.

PAH forbindelser i havnesedimenter



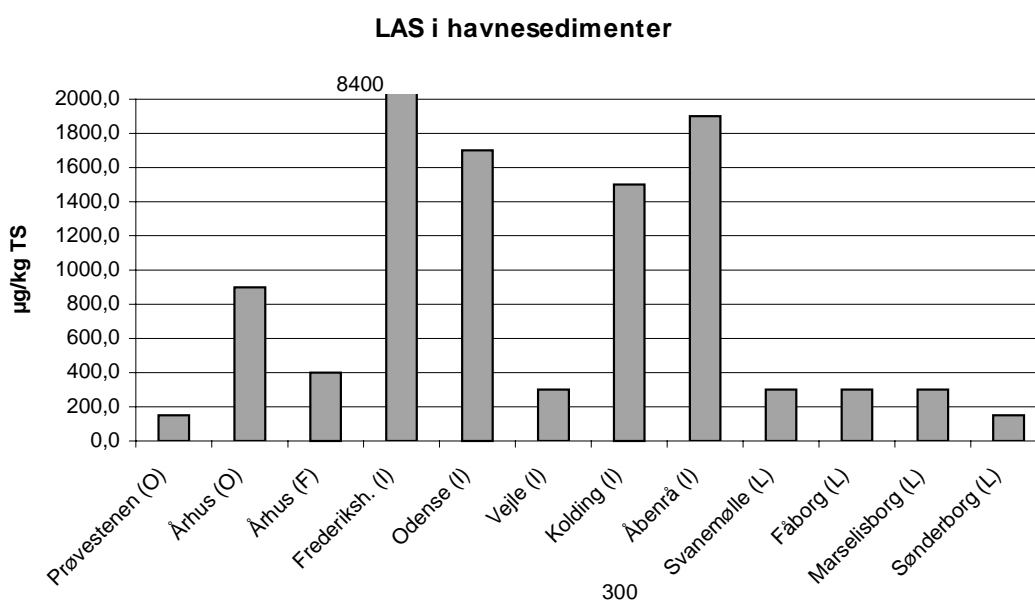
Figur 5 PAH koncentrationer i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

### 2.3.6 PCB (CB congeners)

PCB blev kun påvist i sedimentet fra Århus Havn, idet CB no. 28 (46 µg/ kg TS) og CB no. 52 (22 µg/ kg TS) lå over detektionsgrænsen på 10 µg/ kg TS. Det skal dog tilføjes, at med en lavere detekti-  
onsgrense var der nok blevet påvist flere CB'er.

### 2.3.7 LAS

LAS blev fundet i alle sedimenter (figur 6) med undtagelse af Prøvestenen og Sønderborg Lystbåde-  
havn. Som det ses af figuren er LAS koncentrationen markant højest i Frederiksholmløbet. Høje kon-  
centrationer er også fundet i Åbenrå havn , Odense , Kolding og Århus Havn . Relativt lave koncen-  
trationer er fundet i Århus Fiskerihavn, Vejle Havn, Svanemølle Lystbådehavn, Fåborg Lystbådehavn  
og Marselisborg Lystbådehavn.

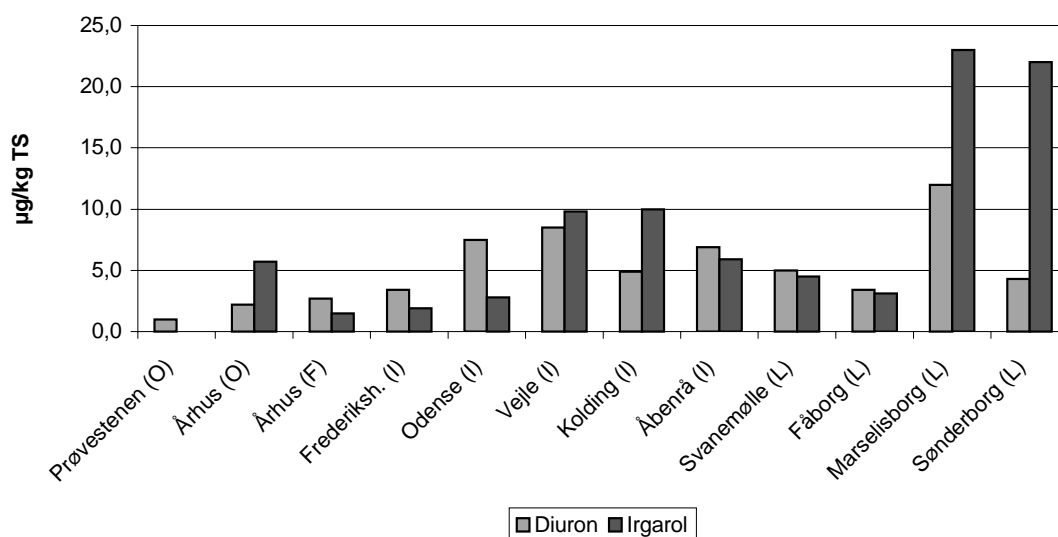


**Figur 6. LAS koncentration i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn L=Lystbådehavn).**

### 2.3.8 Antibegroningsmidler

Diuron, Irgarol er fundet i alle de analyserede havnesedimenter (figur 7 ). Højeste koncentration af diuron er fundet i sedimenter fra Marselisborg Lystbåde-havn, Vejle Havn, Odense Havn og Åbenrå Havn. Irgarol er fundet i høje koncentrationer i Marselisborg Lystbådehavn, Sønderborg Lystbåde-  
havn, Kolding Havn og Vejle Havn. Atrazin og simazin blev ikke fundet i de analyserede sediment-  
prøver.

## Antibegroningsmidler

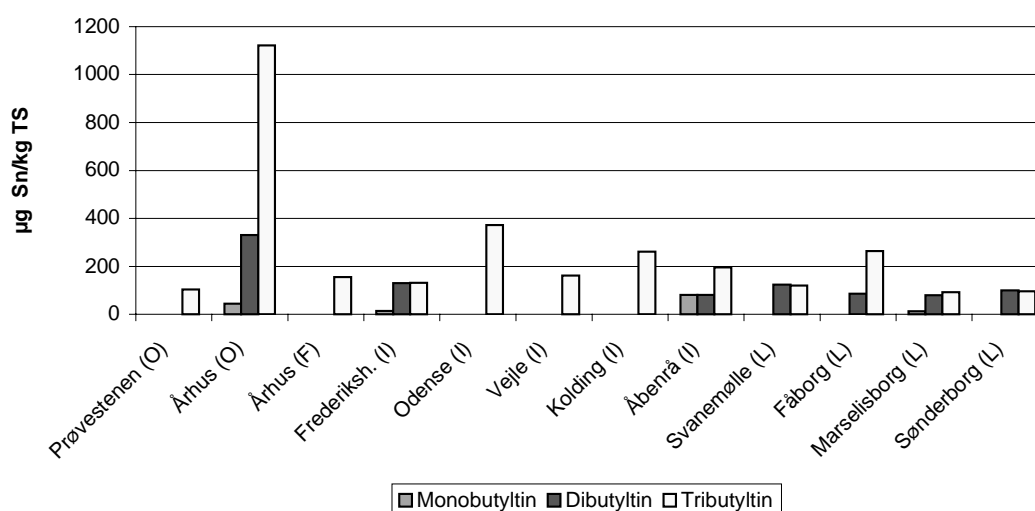


**Figur 7. Diuron og irgarol koncentration i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).**

TBT blev fundet i alle havnesedimenter (figur 8). TBT koncentrationen i havnesediment fra Århus Havn er meget høj, herefter følger Odense Havn, Fåborg Lystbådehavn og Kolding Havn. I de øvrige havnesedimenter blev der fundet fra 53-195 µg Sn/kg TS.

Det ses endvidere af figur 8, at både mono- og dibutyltin fandtes i sedimenterne fra Århus Oliehavn, Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn og Marselisborg Lystbådehavn. Dibutyltin blev ligeledes påvist i Svanemølle, Fåborg og Sønderborg lystbådehavne. Di- og monbutyltin er nedbrydningsprodukter fra TBT. TBT nedbrydes ikke eller kun meget langsomt i anaerobe sedimenter.

### Mono-, Di- og Tributyltin havnesedimenter



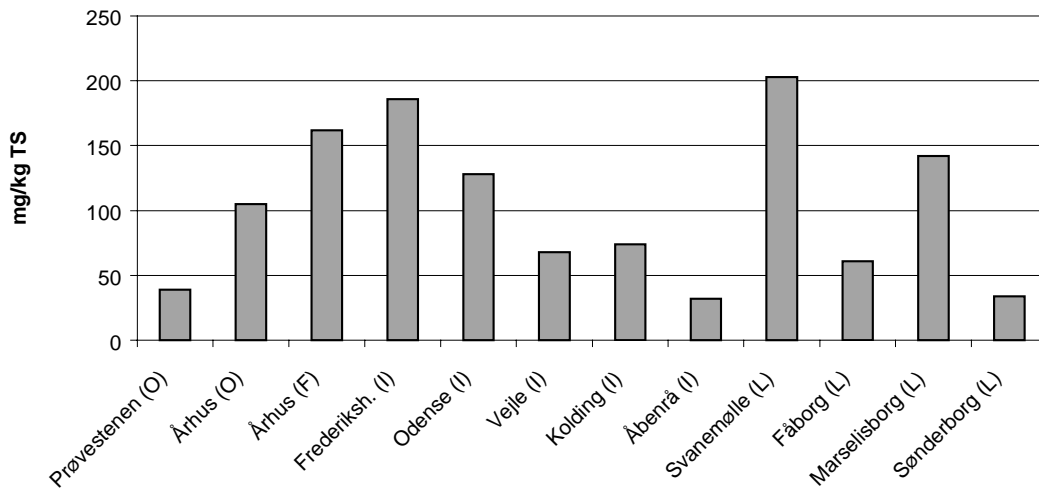
**Figur 8. MBT, DBT og TBT koncentration i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).**

#### 2.3.9 Kobber

Kobber er fundet i alle havne i koncentrationer mellem 32-203 mg Cu/ kg TS (figur 9). Koncentrationen af kobber er således 2-3 størrelsesordner over koncentrationen af de miljøfremmede stoffer. Højeste koncentrationer af kobber blev fundet i Svanemøllen Havn, Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Marselisborg Lystbådehavn og Odense Havn. For de øvrige havne ligger værdierne fra 32-105 mg Cu/ kg TS.

Typiske indhold af kobber i uforurenede sedimenter med et glødetab på 10% er ca. 25 mg Cu/ kg TS, så de fleste af sedimentprøverne har væsentligt forhøjede kobberkoncentrationer.

### Kobber i havnesedimenter

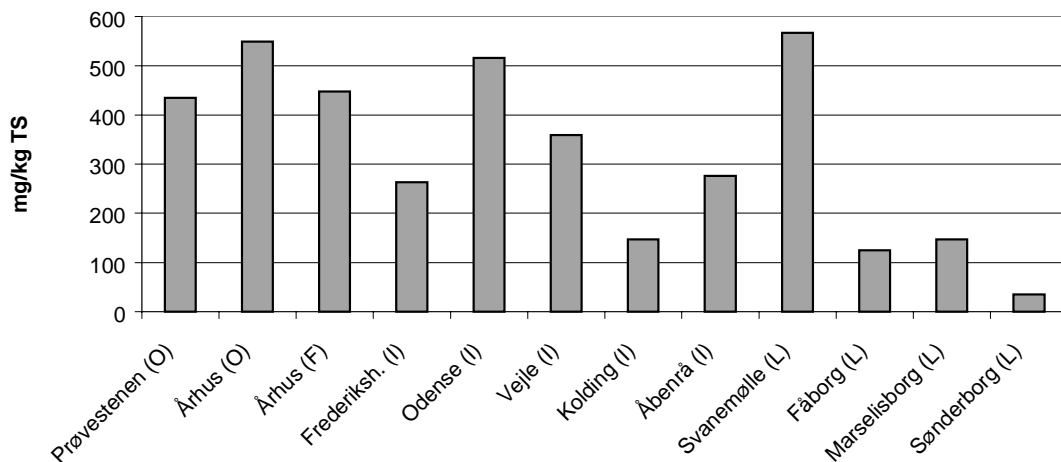


**Figur 9** Kobberkoncentration i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

### 2.3.10 Total hydrocarboner (THC)

Hydrocarboner er fundet i alle sedimenterne (figur 10). Med undtagelse af Sønderborg Lystbådehavn (35 mg THC/ kg TS) er der fundet høje koncentrationer af hydrocarboner fra 125-567 mg THC/ kg TS. De højeste niveauer er fundet i Svanemøllehavnen, Århus Havn og Odense Havn.

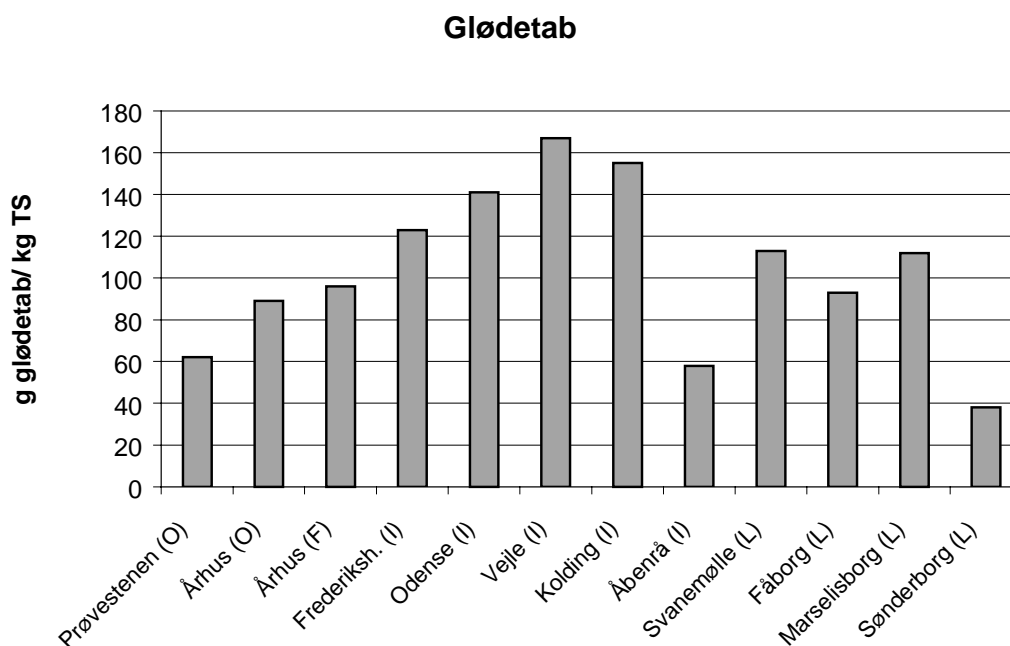
### Total hydrocarboner



**Figur 10.** Koncentration af total hydrocarboner i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

### 2.3.11 Glødetab

Glødetabet i de analyserede sedimenter var mellem 38-167 g/kg TS (figur 11) svarende til 3,8-16,7%.



**Figur 11** Glødetab i havnesedimenter. Havnetype er angivet i parenteser (O=Oliehavn, F=Fiskerihavn, I=Industrihavn, L=Lystbådehavn).

### 2.3.12 Detektionsgrænser

For en række af de undersøgte stoffer var koncentrationerne under detektionsgrænsen. Det har været ønskeligt at få så mange stoffer som muligt inkluderet i undersøgelsen indenfor de afsatte midler. Det skal pointeres, at mere følsomme analysemetoder måske kunne have påvist en række af stofferne i lavere koncentrationer, f. eks. er flere individuelle chlorbiphenyler blevet påvist i sedimenter i andre undersøgelser. Man skal derfor være forsigtig i tolkningen af resultaterne, når der er mange resultater under detektionsgrænsen.

I forbindelse med NOVA 2003 overvågningsprogrammet bliver der udviklet mere følsomme multiscreeeningsmetoder. Dette betyder dog, at færre stoffer bliver inkluderet i analysen.

## 2.4 Korrelationsanalyse

De stoffer, som er analyseret i havnesedimenterne i dette projekt, har alle en relativ stor affinitet for organisk stof. For at undersøge, om der er en sammenhæng mellem de fundne stofkoncentrationer og indholdet af organisk stof, er korrelationen mellem sedimenternes glødetab og stofkoncentrationerne på tørvægtsbasis undersøgt (tabel 2). Af tabellen fremgår det, at der kun er en signifikant positiv korrelation mellem glødetab og butylbenzylphthalat samt 3/4-methylphenol i sedimentet. De øvrige r-værdier er alle lave med r-værdier under 0,58.

**Tabel 2** *Korrelation mellem glødetab og stofkoncentration på tørvægtsbasis. Tabellen angiver r-værdier. Korrelationen er signifikant på 95% signifikansniveau, hvis r-værdien er større end 0,58; n=12.*

	Glødetab (g/kg TS)
DEHP	0,42
Butylbenzylphthalat	<b>0,64</b>
Dimethyl phthalat	0,14
Di-n-butyl phthalat	0,32
Nonylphenol (+ethoxylater)	0,49
3/4-methylphenol	<b>0,80</b>
Sum PAH	0,42
LAS	0,41
Diuron	0,53
Irgarol	0,12
Monobutyltin	0,00
Dibutyltin	0,05
Tributyltin	0,28
Kobber	0,50
Total hydrocarboner	0,30

For at undersøge om nogle stoffer "følger" hinanden som et resultat af stoffernes specifikke egenskaber, tilførsler, havnetype, m.m., er korrelationen mellem stofkoncentrationen for de enkelte stoffer (Tabel 3) blevet beregnet. Af Tabel 3 fremgår, at der er en signifikant positiv korrelation mellem DEHP og dimethylphthalat, Di-n-butylphthalat, nonylphenol, LAS og kobber. Indholdet af butylbenzylphthalat korrelerer med indholdet af nonylphenol, 3/4-methylphenol og TBT. Endvidere korrelerer dimethylphthalat med DBT og TBT og nonylphenol med LAS og kobber. Sum PAH korrelerer positivt med kobber og total hydrocarboner. Det ses endvidere, at irgarol korrelerer positivt med diuron. Endelig korrelerer TBT med DBT og DBT, hvilket er naturligt, da DBT og DBT er nedbrydningsproduktet af TBT.



**Tabel 3** Korrelationsmatrix med *r*-værdier for sammenhængen mellem de enkelte stofkoncentrationer fundet i havnesedimenterne. Tabellen angiver *r*-værdier og korrelationen er signifikant på 95% signifikansniveau, hvis *r*-værdien er større end 0,55.

	DEHP	Butylbenzylphthalat	Dimethyl phthalat	Di-n-butyl phthalat	Nonylphenol	3/4-methylphenol	Sum PAH	LAS	Diuron	Irgarol	Monobutyltin	Dibutyltin	Tributyltin	Kobber	Total hydrocarboner	
Butylbenzylphthalat	0,24	1,00														
Dimethyl phthalat	<b>0,59</b>	0,09	<b>1,00</b>													
Di-n-butyl phthalat	<b>0,62</b>	0,11	0,36	1,00												
Nonylphenol	<b>0,82</b>	<b>0,56</b>	0,40	0,51	1,00											
3/4-methylphenol,	0,34	<b>0,71</b>	0,13	0,31	0,33	1,00										
Sum PAH	0,54	0,40	0,49	0,32	0,50	0,17	1,00									
LAS	<b>0,93</b>	0,36	0,53	<b>0,61</b>	<b>0,86</b>	0,40	0,36	1,00								
Diuron	0,22	0,50	-0,11	0,18	0,28	<b>0,62</b>	0,10	0,28	1,00							
Irgarol	0,12	0,20	-0,07	0,17	-0,01	0,39	-0,11	0,15	<b>0,71</b>	1,00						
Monobutyltin	0,36	0,39	0,31	0,21	0,29	0,29	0,21	0,51	0,39	0,28	1,00					
Dibutyltin	0,40	0,28	<b>0,59</b>	0,44	0,34	0,20	0,37	0,50	0,17	0,35	<b>0,67</b>	1,00				
Tributyltin	0,31	<b>0,65</b>	<b>0,56</b>	0,18	0,38	0,42	0,52	0,41	0,19	0,22	<b>0,63</b>	<b>0,84</b>	1,00			
Kobber	<b>0,69</b>	0,18	0,39	<b>0,57</b>	<b>0,62</b>	0,17	<b>0,79</b>	0,55	0,30	0,06	0,10	0,39	0,27	1,00		
Total hydrocarboner	0,23	0,48	0,18	0,20	0,40	0,22	<b>0,71</b>	0,19	0,01	-0,32	0,27	0,35	0,53	0,53	1,00	

Dette viser en vis ensartethed i egenskaberne for blødgørerne, nonylphenoler og LAS m.h.t binding til sedimenterne.

For at undersøge, hvor meget de enkelte havne ligner hinanden m.h.t. de fundne stoffer og koncentrationen af disse, er der foretaget en tredje korrelationsanalyse. Korrelationsanalysen er foretaget på normaliserede data, for at alle stoffer får samme vægt i analysen. *r*-værdier for korrelationerne er angivet i tabel 4. Det fremgår af tabel 4, at forekomsten i Prøvestenen signifikant korrelerer med Århus Fiskerihavn, Odense Havn og Svanemølle Lystbådehavn. Århus Fiskerihavn korrelerer signifikant med Svanemølle Lystbådehavn og Fåborg Lystbådehavn. Tilsvarende ligner forekomsten i Odense Havn forholdene i Vejle Havn og Kolding Havn. Endvidere korrelerer Vejle og Kolding Havn med hinanden. Koncentrationsprofilerne i Marselisborg Lystbådehavn ligner den, som er fundet i Kolding Havn, og Sønderborg Lystbådehavn.

I tillæg er der udført analyser ved hjælp af multivariabel statistik (MDS). Som korrelationsanalysen viser disse analyser, at der ikke kan siges noget generelt om, hvilke forbindelser der findes i de enkelte havnetyper.

**Tabel 4** Korrelation mellem de enkelte havne. En høj korrelation mellem to havne angiver, at koncentrationsprofilen i de to havne ligner hinanden. Tabellen angiver r-værdier. Korrelationen er signifikant på 95% signifikansniveau, hvis r-værdien er større end 0,48.

	Prøvestenen (O)	Århus (O)	Århus (F)	Frederiksh. (I)	Odense (I)	Vejle (I)	Kolding (I)	Åbenrå (I)	Svanemølle (L)	Fåborg (L)	Marselisborg (L)
Århus (O)	0,41										
Århus (F)	<b>0,62</b>	0,27									
Frederiksh. (I)	0,16	-0,31	0,40								
Odense (I)	<b>0,62</b>	0,02	0,38	0,08							
Vejle (I)	0,44	-0,16	0,11	-0,17	<b>0,51</b>						
Kolding (I)	0,41	-0,16	0,29	0,00	<b>0,57</b>	<b>0,85</b>					
Åbenrå (I)	0,18	0,08	-0,20	-0,29	-0,04	0,09	-0,04				
Svanemølle (L)	<b>0,68</b>	0,22	<b>0,67</b>	0,34	0,44	0,34	0,39	0,09			
Fåborg (L)	0,19	0,29	<b>0,52</b>	0,32	-0,05	0,14	0,20	-0,25	0,29		
Marselisborg (L)	0,22	-0,12	0,18	-0,13	0,19	0,48	<b>0,55</b>	0,23	0,36	0,11	
Sønderborg (L)	-0,11	-0,19	-0,17	-0,13	-0,22	0,20	0,23	0,08	0,24	0,08	<b>0,64</b>

## 2.5 Beskrivelse af de undersøgte havne

De enkelte havne er blevet karakteriseret m.h.t. betydende kilder til belastning, morfometri, oprensningshyppighed m.m.. De væsentligste oplysninger er vist i tabel 4. Det fremgår af tabellen, at Frederiksholmløbet sidst er blevet oprenset i 1975, Odense Havn i 1972, Fåborg Lystbådehavn i 1980 og Århus Fiskerihavn i 1989. Sønderborg Lystbådehavn er aldrig blevet oprenset i det bassin, hvor prøverne er udtaget. Marselisborg Lystbådehavn blev bygget i 1990 og er ikke endnu blevet oprenset. Svanemølle, Prøvestenen, Horsens og Vejle Havne blev delvist oprenset i 1999; men ikke hvor sedimentprøverne er blevet udtaget. Århus Industrihavn blev oprenset i 1996.

Det fremgår endvidere af tabel 5, at der i de fleste havne stadig kan være udledning af spildevand i mindre mængder, bl.a. fra overløbsbygværker. Desuden tilføres også forurenende stoffer med overfladeafstrømningen fra de befæstede havnearealer.

Sedimentbeskrivelserne i bilag 2 viser, at sedimenterne er af forskellig type og "alder". Med undtagelse af sedimentet i Fåborg Lystbådehavn er sedimenterne typisk sorte med svovlbrinte-lugt og ofte uden makrofauna, hvilket indikerer anaerobe forhold. Beskrivelsen af sedimentet i Fåborg Lystbådehavn indikerer et mere oxideret, sandet sediment. Nedbrydningen af de analyserede stoffer er generelt ringe under anaerobe forhold, så fundne stoffer kan være tilført for mange år siden.

**Table 5** *Beskrivelse af de enkelte havne, hvor sedimentprøver er udtaget.*

<sup>1</sup>Marselisborg Havn blev åbnet i 1990 og er ikke endnu blevet oprenset.

<sup>2</sup>Havnen blev delvist oprenset i 1999; men ikke hvor prøverne er udtaget.

<sup>3</sup>Der kan forekomme spildevand i området i forbindelse med overløb fra fælleskloakerede områder; men ingen direkte udløb i havnen.

Havn	Type	Dybde m	Strøm- hastighed	Sedimentations- rate	Sedimentlag tykkelse m	Overløbs- bygværker	Industri	Lystbåde	Trafik	Drift	Vandløb	Befæstet Areal	Olie	Oprensning	
														År	Hyppighed år
Århus	Industri+olie	10	lav	høj	0,1-0,5	x	x		x	x	x	x	x	1996	3
Århus	Fiskeri+lystbåde		lav	middel	0,1-0,5	x	x	x		x		x		1989	sjældent
Marselisborg <sup>1</sup>	Lystbåde	3	lav	lille	<0,2			x				x		nej	aldrig
Horsens <sup>2</sup>	Industri+lyst.+færge	7	lav	middel	0,1.-0,5	x				x		x		1999	4-5
Vejle <sup>2</sup>	Industri+lystb.	7	lav	middel	0,1-0,5	x				x		x		1999	4-5
Kolding	Industri+lystb.	7	lav	middel	0,1-0,5						x	x			4-5
Frederiksholmløb	Blandet	4	lav	høj	0,5-1,5	x	x	x				x		1975	
Svanemølle <sup>2</sup>	Lystbåde	2,5	lav	høj		x		x				x		1999	delvist oprenset
Prøvestenen <sup>2</sup>	Olie	11	lav	høj	0,5-1,5		x					x	x	1999	
Sønderborg	Lystbåde	3	lav	lav	0,1-0,2			x				x		nej	20
Åbenrå	Industri	7-11	lav	middel	0,2-0,5	x	x			x	x	x	x	1997	5-7
Fåborg	Lystbåde	3	lav	lille	1,5	x <sup>3</sup>		x				x <sup>3</sup>		1980	
Odense	Industri+trafik	7,5	lav	lille			x		x			x		1972	20

## 2.6 Konklusion på indholdet af miljøfremmede stoffer i de analyserede havnesedimenter

Af de i alt 113 stoffer, som blev analyseret, er der kun fundet 34 stoffer i de analyserede havnesedimenterne. Generelt er det de samme 34 stoffer, som forekommer i alle havnesedimenter. Tabel 6 giver en oversigt over antallet af fundne stoffer.

**Tabel 6** *Oversigt over påviste stoffer i de 12 sedimentprøver*

Stofgruppe	Antal parametre målt	Antal parametre påvist	Fundet i antal sedimentprøver
Blødgørere	11	5	2-12
Nonylphenoler	1	1	12
Chlorbenzen	8	1	2
Phenol	14	1	10
PAH	18	18	9 <sup>1</sup>
PCB	7	2	1
LAS	1	1	10
Antibegroningsmidler	8	6	12 <sup>2</sup>
Hydrocarboner	1	1	12

<sup>1</sup> I tre prøver er en eller flere af PAH'er under detektionsgrænsen.

<sup>2</sup> En prøve under detektionsgrænsen for irgarol. Fem prøver under detektionsgrænsen for dibutyltin og 8 prøver under detektionsgrænsen for monobutyltin.

Belastningen i de enkelte havne er meget afhængig af hvilke stof, som man ser på. Der er fundet de højeste koncentrationer (rækkefølgen er med aftagende indhold) af

- blødgørere i Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Odense Havn, Koldign Havn og Svanemølle Lystbådehavn;
- nonylphenol i Frederiksholmløbet og Odense havn;
- ¾-methylphenol i Vejle havn og Kolding Havn;
- sum PAH'er i Århus Fiskerihavn, Svanemølle Lystbådehavn, Odense havn og Århus Havn;
- LAS i Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn, Odense Havn og Kolding havn;
- diuron i Marselisborg Lystbådehavn, Vejle Havn og Odense Havn;
- irgarol i Marselisborg Lystbådehavn og Sønderborg Lystbådehavn;
- TBT i Århus Havn og Odense Havn;
- DBT i Århus Havn;
- kobber i Svanemølle Lystbådehavn, Frederiksholmløbet, Århus Fiskerihavn, Marselisborg Lystbådehavn og Odense Havn;
- total hydrocarboner i Svanemølle Lystbådehavn, Århus Havn og Odense Havn.

I de øvrige havne er de fundne niveauer noget lavere. Nedbrydningsprodukterne fra TBT, som er mono- og dibutyltin, fandtes i sedimenterne fra Århus Oliehavn, Frederiksholmløbet, Åbenrå Havn og Marselisborg Lystbådehavn. Dibutyltin blev ligeledes påvist i Svanemølle, Fåborg og Sønderborg lystbådehavne.

Ovennævnte oversigt over de højeste koncentrationer viser, at belastningen af sedimentet (tallet viser hyppighed af høje koncentrationer) generelt er højest i Odense Havn (7), hvorefter følger Frederiksholmløbet (4), Svanemølle Havn (4), Århus Fiskerihavn (3) og Marselisborg Lystbådehavn (3). Dette hænger formentlig sammen med, at disse havne ikke er blevet oprenset i mange år, henholdsvis 1972, 1975, (Svanemøllen: sidste oprensingsår ukendt), og 1989. Marselisborg Lystbådehavn blev bygget i 1990 og er ikke endnu blevet oprenset. Derimod optræder Fåborg Lystbådehavn ikke i listen over havne med høje koncentrationer; men det skyldes formentlig, at sedimentet er noget sandet, og der ikke er nogen udledninger til lystbådehavnen. De koncentrationer, som forekommer, vil udover sidste oprensning afhænge af kilder, sedimentationsforhold, iltforhold i sedimentet m.m.

De udførte korrelationsanalyser viser, at der generelt ikke er en sammenhæng mellem glødetabet af sedimentet og de fundne stofkoncentrationerne. Der er en positiv sammenhæng mellem forekomsten af DEHP og dimethylphthalat, Di-n-butylphthalat, nonylphenol, LAS og kobber. Indholdet af

butylbenzylphthalat korrelerer med indholdet af methylphthalat og TBT. Endvidere korrelerer nonylphenol og di-n-butylphthalat med kobber. Sum PAH korrelerer positivt med kobber og total hydrocarboner. . Det ses endvidere, at irgarol korrelerer positivt med diuron. Endelig korrelerer TBT med DBT og DBT, hvilket er naturligt, da DBT og DBT er nedbrydningsproduktet af TBT.

Koncentrationsmønstrene af stofferne er ved korrelationsanalysen fundet signifikant ens i flere havne, hvilket indikerer, at det er belastningerne, som styrer sedimentationen af stofferne. Prøvestenen korrelerer med Århus Fiskerihavn, Odense Havn og Svanemølle Lystbådehavn. Århus Fiskerihavn korrelerer signifikant med Svanemølle Lystbådehavn og Fåborg Lystbådehavn. Tilsvarende ligner forekomsten i Odense Havn forholdene i Vejle Havn og Kolding Havn. Endvidere korrelerer Vejle og Kolding Havn med hinanden. Koncentrationsprofilerne i Marselisborg Lystbådehavn ligner den, som er fundet i Kolding Havn, og Sønderborg Lystbådehavn.

Generelt kan det konkluderes, at der ikke bortset fra sedimentets alder er entydig sammenhæng mellem sedimentets forureningsgrad og havnenes anvendelse.

## 3 Kortlægning af nuværende og fremtidige behov for klappning og deponering af havnesedimenter

Den anden del af projektet har bestået i at foretage en gennemgang af amternes nuværende strategi for klappning og deponering af havnesedimenter, herunder en oversigt over det fremtidige behov for oprensning af sediment og deponeringsmuligheder. Et spørgeskema blev udarbejdet og fremsendt af Miljøstyrelsen til alle amterne, Miljøkontrollen og Statshavneadministrationen. I det følgende gives et oversigt over de indkomne svar.

### 3.1 Tidligere undersøgelser for miljøfremmede stoffer i havnesedimenter

I tabel 7 er givet en oversigt over svarene på spørgsmål no. 4:

”Er havnesedimenter blevet analyseret for antibegroningsmidler, LAS, total olie og organiske forureninger. I givet fald bedes man rapportere de fundne niveauer for de undersøgte havnesedimenter, samt tørstof og glødetabsværdier for prøverne.”

Antallet af havne, som er blevet undersøgt i de forskellige amter, varierer fra en enkelt havn til flere havne. Glødetabet er altid blevet analyseret sammen med de øvrige analyser. Hovedparten af amterne har undersøgt indholdet af kobber i havnesedimenterne, fordi det har indgået i undersøgelser af andre tungmetaller i havnesedimenter. Undersøgelser af indholdet af TBT er blevet foretaget af amterne i København, Frederiksborg, Fyn, Sønderjylland, Ribe og Nordjylland, som vist i tabel 7. Det er stort set kun Lillebæltsamterne, 1998, og Århus Amt, 1998, der har undersøgt sediment for organiske forureninger. Fem amter har undersøgt indholdet af total hydrocarboner i havnesedimenter.

Sammenslutningen af danske Havne har svaret på spørgeskemaet, som blev sendt til Statshavneadministrationen. De har udarbejdet en fyldig oversigt over analyse af total tin, org. tin, TBT, DBT og MBT. Oplysninger er hovedsaglig baseret på tidligere publiceret materiale (Miljøstyrelsen, 1998 og 1993, Sønderjyllands Amt, 1998), samt undersøgelser foretaget af Fyns Amt af sediment fra Odense Havn og Lindøværftet. Desuden er inkluderet data fra endnu ikke rapporterede undersøgelser foretaget af DMU i samarbejde med Ribe og Sønderjyllands Amt samt Esbjerg Havn over antibegroningsmidler i Vadehavet samt Esbjerg og Rønmø Havn. I tabel 8 er også inkluderet data fra denne oversigt. Data fra Miljøstyrelsen, 1998 og 1993, er ikke inkluderet i tabel 8.

Det fremgår af tabel 8, at meget høje koncentrationer af TBT er fundet i Rungsted Havn (1844 µg Sn/kg TS), Årø Sund Fiskerihavn (48-1500 µg Sn/kg TS) og Lindøværftet (343-5712 µg Sn/kg TS). I nærværende undersøgelse er der fundet op til 1122 µg Sn/kg TS i Århus Havn (figur 8). De fundne niveauer ved Lindøværftet er meget høje. Desuden er der fundet en meget højt indhold af irgarol i Augustenborg Lystbådehavn (380 µg Sn/kg TS). Dette indhold er meget forhøjet i forhold til nærværende undersøgelse, hvor der maksimalt er fundet 23 µg Sn/kg TS (figur 7).

Tabel 7 Oversigt over analyserede havnesedimenter

Amt	Kobber	TBT <sup>1</sup>	Irgarol/ Diuron/ Triazin	Organiske forurenninger	Total hydrocarboner	Havne undersøgt
Københavns Kommune	ja	Sn/TBT	nej	nej	nej	Svanemøllen+Orientbassinet
København	ja	TBT	nej	nej	nej	Hvidovre
Frederiksborg	ja	Sn/TBT	nej	nej	ja	Lynæs, Rungsted, Hundested, Gilleleje, Nivå (THC), Helsingør Skibsværft (THC)
Roskilde	ja	Sn	nej	få analyser	ja	Gardershøj Lystbådehavn, Køge Lystbådehavn, Køge Nordhavn, Roskilde Havn
Vestsjælland	?	nej	nej	phenol, cresol, xyleneol	ja	Stignæs, Kalundborg
Storstrøm	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Bornholm	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Fyn	ja	ja	nej	ja <sup>2</sup>	<sup>3</sup>	Marstal, Søby, Bagenkop, Fåborg, Ærøskøbing, Lindø Værft, Sejlrende Odense Fjord, Kerteminde og Lundeberg.
Sønderjylland	ja	TBT	Irgarol	ja <sup>2</sup>	nej	Rømø, Augustenborg lystb., Kalvø, Årøsund, Haderslev, Augustenborg, Sønderborg Lystb. og Åbenrå Lystb.
Ribe	ja	<sup>4</sup>	<sup>4</sup>	<sup>4</sup>	ja	Esbjerg
Vejle	ja	nej	nej	ja <sup>2</sup>	nej	<sup>2</sup>
Århus	ja	Sn	nej	ja	Århus Havn, 1989	Århus og Randers samt Århus Bugt, Stavns Fjord, Randers Fjord, Mariager Fjord
Ringkøbing						Ingen besvarelse, da Amtet har højere prioriterede opgaver.
Viborg	nej	nej	nej	nej	nej	nej
Nordjylland	ja	TBT	nej	nej	nej	Gjøl Lystbådehavn (TBT) og Frederikshavn ved at blive undersøgt for TBT,

<sup>1</sup> Sn/TBT betyder, at total tin og/eller TBT er blevet analyseret.

<sup>2</sup> Lillebæltsamarbejdet, 1998, har foretaget undersøgelser af sedimenterne i kystområder samt i det åbne Lillebælt.

<sup>3</sup> Fyns Amt har undersøgt enkelte havnesedimenter for indhold af PAH'er.

<sup>4</sup> DMU er ved at færdiggøre en rapport til Ribe og Sønderjyllands Amt over antibegroningsmidler og PAH'er i Vadehavet samt Esbjerg og Rømø Havn.

### 3.2 Grænseværdier for miljøfremmede stoffer

I dette afsnit resumeres i tabel 9 svarene på spørgsmålet:

”Beskriv de grænseværdier, som amtet anvender for klappning af havnesediment med indhold af ovennævnte stoffer, og/eller beskriv amtets fremtidige strategi for klappning/deponering af havnesedimenter indeholdende disse stoffer.”

Tabel 9 viser, at de fleste amter har grænseværdier for kobber vedr. klappning af opgravet sediment. Derimod har ingen af amterne fastsat grænseværdier for de øvrige miljøfremmede stoffer med undtagelse af Fyns Amt, som har anvendt en grænseværdi for TBT, som nu er under revision. Vejle Amt og delvist Århus Amt har udarbejdet en strategi for klappning/deponering af forurenede havnesedimenter. Flere amter efterlyser, at Miljøstyrelsen udarbejder ensartede retningslinier for fastlæggelse af grænseværdier for de undersøgte stoffer vedr. klappning/deponering af opgravede havnesedimenter.

**Tabel 8 Oversigt over analyser af TBT, DBT, MBT og Irgarol i havnesedimenter ( $\mu\text{g Sn/kg TS}$ ).  
<d.l. = koncentration lavere end detektionsgrænsen. IK = ikke kvantificeret.**

Havn	År	TBT	DBT	MBT	Irgarol
<b>Københavns Amt</b>					
Hvidovre Lystbådehavn	1999	222-274	62-102	151-220	
<b>Frederiksborg Amt</b>					
Lynæs Havn	1999	220±2	47±1	12±2	
Gilleleje C	1999	136	29	20	
Gilleleje B	1999	58±11	5,9±0,7	<2	
Rungsted S1	1998	1844±76	211±17		
Rungsted S2	1998	890±1	276±1		
Rungsted S3	1998	162±18	106±6		
<b>Sønderjyllands Amt</b>					
Rømø	1998	23-61	1,3-9,9	<1	
Augustenborg Lystbådehavn	1998	205-291			380
Kalvø Havn	1998	54-120	11-23	7-22	
Årøsund Fiskerihavn	1998	48-1500	6,7-170	2,3-32	
Haderslev Havn	1998	47	78	11	3,5
Augustenborg Havn	1998	29	58	17	18,5
Sønderborg Lystbådehavn	1998	51	4	1	10
Åbenrå Lystbådehavn	1998	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.
<b>Fyns Amt<sup>1</sup></b>					
Marstal Færgehavn. 98, T	1998	33	10	IK	
Søby industrihavn (værft), 97, A	1997	5201	1082	1185	
Søby Fiskerihavn, 97, A	1997	1681	280	IK	
Søby Færgehavn, 97, A	1997	1154	176	IK	
Søby Lystbådehavn, 97, A	1997	1293	414	192	
Bagenkop Færgehavn. 98, T	1998	11 – 17	IK-2,67	<d.l.	
Fåborg Værft, udenfor molen. 99	1999	82	34	23	
Ærøskøbing Havn. 99, A	1999	757	145	56	
Marstal Industrihavn. 99, A	1999	1.614	155	88	
Lindø Terminal, svejebassin, før oprensning	1997	352-397	10-12	3-5	
Lindø Terminal, svejebassin, efter oprensning	1998	155	22	<2	
Sejlløb på fjorden, ved Flintholm	1996	170			
Sejlløb på fjorden, ved Flintholm	1997	41	51	8	
Sejlløb på fjorden, ved Flintholm	1997	198	434	28	
Kanalen ved spulefelt	1997	49-72	<20	<20-38	
Klapplads i Kattegat	1997	1-2	<20	<20	
Lindøvværftet	1998	343-5712	29-145	<24	
Bagenkop Fiskerihavn, 99, A	1999	171	53	11	
BagenkopHavn bassin 3, 99, A	1999	234	42	20	
Kerteminde Lystbådehavn, 99	1999	38	14	14	
Kerteminde Fiskerihavn, 99	1999	1908	307	161	
Lundeborg Havn, 99	1999	128	13	3,3	
<b>Vejle Amt</b>					
Kolding, ny lystbådehavn	1999	38-103	<2-51	<2-10	
<b>DMU/Ribe og Sønderjyllands Amt</b>					
Rømø	1998	24-61	<1-10	<1	
Vadehavet 10 forskellige lokaliteter	1998	<0,2-4,0	<0,2-2,5	<0,2-3	
Esbjerg Havn – forskellige bassiner	1998	3-96	<2	<1	
<b>Nordjyllands Amt (Gjøl Havn)</b>					
Fruens Holm, st. 1	1998	2,50±0,63	<0,3	<0,3	
Fruens Holm., st. 2	1998	0,47±0,02	<0,3	<0,3	
Gjøl st. 3	1998	0,18±0,04	<0,3	<0,3	
Gjøl sejltrede, st. 4	1998	0,07±0,01	<0,3	<0,3	
Nibe Bredning, st. 5	1998	0,19	<0,3	<0,3	

**Tabel 9 Oversigt over grænseværdier for klappning af miljøfremmede stoffer.**

<sup>1</sup> I skemaet er de havne, hvor det målte indhold af TBT har givet anledning til et afslag på ansøgning om klaptilladelse mærket med A og de havne, hvor der efter målingen er udstedt klaptilladelse er mærket med T. Der er endnu ikke truffet afgørelse i sagerne om Lundeborg Havn og Kerteminde Havn. De havne som ikke er mærket med A eller T er havne, hvor andre forurenende stoffer ( f.eks. tungmetaller) har givet anledning til et afslag.



Amt	Kobber	TBT/ Irgarol/ Diuron/ Triazin	Organiske foruren- inger	Total hydro- carboner	Kommentarer
Københavns Kommune	nej	nej	nej	nej	Alle havnesedimenter er forurenede og deponeres på et depot ved Lynetten bortset fra en lille mængde fra Sundby Sejlforening. Derfor ingen grænseværdier fastsat.
København	nej	nej	nej	nej	Ingen formulerede grænseværdier eller fremtidig strategi.
Frederiksborg	ja	nej	nej	nej	Grænseværdi for Cu svarende til diffust belastet sediment og afhængig af glødetab. Ingen fremtidig strategi.
Roskilde	nej	nej	nej	nej	Forventer at anvende detektionsgrænserne som grænseværdi for klappning. For landdeponering skeles til "Vejledning i håndtering og bortskaffelse af forurenede og rensede jord på Sjælland og Lolland-Falster.
Vestsjælland	ja	nej	nej	nej	Enkelte tilfælde anvendt 2x baggrundsværdien for Cu (ca. 10 mg Cu/kg). Fremtidig strategi ikke fastlagt, da udspil fra MST afventes.
Storstrøm	nej	nej	nej	nej	Problemer i fremtiden med mere forurenede sedimenter. Afventer vejledning fra MST.
Bornholm	nej	nej	nej	nej	ingen strategi p.g.a. få sager.
Fyn	ja	ja	nej	nej	Grænseværdi for Cu svarende til ca. 2x baggrundsværdi. Grænseværdi for TBT 190 mg/kg TS i 1998 og efterfølgende 100 mg/kg TS.
Sønderjylland	ja	nej	nej	nej	Cu sammenstilles med regional baggrundsværdier eller MST's værdier for diffust belastet sediment.
Ribe	ja	nej	nej	nej	Grænseværdi for Cu svarende til ca. 2x baggrundsværdi.
Vejle	ja	nej	nej	nej	Grænseværdi for dumpning for Cu: 500 mg Cu/kg GT ved GT≥10%, 50 mg Cu/kg TS ved GT≤10%. Udarbejdet "Retningslinier for bortskaffelse af optagne havbundsmaterialer, 1996."
Århus	ja	nej	nej	nej	I mange år: grænseværdi for Cu svarende til ca. 2x baggrundsværdi på GT-basis. Nu tages både koncentration og mængde i betragtning ved dumpning. I vandkvalitetsplanen for Århus Amt, 1997, er udarbejdet en strategi/plan for klappning af opgravede sedimenter.
Ringkøbing					Ingen besvarelse, da Amtet har højere prioriterede opgaver.
Viborg	nej	nej	nej	nej	Planer om nedsættelse af fælles klappgruppe for Limfjordsamterne. Afventer vejledning fra MST.
Nordjylland	ja	nej	nej	nej	Grænseværdi for Cu: 34 mg/kg TS, bevirket, at materiale fra inderhavne er blevet deponeret, mens mindre belastet sediment er klappet.

### 3.3 Nuværende og fremtidige behov for klappning og deponering

I bilag 8 er vist svarene på spørgsmålet:

"Beskriv i nedenstående tabel de havne, hvor klappning/landdeponering er udført og skal udføres med et skøn over det fremtidige mængder."

Det fremgår af bilag 9, at hovedparten af amterne har opgivet de klappede mængder i 1998-99 samt det skønnede behov for klappninger i perioden 2000-2003. I 1998 er klappet ca. 870.000 t og i 1999 ca. 800.000 t. Det fremtidige behov i årene 2000-2001 er ca. 1,5 mill. tons pr. år, mens det falder til 1,2

mill. t i 2002 og 0,8 mill. t i 2003. De lavere tal for 2002 og 2003 skyldes formentlig manglende viden om behovet. I Gedser, Esbjerg, Hanstholm og Hirtshals havne klappes årligt fra hver havn 150.000-300.000 t, hovedsageligt uforurenede sand.

Indberetninger fra amterne til Miljøstyrelsen over klappede mængder har normalt ligget i intervallet 3-5 mill. tons pr. år. Det tyder på, at opgørelserne i denne rapport er for lave. Dette kan delvist være forårsaget af, at mange amter har angivet antal m<sup>3</sup> klappet sediment, som i denne rapport er blevet omregnet til tons ved at gange med en faktor 1,25. Nogle amter har anvendt en faktor på 1,8.

### 3.4 Beskrivelse af nuværende klapområdet

I tabel 10 er vist en oversigt over svarene på spørgsmålet.

”Beskriv klapområdet for hver havn med angivelse af afstand til klapområdet.

- Hvorledes transporteres det opgravede sediment til klapplassen?
- Hvor længe forventes, at der forsat kan klappes i området?
- Beskriv strømforholdene i klapområdet.
- Beskriv sedimenttypen i klapområdet.”

Det fremgår af tabel 10, at

- det opgravede havnesediment enten transporteres med klappram eller skib (uddybningsfartøj) til klapplassen;
- de fleste klapplasser har fra mindst 10 års kapacitet til ubegrænset kapacitet;
- de fleste klapplasser ligger på mere end 10 m dybde;
- på de fleste klapplasser er der moderat til stærk strøm, hvilket bevirker, at sedimentet spredes fra klapplassen;
- sedimenttyperne på klapplasser er sand og silt og enkelte steder mudder. Meget få klapplasser ligger i sedimentationsområder.

De fremsendte besvarelser viser, at de fleste klapplasser ligger i områder, hvor det klappede materiale bliver borttransporteret, da områderne ikke er sedimentationbassiner.

**Table 10 Description of clapping areas**

Amt	Transportmåde	Kapacitet / år	Dybde m	Strøm	Sedimenttype	Antal klapppladser	Kommentare
Københavns Kommune	Klappram		3-7		Blandet	1	Klapplad: Middelgrund
København	Klappram	10	1. 18 2. 21	Stærk	Sand	2	1. Vedbæk 2. Køge Bugt sandsugehul
Frederiksborg	Skib	Ubegrænset	2-3 meter	Stærk kystnær	Sand fra indsejlingsrender/forhavne	Hornbæk Gilleleje Kikhavn Hundested	Snekkersten Havn lægger sit helt op på strandplanet
Frederiksborg	Klappram	Ca. 60	11-12	Lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Nivå C Råstofindvindingshul	Rungsted Nivå Sletten Humlebæk
Frederiksborg	Klappram	Ca. 5-10	13-15	Lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Espergærde Råstofindvindingshul	Espergærde
Frederiksborg	Klappram	Ca. 100	13-20	lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Gilleleje NV Råstofindvindingshul	Gilleleje havn
Frederiksborg	Klappram	Ca. 100	8-12 mod normalt 4-5	Lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Hundested Munding Råstofindvindingshul	Hundested
Frederiksborg	Klappram	Ikke opmålt 5-10 år	10-12 mod normalt 2-4	Lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Kignæs Pynt Råstofindvindingshul	Kignæs Mole
Frederiksborg	Klappram	Ikke Opmålt 5-10 år	10-12 mod normalt 1,5-3	Lille	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Køhlholm Råstofindvindingshul	Skuldelev Marbæk
Frederiksborg	Klappram	Ubegrænset	10-11	Moderat	Sand evt. med max. GT på ca. 5-10 %	Alholm	Lynæs Havn
Roskilde	Klappram	Min. 10	8		Sand	1	sandsugehul
Vestsjælland	Skib	Min. 10			1. sand, 2. blødt sediment	2	1. Syd for Glænø. Sydvest for Asnæs
Storstrøm	Skib	Mange	10-15	Moderat	Blødt mudder/silt	9	
Bornholm	Skib	100	28-30	Moderat	blandet	1	Losses med grab
Fyn	Klappram		6-20	Moderat	Gytje, sand og ler	12	
Sønderjylland	Skib/pram	Ubegrænset		1. svag 2. stærk 3. stærk tidevand	1. sand+ler 2. sand+ler 3. sand	3	1. Åbenrå Fjord 2. Lillebælt 3. Rømø
Ribe	Skib/pram	Ubegrænset		Stærk tidevand	Sand	2	En flod og en ebbe klapplad
Vejle	Skib/pram	Mange	12-42	Lille	Mudder	6	
Århus	skib/pram			Ukendt	Primært sand	12	Restkapacitet ikke vurderet
Ringkøbing	pram						intet svar
Viborg	Pram	Mange		1. moderat 2. stærk 3. stærk 4. stærk	silt+sand 2. hård bund 3. silt 4. silt	4	Agger Tange 2. Hanstholm 3. Gyldendal 4. Sallingsund
Nordjylland	Pram	Mange		Moderat-stærk		20	Se bilag 9

### 3.5 Landdeponering af havnesediment

Amterne er også blevet bedt om at svare på følgende spørgsmål:

”Beskriv eventuelle deponeringsområder på land for hver havn med angivelse af afstand til deponeringsområdet.

- Sker der afvanding af det opgravede sediment før deponering? Beskriv hvorledes?
- Hvorledes transporteres det opgravede sediment til deponeringspladsen?
- Hvor længe forventes det, at der kan deponeres i depotet?
- Beskriv jordtype i deponeringsområdet.
- Hvad er der foretaget/bliver foretaget for at forhindre evt. nedsivning til grundvandet (membran eller andre tiltag)?
- Hvad er der foretaget for at forhindre udsivning til havet?”

Svarene på spørgsmålene kan resumeres som følger:

- Ni amter har etableret 24 landdepoter/kystdepoter eller indspulingsbassiner;
- i 1998 er der deponeret ca. 230.000 t og i 1999 ca. 425.000 t;
- det skønnede behov er i 2000 ca. 340.000 t og i 2001-2003 ca. 240.000 t.
- det opgravede sediment pumpes som regel til deponeringspladsen;
- nogle depoter er midlertidige, hvor det opgravede sediment afvandes, hvorefter det afvandede sediment deponeres på kontrolleret losseplads;
- København Havns depot ved Lynetten er det største kystnære, lukkede depot;
- Ålborg havn har etableret et depot på et inddæmmede fjordareal, hvor der årligt deponeres ca. 170.000 t/år. Depotet er godkendt i 1990 og har tilladelse til at anvende depotet indtil 2010;
- ingen depoter har membraner; men de er i de fleste tilfælde placeret langs kysten eller i havneområder, hvor der ikke er fare for grundvandsforurening;
- ingen oplysninger er givet om jordtyper under depotet;
- udsivning til havet er forhindret ved at opbygge dæmninger;
- i mange depotet udledes overskydende vand til havet via et overløb. Der er i de fleste tilfælde i godkendelsen givet en minimum opholdstid for overskydende vand før udledning til havet. I landdepoter afvandes depotet ved nedsivning til grundvandet og ved fordampning. Depotet er normalt placeret tæt ved kysten, så grundvandet siver til havet.

Landdeponering af havnesedimenter er omfattet af Miljølovens bestemmelser for landdepoter. Dette betyder, at havnen skal have en miljøgodkendelse for depotet. I denne godkendelse indgår også krav til indholdet af forurenede stoffer i overløbs-/overskydende vand fra depotet.

### 3.6 Diskussion af klappning kontra deponering på land

I de fleste tilfælde er yderhavnen mindre forurenede end inderhavnen. Dette betyder, at sediment fra yderhavnen oftere kan klappes, mens sedimentet fra inderhavnen ofte er forurenede, så der ikke kan gives tilladelse til klappning. Det må derfor landdeponeres.

De store havne har økonomiske midler til at foretage undersøgelser af sedimenter, inden de fremsender en klaptilladelse. De får derved belyst omfanget af forureningen af det sediment, som skal opgraves. Derimod har små havne, som ofte har mindre områder at uddybe, vanskeligt ved at finansiere prøvetagning og de dyre kemiske analyser.

Havnesediment, som skal deponeres i et landdepot, er afgiftsfrit, hvis det kun bruges til havnesedimenter. Hvis depotet anvendes til andre formål, er der pålagt en affaldsafgift, som p.t. er 375 kr per ton, samt et gebyr som afhænger af lossepladsen. Derimod er der ingen afgift på klappning af havnesediment.

Analyseudgifterne vil blive væsentlig større, hvis der både skal analyseres for tungmetaller og organiske forureninger. Mange små havne vil derfor få et endnu større incitament til at landdeponere.

Der er lille incitament til at genanvende havnesedimenter, idet Skov- og Naturstyrelsen kan bevilge fritagelse for råstofafgift, som p.t er ca. 4-5 kr/m<sup>3</sup>.

### 3.7 Konklusion på spørgeskemaundersøgelsen

Miljøstyrelsen udsendte et spørgeskema om amternes strategi vedr. klapping/deponering af havnesedimenter til Københavns Kommune, alle amterne og Statshavneadministrationen (i det følgende benævnt amterne). Alle amterne har besvaret spørgeskemaet.

I næsten alle amter er der foretaget undersøgelse af kobberindholdet (samt andre tungmetaller) i havnesedimenter i forbindelse med klaptilladelser. Seks amter har undersøgt indholdet af antibegroningsmidlet TBT (DBT og MBT) i havnesedimenter; men kun Sønderjyllands Amt har rapporteret analyser af antibegroningsmidlet irgarol. Undersøgelser af organiske miljøfremmede stoffer er kun blevet foretaget af Lillebæltsamterne og Århus Amt. Fem amter har undersøgt indholdet af total hydrocarboner i havnesedimenter. Desuden har Sammenslutningen af danske Havne svaret på MST's henvendelse til Statshavneadministrationen, idet de har lavet en oversigt over TBT analyser udført i danske havne fra 1992-99. Hovedparten af disse data er publiceret i Miljøprojektrapporter fra Miljøstyrelsen og er derfor ikke medtaget i denne rapport.

Meget høje koncentrationer af TBT er fundet i Rungsted Lystbådehavn (1844 µg Sn/kg TS), Årø Sund Fiskerihavn (48-1500 µg Sn/kg TS) og Lindøværftet (343-5712 µg Sn/kg TS). Disse niveauer, især ved Lindøværftet, ligger væsentligt over denne undersøgelses resultater, hvor max. værdien er på 1122 µg Sn/kg TS. I Augustenborg Lystbådehavn er der fundet et meget højt indhold af irgarol (380 µg Sn/kg TS), hvor nærværende undersøgelse har fundet en max. værdi på 23 µg Sn/kg TS i Marselisborg Lystbådehavn.

Næsten alle amter anvender en grænseværdi for kobber for klapping af havnesediment. De fleste anvender en grænseværdi lig med to gange diffust belastet sediment baseret på glødetab. Derimod har ingen amter rapporteret grænseværdier for antibegroningsmidler, organiske forureninger, LAS og total hydrocarboner. Vejle Amt og delvist Århus Amt har udarbejdet en strategi for klapping/deponering af havnesedimenter. Flere amter efterlyser, at Miljøstyrelsen udarbejder ensartede retningslinier for fastlæggelse af grænseværdier for de undersøgte stoffer vedr. klapping/deponering af opgravede havnesedimenter.

Hovedparten af amterne har rapporteret de klappede mængder i 1998-99, hvor 800-900.000 t er blevet klappet pr. år. Det skønnede behov for 2000-2003 varierer fra 1,5 mill. t i 2000 til 0,8 mill t 2003. Gedser, Esbjerg, Hanstholm og Hirtshals Havn klapper årligt 150-300.000 t pr. havn bestående hovedsageligt af sandet, uforurenet, sediment.

I de fleste tilfælde transporteres det opgravede sediment til klapplassen med opgravningsfartøjet eller med klappram. De fleste klapplasser ligger i områder, hvor det klappede materiale borttransporteres af moderat til stærk strøm. Meget få klapplasser ligger i sedimentationsbassiner, hvor sedimentet bliver liggende. De fleste klapplasser har derfor mindst 10 års kapacitet eller ubegrænset kapacitet.

Ni amter har etableret 24 landdepoter/kystdepoter eller indspulingsbassiner. I 1998 er der deponeret ca. 230.000 t forurenet sediment og i 1999 ca. 425.000 t. Det skønnede behov er i 2000 ca. 340.000 t og i 2001-2003 ca. 240.000 t pr. år. Det opgravede sediment pumpes som regel til depotet. Nogle depoter er midlertidige for at afvande sedimentet, hvorefter det deponeres på kontrolleret losseplads. Ingen depoter har membraner. De fleste depoter har et overløb, hvor overskydende vand udledes til havet efter en vis opholdstid for at reducere indholdet af partikler.

## 4 REFERENCER

Miljøstyrelsen, 1998. Kortlægning og vurdering af antibegroningsmidler til lystbåde i Danmark. Miljøprojekt Nr. 384.

Miljøstyrelsen, 1993. Organotin i danske farvande. Miljøprojekt Nr. 226

Lillebæltsamarbejdet 1998. Fyns Amt, Sønderjyllands Amt og Vejle Amt. Miljøfremmede stoffer i havbunden.

Århus Amt 1998. Miljøfremmede stoffer i Århus Amt Fase 2 og 3, 1997-1998.

Sønderjyllands Amt, 1998. Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i havne og fjorde.

Jacobsen J.A, Stuer-Lauridsen F. and Pritzel G., 1997. Organotin Speciation in Environmental Samples by Capillary Gas Chromatography and Pulsed Flame Photometer Detection (PFPD). *Appl. Organometallic Chem.* **11**, 737-74.

Petersen S. and Gustavson K., 1998. Toxic effects of tri-butyl-tin (TBT) on autotrophic pico-, nano-, and microplankton assessed by a size fractionated pollution-induced community tolerance (SF-PICT) concept. *Aquatic Toxicology* **40**, 253-264.

Fent K.. Ecotoxicology of organotin compounds. *Critic. Rev. Toxicol.* **26** (1) 1-117.

Standard Methods 6410B: "Extractable Base/Neutrals and Acids: Liquid-Liquid Extraction, Gas Chromatographic/Mass Spectrometric Method".

Standard Methods 6640B: "Chlorinated Phenoxy Acid Herbicides: Liquid-Liquid Extraction, Gas Chromatographic Method".

## **Bilag 1 Anvisning for prøvetagning af havnesedimenter til analyse for antibegroningsmidler og organiske forureninger**

Denne anvisning beskriver, hvorledes prøvetagning og prøvehåndtering skal udføres i forbindelse med MST/VKI projektet om undersøgelser af havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser.

Det blev aftalt på første møde i styringsgruppen for projektet d. 28. september 99 (se mødenotat), i hvilke havne sedimentprøverne skal udtages.

### **Prøvetagningsstrategi**

I hver af de udvalgte havne udtages så mange sedimentkerner, så vi får en dækkende beskrivelse af forureningen i havnen. Det skønnes, at 3-5 prøver vil være tilstrækkeligt med mindre, at havnen er meget stor.

### **Beskrivelse af havnen**

For hver havn skal der udarbejdes en beskrivelse.

Den skal indeholde en beskrivelse af

- havnetype og anvendelse;
- mulige forureningskilder i havnen (spildevand, overløbsbygværker, åudløb, etc.);
- kort beskrivelse af havnen, herunder dybde, strøm og sedimentationsforhold;
- tykkelse og arealmæssig udbredelse af sedimentlag;
- information om tidspunkt for tidligere uddybninger af havnen med oplysninger om dybde og areal med angivelse af opgravede mængder, kemiske analyser etc.
- andre relevante oplysninger.

Der udarbejdes et kort, som beskriver kilderne og prøvetagningspositionerne.

### **Positionering**

Positionen på stationen skal fastlægges med et D-GPS system eller med et system med en tilsvarende nøjagtighed.

### **Udtagning af prøver**

Sedimentprøven (kernen) skal udtages med en "Haps" prøvetager af rustfrit stål med en minimum diameter på 80 mm (diameter skal oplyses, da dette kan påvirke resultatet). Der udtages en kerne på 20-25 cm længde.

Det skal sikres, at prøven ikke bliver kontamineret ved håndteringen ombord, f.eks. at dækket er godt rengjort (skyllet med havvand), så prøven ikke kan komme i kontakt med olie og lignende stoffer. Prøvetagningsudstyret skal skylles godt med vand fra prøvetagningsstedet inden prøvetagning på et nyt sted, for at undgå evt. kontaminering fra prøve til prøve. Hvis der anvendes handsker, skal man være opmærksom på, at de kan indeholde organiske forbindelser, som kan kontaminere prøven.

Det er vigtigt, at sedimentet indsamles så uforstyrret som muligt. Der er særligt vigtigt, at overfladesedimentet ikke hvirvles op ved prøvetagningen. Dette kan specielt ske, hvis prøvehenteren rammer bunden i en skæv vinkel eller hvis det er problemer, når den hejses op fra bunden. En sedimentkerne skal altid inspiceres, når den tages om bord for at se, om den er intakt, og man skal bl.a. sikre sig, at der står lidt vand over prøven i prøvehenteren.

Hele den udtagne sedimentkerne overføres til og opbevares i "Rilsanposer", der leveres fra VKI. Prøven fra hver position opbevares i hver sin mærkede pose.

### **Mærkning af prøver**

Prøver skal mærkes på en unik måde, så den entydigt kan identificeres senere, med en pen/etiket, der kan modstå fugt.

Der skal som minimum registreres følgende oplysninger på prøven:

- stationsnummer (position)
- prøvenummer og type af prøve
- prøvetagningsstidspunkt- og dato og navn på prøvetager

### **Opbevaring og transport**

Prøverne kan opbevares, enten i et køleskab eller i en køletaske med fryseelementer i op til 24 timer ved  $\sim 4^{\circ}\text{C}$ , og transporteres til VKI ved  $\sim 4^{\circ}\text{C}$ . Ved længere tids opbevaring skal prøverne opbevares frosne og fremsendes til VKI i frosen tilstand.

### **Stationsoplysninger**

Følgende stationsoplysninger skal noteres i en logbog og fremsendes til VKI

- navn
- position fastlagt med D-GPS
- tidspunkt
- vejrforhold (vindstyrke, temperatur og skyforhold, vindretning og bølgehøjde) vanddybde
- saltholdighed ved overflade og bundvand (måles med en CTD-sonde eller i vandprøverne)
- ansvarlig for prøvetagning.

### **Sedimentkernen**

Ved prøvetagningen skal sedimentkernen undersøges visuelt og som minimum følgende oplysninger noteres i en logbog/skema:

- Sedimentkernens længdestruktur (=lagdeling og gravegange)
- estimat af kornstørrelse
- farve angives for de forskellige dybder ned igennem kernen lugt
- makrofauna (fjern muslinger; men skriv, hvad der fjernes i logbogen)
- prøvetagningsudstyr
- udfyldt af (navn på person)

### **Fremsendelse af prøver til DHI**

De udtagne prøver fremsendes enten indenfor 24 timer nedkølet til  $4^{\circ}\text{C}$ . Ved længere tids opbevaring fremsendes de nedfrosne, som beskrevet i afsnit 3.4.

Prøverne mærkes "MST Havnesediment" og sendes til:

**DHI Institut for Vand og Miljø**  
**Att.: O-lab**  
**Agern Allé 11**  
**2970 Hørsholm**

### **Fremstilling af en gennemsnitsprøve**

Efter modtagelsen af prøverne foretager DHI frysetørring af hvert enkelt prøve, idet der samtidigt med foretages bestemmelse af tørstofindholdet.



DHI fremstiller én gennemsnitsprøve for hver havn ved at udtage lige andele af de frysetørrede prøver. På denne måde er alle prøver fra havnen ligeligt fordelt i gennemsnitsprøven.

Gennemsnitsprøven neddeles yderligere til to prøver, hvor

- den ene prøve (ca. 50 g) fryses og fremsendes til DMU, som analyserer prøverne for organiske tinforbindelser;
- den anden prøve analyseres af DHI.

Der udtages så meget prøve, at der er mulighed for at udføre senere supplerende analyser. Desuden gemmes en passende mængde af de individuelle sedimentkerner, så der evt. senere kan udføres supplerende analyser. Disse prøver gemmes nedfrosset.

## Bilag 2 Prøvetagningspositioner og sedimentbeskrivelse

Havn	Havneart	Prøve-no.	Position		Vand-dybde	Sedi-ment-længde	Sedimentbeskrivelse (tekstur, farve, struktur, lugt m.m.)	Salinitet bund
			N	Ø				
					m	cm		
Århus <sup>1</sup>	Olie	AH-1	56°09,228	10°13,466	10,6	ca. 25	silt, sort, løs, H <sub>2</sub> S-lugt	31
		AH-2	56°09,165	10°13,352	10,5	ca. 25	silt, sort, løs, H <sub>2</sub> S-lugt	31
		AH-3	56°09,045	10°13,241	10,0	ca. 25	silt, sort, løs, H <sub>2</sub> S-lugt	31
		AH-4	56°08,946	10°13,109	9,5	ca. 25	silt, sort, løs, H <sub>2</sub> S-lugt	31
Århus <sup>1</sup>	Fiskeri	AF-1	56°09,911	10°13,254	5,6	ca. 25	silt+ ler, sand, sort, jævn	25
		AF-2	56°09,987	10°13,305	4,3	ca. 25	silt+ler, sort og grå, ujævn	25
		AF-3	51°10,017	10°13,330	4,6	ca. 25	sand+silt+ler, sort og grå, ujævn,	25
		AF-4	56°10,046	10°13,366	3,3	ca. 25	grus+sand, sort, ujævn	25
Marselisborg	Lystbåde	MH-1	56°08,39	10°12,98	ca. 2,5	van	sand+silt, sort, ujævn, døde blåmuslinger	25
		MH-2	56°08,39	10°13,00	ca. 2,5	Veen	sand+silt, sort, ujævn, døde blåmuslinger	25
		MH-3	56°08,38	10°13,01	ca. 2,5	grab	sand+silt, sort, ujævn, døde blåmuslinger	25
		MH-4	56°08,39	10°13,02	ca. 2,5		sand+silt, sort, ujævn, døde blåmuslinger	25
Frederiks-holmløbet <sup>2</sup>		1F	55°39,280	12°33,053	4,8	22	silt+ler, grå, jævn, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	10,2
		2F	55°39,260	12°33,154	4,8	ca. 10	silt+ler, sort, jævn	10,2
		3F	55°39,227	12°33,257	4,8	21	silt+ler, sort, jævn	10,2
		4F	55°39,202	12°33,342	4,2	17	silt+ler, sort, jævn, H <sub>2</sub> S-lugt	10,2
		5F	55°39,169	12°33,460	5,0		silt+ler, sort, jævn, svag H <sub>2</sub> S-lugt	10,2
Svanemøllen <sup>2</sup>	Lystbåde	1S	55°42,984	12°35,442	3,8	16	silt+ler, sort, jævn,	9,9
		2S	55°43,011	12°35,344	ca. 3	20	silt+ler, sort, jævn	9,9
		3S	55°43,030	12°35,451	4,2	20	silt+ler, sort, jævn	9,9
Prøvestenen <sup>2</sup>	Olie	1P	55°40,588	12°38,082	11,0	17	silt+ler, lysebrun, jævn, H <sub>2</sub> S- og olielugt	12,0
		2P	55°40,655	12°38,351	11,0	16	silt+ler, lysebrun, jævn, H <sub>2</sub> S-lugt	12,2
		3P	55°40,708	12°38,386	11,0	16	silt+ler, lysebrun, jævn, svag H <sub>2</sub> S-lugt	15,5
		4P	55°40,792	12°38,257	11,0	15	silt+ler, lysebrun, jævn	15,5
Aabenraa	Industri	Aabh19 9901	55°02,750	09°25,683	6,7	17	silt til 10 cm, herunder ler+silt, overflade gråhvid, kernen sort, svag H <sub>2</sub> S-lugt	20,7
		Aabh19 9902	55°02,777	09°25,608	6,5	17,5	overflade silt+ organisk materiale, resten sand, brungrå overflade med liglagen, tyndt sort lag, resten sandfarvet, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	20,7
		Aabh19 9903	55°02,608	09°25,697	7,0	23	silt med sand, kernen sort med hvide felter, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	20,7
		Aabh19 9904	55°02,636	09°25,651	11	19,5	silt og sand, sort overflade med liglagen, kernen sort med hvide felter, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	20,7
Sønderborg	Lystbåde	SønLH 199901	54°53,903	09°47,672	3,1	18	silt+ lidt sand, sort, svag til kraftig H <sub>2</sub> S-lugt, døde blåmuslingeskaller på overfladen	21,9
		SønLH 199902	54°53,900	09°47,685	2,5	23,5	silt+ lidt sand, sort, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt, fragmenter af skaller	21,9
		SønLH 199903	54°53,875	09°47,644	3,0	23	brunt siltlag på overfladen, resten sandfarvet, fint sand+silt øverste 5-10 cm, derunder grovere sand	21,9
		SønLH 199904	54°53,884	09°47,632	2,9	23	brunt siltlag på overfladen, resten sandfarvet med enkelte mørke pletter, fint sand+silt øverste 5-10 cm, derunder grovere sand	21,9
Kolding <sup>3</sup>	Industri	Kol 1	55°29,590	09°29,830	7,4	22	mudder/ler+silt, sort, homogen, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	21,1
		Kol 2	55°29,530	09°29,500	7,0	23	mudder/ler+silt, sort, homogen, H <sub>2</sub> S-lugt	21,1
		Kol 3	55°29,400	09°28,980	4,8	23	mudder/ler+silt, sort, homogen, meget kraftig H <sub>2</sub> S-lugt, skaller fra blåmusling	20,9
Vejle <sup>3</sup>	Industri	Vej 1	55°42,365	09°33,210	2,0	20	mudder/ler+silt, sort, homogen, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	22,1
		Vej 2	55°42,370	09°32,710	7,0	19	mudder/ler+silt, sort, homogen, H <sub>2</sub> S-lugt	24,1
		Vej 3	55°42,270	09°33,430	7,0	15	mudder/ler, sort, homogen, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	23,9
		Vej 4	55°42,320	09°33,410	3,0	22	mudder/ler, sort, homogen, kraftig H <sub>2</sub> S-lugt	24,1

Havn	Havneart	Prøve-no.	Position		Vanddybde	Sedimentlængde	Sedimentbeskrivelse (tekstur, farve, struktur, lugt m.m.)	Salinitet bund
			N	Ø				
					m	cm		
Odense	Industri	St. 1	55 <sup>0</sup> 24,491	10 <sup>0</sup> 22,613	8,0	26	gytje+sten (1-3cm), blødt, sort, ingen fauna, H <sub>2</sub> S-lugt	20,50
		St. 2	55 <sup>0</sup> 24,620	10 <sup>0</sup> 22,600	7,5	26	gytje og ler, blødt, 0-2 mm brunt, 3 mm - 26 cm sort/gråt, ingen fauna, H <sub>2</sub> S-lugt	20,50
		St. 3	55 <sup>0</sup> 24,487	10 <sup>0</sup> 22,801	7,5	27	gytje, sort, blødt, ingen fauna, H <sub>2</sub> S-lugt	20,50
		St. 4	55 <sup>0</sup> 24,542	10 <sup>0</sup> 22,753	7,6	25,5	gytje, 0-2 mm brunt, 3 mm – 25,5 cm sort, ingen fauna, H <sub>2</sub> S-lugt	20,50
		St. 5	55 <sup>0</sup> 24,641	10 <sup>0</sup> 22,894	7,7	28	gytje og ler, blødt, 0-2 mm brunt, 3 mm – 25 cm sort, 25-28 cm gråt, ingen fauna, H <sub>2</sub> S-lugt	20,50
Fåborg	Lystbåde	St. 1	55 <sup>0</sup> 05,819	10 <sup>0</sup> 13,971	2,4	24	0-2 cm gytje, 2-24 cm sandet gytje, fast, brunt, muslinger i den nederste del af kernen, H <sub>2</sub> S-lugt	18,11
		St. 2	55 <sup>0</sup> 05,866	10 <sup>0</sup> 13,957	3,2	21	0-1 cm gytje, 2-21 cm sandet gytje med planterester, fast, brunt, snegle og muslinger, H <sub>2</sub> S-lugt	18,11
		St. 3	55 <sup>0</sup> 05,843	10 <sup>0</sup> 14,057	2,4	26	0-2 cm gytje, 3-26 cm sandet gytje + planterester, blødt, 0-2 cm brunt, 3-26 cm mørkebrunt, muslinger, H <sub>2</sub> S-lugt	18,11
		St. 4	55 <sup>0</sup> 05,876	10 <sup>0</sup> 14,068	2,1	20	0-3 cm gytje, 4-10 cm sandet gytje, 10-20 cm sand med småsten, fast, 0-10 cm brunt, 11-20 cm gråt, muslinger, H <sub>2</sub> S-lugt	18,11

<sup>1</sup>Positionsbestemmelse med ED-50. <sup>2</sup> Positionsbestemmelse med WGS84. <sup>3</sup>Positionsbestemmelse med WGS84/D-GPS

### Bilag 3 Tørstofindhold i de udtagne sedimentprøver

Havn	Prøveno.	Tørstof %	Gennemsnit tørstof %
Århus Oliehavn	AH-1	56,67	
	AH-2	54,75	
	AH-3	42,42	
	AH-4	59,14	53,25
Århus Fiskerihavn	AF-1	39,01	
	AF-2	42,31	
	AF-3	45,93	
	AF-4	31,50	39,69
Marselisborg Lystbådehavn	MH-1	39,24	
	MH-2	26,49	
	MH-3	19,83	
	MH-4	33,29	29,71
Frederiksholmløbet	1F	48,72	
	2F	38,33	
	3F	50,20	
	4F	39,80	
	5F	46,84	44,78
Svanemøllen Lystbådehavn	1S	49,17	
	2S	50,65	
	3S	37,24	45,69
Prøvestenen Oliehavn	1P	59,09	
	2P	53,62	
	3P	50,56	
	4P	40,25	50,88
Aabenraa Industrihavn	Aabh199901	58,50	
	Aabh199902	81,95	
	Aabh199903	43,92	
	Aabh199904	55,70	60,02
Sønderborg Lystbådehavn	SønLH199901	56,00	
	SønLH199902	47,10	
	SønLH199903	74,30	
	SønLH199904	75,90	63,33
Kolding Industrihavn	Kol 1	37,19	
	Kol 2	28,93	
	Kol 3	19,95	28,69
Vejle Industrihavn	Vej 1	22,61	
	Vej 2	35,01	
	Vej 3	23,74	
	Vej 4	24,54	26,48
Odense Industrihavn	Station 1	50,73	
	Station 2	39,51	
	Station 3	27,76	
	Station 4	37,14	
	Station 5	34,24	37,88
Fåborg Lystbådehavn	Station 1	44,70	
	Station 2	50,94	
	Station 3	26,48	
	Station 4	53,83	43,99

## **Bilag 4 GC-MS Multi-screening for udvalgte organiske forbindelser**

*PRINCIP:* Gaschromatografi/massespektrometrimetoden dækker bestemmelsen af mere end 100 organiske forbindelser, der kan ekstraheres med et organisk opløsningsmiddel. Listen over analyserede stoffer er inkluderet i bilag 7.

### **Forbehandling af prøver**

Faste prøver, sedimenter og slam (TS > 10%). En afvejet mængde prøve (ca. 50 g eller svarende til 10 g tørstof) ekstraheres med dichlormethan efter, at pH er justeret til under 2. Dichlormethan ekstraktet tørres og opkoncentreres. En delprøve tages fra til analyse for blødgørere. Ekstraktet behandles med aktiveret kobber, derivatiseres vha. diazomethan, oprenses på Florisil søjle.

### **Analyse af prøver og resultat af screening**

Ekstrakterne analyseres ved GC-MS i scan mode vha. pulsed splitless injektion, kapillær kolonne og temperaturprogrammering. Kvalitativ identifikation af parametrene i ekstraktet udføres ved brug af retentionstid og relativ abundance for udvalgte karakteristiske masser (m/z), og en kvalifikationsværdi (Qvalue %) beregnes for hver kalibreret forbindelse, ved at Qualifier ion forholdet sammenlignes med metodens database.

For hvert ekstrakt bestemmes indholdet af hver specifik forbindelse i ekstraktet ved kvantisering efter kalibrering med eksterne standardopløsninger, der indeholder de ca. 100 forbindelser. Beregningen foretages vha. en karakteristisk ion under anvendelse af intern standard.

*INTERN KVALITETSKONTROL:* Genfinding beregnes ud fra surrogatstandarder, der tilsættes inden ekstraktionen. Resultaterne er ligeledes kontrolleret ved samtidig analyse af spikede, naturlige jordprøver.

*DETEKTIONSGRÆNSER:* Metodens detektionsgrænser ligger mellem 10 og 50 µg/kg TS for faste prøver. Detektionsgrænserne kan evt. sænkes ved anvendelse af GC-MS i SIM mode, men herved mistes metodens fleksibilitet til at identificere ikke kalibrerede parametre.

### **BESTEMMELSE AF LAS I SEDIMENTER VED HPLC**

*PRINCIP:* Prøven tørres ved 105°C, neddeles og homogeniseres. 10 g prøve ekstraheres med methanol ved soxhlet i 12 timer. Ekstraktet inddampes, oprenses på C18 og analyseres ved omvendt fase væskrokromatografi med UV og fluorescens detektion. Der anvendes en C8-LAS som intern standard til kvantificeringen. Identiteten bestemmes ved sammenligning med Marlon A. LAS bestemmes som summen af C10 - C14-LAS.

*DETEKTIONSGRÆNSE:* 0,2 mg/kg TS

*INTERN KVALITETSKONTROL:* Resultatet kontrolleres ved samtidig analyse af spikede sedimenter og blindprøver.

### **BESTEMMELSE AF TOTALKULBRINTER I SEDIMENT**

*PRINCIP:* 50-100 g sediment koges med basisk metanol i 2 timer, hvorefter de organiske forbindelser rystes over i pentan. Kulbrinter bestemmes efter, at polære forbindelser er fjernet ved oprensning på en søjle med aluminiumoxid og silica. Derefter bestemmes indholdet af kulbrinter ved gaskromatografi med flammeionisationsdetektion, GC-FID.

*INTERN KVALITETSKONTROL:* Resultaterne kontrolleres ved samtidig analyse af spikede sedimenter.

*DETEKTIONSGRÆNSER:* 0,5 mg/kg TS for total kulbrinter.

*REFERENCE:* Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides No 11, UNESCO 1982

## Bilag 5 Bestemmelse af kobber i sediment

### *PRINCIP:*

*Forbehandling:* Prøvematerialet homogeniseres.

*Destruktion:* En repræsentativt udtaget delprøve af det foreliggende prøvemateriale afvejes i specialrensende glasflasker. 20 ml 7 M salpetersyre tilsættes. Prøveblandingerne destrueres under tryk ved opvarmning i autoklave til 120 °C (200 kPa) i 30 minutter. Blindprøver samt referencemateriale destrueres parallelt med prøverne.

### *Analyse:*

Cu: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med flammeteknik (FAAS), idet der anvendes baggrundskorrektion, og måling foretages ved brug af en kalibreringskurve.

### *REFERENCE:*

Destruktion; Dansk Standard DS 259, DS 2210.

Måling ved FAAS; Dansk Standard DS 263, Perkin Elmer Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry 1990.

### *DETEKTIONSGRÆNSER:*

Analysedetektionsgrænsen er følgende:

Cu: 1-10 mg/kg.

### *INTERN KVALITETSKONTROL:*

Resultaterne er kontrolleret ved samtidig analyse af syntetiske og naturlige referencematerialer.

### *USIKKERHED:*

Ved kontrolanalyse er der en analyseusikkerhed,  $CV_{\text{Total}}$ , på 5-10 %.

## **Bilag 6 Bestemmelse af biocider i sediment ved LC-MS**

### Princip:

Sedimentprøven ekstraheres to gange med dichlormethan. Det samlede ekstrakt inddampes, genopløses og analyseres derpå ved væskekromatografi med massespektrometrisk detektion ved selektiv ionmonitering (LC/MS-SIM). Ved metoden bestemmes atrazin, diuron, irgarol og simazin med en detektionsgrænse på 1 µg/kg tørstof.

### Analyseusikkerhed:

RSD 20%, ved værdier mindre end 10 gange detektionsgrænsen dog op til 50%.

## Bilag 7 Analyseresultater

Havnesedimenter	Prøver												Detektionsgrænse
	Århus havn	Århus fiske-rihavn	Marselisborg lystbådehavn	Vejle havn	Kolding havn	Frederiksholmløbet	Svanemølle havn	Prøvestenen	Sønderborg Lystbådehavn	Åbenrå	Fåborg lystbådehavn	Odense havn	sediment
	O-140-13	O-140-14	O-140-15	O-145-8	O-145-9	O-148-13	O-148-14	O-148-15	O-149-9	O-149-10	O-153-10	O-153-11	
Stof	Enhed µg/kg TS												µg/kg TS
<b>Blødgørere</b>													
Bis(2-chlorethoxy)methan	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
Bis(2-chlorethyl)ether	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
Bis(2-chlorisopro-pyl)ether	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	520	2700	850	490	1300	5500	990	330	610	830	570	1300	40
Bromphenylphenyl ether, 4-	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	25
Butylbenzylphthalat	92	< 40	< 40	110	85	< 40	< 40	< 40	< 40	44	< 40	200	40
Chlorphenylphenyl ether, 4-	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	25
Diethyl phthalat	< 40	< 40	< 40	< 40	42	66	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
Dimethyl phthalat	44	42	< 40	< 40	< 40	46	< 40	< 40	< 40	< 40	63	< 40	40
Di-n-butyl phthalat	220	280	87	460	320	820	950	52	530	330	460	240	40
Di-n-octyl phthalat	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
<b>Nonylphenoler NPE</b>													
Nonylphenol (+ethoxylater)	510	500	170	320	400	3400	730	310	100	430	350	3000	40
<b>P-triesterer</b>													
Tributylphosphat	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	35
Tricresylphosphat	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	35
Triphenylphosphat	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	< 35	35
<b>Chlorbenzener m.m.</b>													
Dichlorbenzen, 1,2-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Dichlorbenzen, 1,3-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Dichlorbenzen, 1,4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	29	20	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Trichlorbenzen, 1,2,4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Tetrachlorbenzen, 1,2,4,5-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Hexachlorbenzen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10



Hexachlorbutadien	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Hexachlorethan	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
<b>Phenoler</b>													
Chlor-3-methylphenol, 4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Chlorphenol, 2-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Dichlorphenol, 2,4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Dichlorphenol, 2,6-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Dimethylphenol, 2,4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Methylphenol, 2-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Methylphenol, 3/4-	69	27	75	470	230	69	19	< 10	< 10	45	41	120	10
Nitrophenol, 2-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Nitrophenol, 4-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Pentachlorphenol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Phenol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Tetrachlorphenol, 2,3,4,6-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Trichlorphenol, 2,4,5-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Trichlorphenol, 2,4,6-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>PAH</b>													
Acenaphthen	95	50	18	< 15	77	33	120	20	< 15	25	< 15	83	15
Acenaphthylen	150	240	58	16	51	62	250	36	< 15	28	50	110	15
Anthracen	290	610	81	34	220	80	330	54	< 15	58	74	560	15
Benzo(a)anthracen	740	1500	420	93	580	150	730	140	23	190	360	910	15
Benzo(bjk)fluoranthen	2100	2700	920	380	1200	1000	2300	530	59	530	940	2000	15
Benzo(ghi)perylen	570	750	270	110	300	300	460	110	17	110	200	530	15
Benzo(a)pyren	1300	1700	620	230	740	670	1300	300	43	290	540	1100	15
Chrysen/Triphenylen	770	1600	490	110	640	250	870	250	34	250	390	1100	15
Dibenzo(ah)anthracen	110	190	57	27	79	63	110	24	< 15	27	42	110	15
Fluoranthen	1500	3500	960	420	1500	1700	2300	590	67	570	1100	2500	15
Fluoren	150	190	31	17	140	61	190	45	< 15	39	29	120	15
Indeno(1,2,3-cd)pyren	620	650	300	120	310	350	580	130	17	120	230	540	15
Naphthalen	390	96	24	20	58	130	570	120	< 15	77	33	110	15
Methylnaphthalener (C1)	270	75	27	< 15	85	200	540	79	< 15	38	23	140	15
Dimethylnaphthalener (C2)	320	150	57	41	180	830	470	56	< 15	65	29	200	15
Phenanthren	690	1600	300	90	850	290	870	490	27	260	350	1100	15
Pyren	1900	3300	850	450	1200	1400	1900	560	56	470	880	2000	15

Trimethylnaphthalener (C3)	120	190	19	< 15	92	570	230	34	< 15	62	24	120	15
<b>Sum PAH</b>	12085	19091	5502	2158	8302	8139	14120	3568	343	3209	5294	13333	
<b>Chlorpesticider</b>													
Aldrin	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
HCH, alfa-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
HCH, beta-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
HCH, delta-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
HCH, gamma-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
DDD, p,p'-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
DDE, p,p'-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
DDT, p,p'-	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
Dieldrin	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Endosulfan I	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Endosulfan II	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Endosulfan sulfat	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Endrin	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Heptachlor	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Heptachlorepoxyd	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Methoxychlor	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	40
<b>PCB individuel chlorbiphenyler</b>													
CB #28	46	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #52	22	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #101	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #118	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #138	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #153	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
CB #180	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
<b>Pesticider og diverse</b>													
Chlorbenzilat	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Chlornaphthalen, 2-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
D, 2,4-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
DB, 2,4-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
DP, 2,4-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Diallat	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15

Dinitrotoluen, 2,4-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Dinitrotoluen, 2,6-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20
Disulfoton	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Ethylmethansulfonat	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Ethyl parathion	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Famphur	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Isodrin	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Isophoron	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Isosafrol, cis- og trans-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
MCPA, 2,4-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
MCPP	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Methylcholanthren, 3-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Methyl parathion	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Nitrobenzen	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Phorat	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Pronamid	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Safrol	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
T, 2,4,5-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
TP, 2,4,5-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Thionazin	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
Triethylphosphorothionat, o,o,o-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	15
<b>LAS</b>	900	400	300	300	1500	8400	300	< 200	< 200	1900	300	1700	200
<b>Antibegroningsmidler</b>													
Atrazin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Diuron	2.2	2.7	12	8.5	4.9	3.4	5.0	1.0	4.3	6.9	3.4	7.5	1
Irgarol	5.7	1.5	23	9.8	10	1.9	4.5	<1	22	5.9	3.1	2.8	1
Simazin	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Monobutyltin	45	-	13	<80	<160	14	<20	-	<60	81	-	-	
Dibutyltin	331	<150	79	<72	<150	130	124	-	99	81	86	<100	
Tributyltin	1122	155	93	162	261	132	121	104	96	195	264	373	
Kobber (mg/kg TS)	105	162	142	68	74	186	203	39	34	32	61	128	10
Total hydrocarboner (mg/kg TS)	549	448	147	359	147	263	567	435	35	276	125	516	0.5
Glødetab (g/kg TS)	89	96	112	167	155	123	113	62	38	58	93	141	

- : kunne ikke bestemmes. Detektionsgrænse ubekendt.

## Bilag 8 Nuværende og fremtidige klappningsbehov

Amt	Havn	Type	Klappplads	Klappning tons sediment/år					
				1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Københavns Kom.</b>				0	0	20000			
<b>København</b>	Vallensbæk	Lystbåde		1950					
<b>København</b>	Dragør	Færgehavn			1000	1000			
	Vedbæk	Lystbåde				40			
<b>Frederiksborg</b>	Rungsted	Lystbåde	Nivå C	3060	3600	3600	2000	3600	3600
	Nivå	Lystbåde	Nivå C	0	0	2700	1500	2700	2700
	Sletten	Lystbåde	Nivå C	0	0	2700	2000	3600	3600
	Humlebæk	Lystbåde	Nivå C	0	0	0	0	0	0
	Espergærde	Lystbåde	Espergærde A	0	0	2700	1500	5400	2700
	Snekkersten	Lystbåde	på stranden	2700	2700	2700	1500	2700	2700
	Hornbæk Yderhavn	Lystbåde	Hornbæk kystnært	7740	6300	9000	5000	9000	9000
	Gilleleje Yderhavn/sejlrende	Fiskeri-og værfthavn	Gilleleje kystnært	2700	34200	9000	15000	9000	27000
	Gilleleje Inderhavn	Fiskeri-og værfthavn	Gilleleje NV sugehul	0	0	5400	0	0	0
	Hundested	Fiskerihavn	Kikhavnen/Trekanten	0	3600	3600	2000	3600	3600
	Hundested	Trafikhavn	Hundested munding	0	0	0	0	0	0
	Lynæs	Lystbåde	Alholm	1800	1800	1800	1000	1800	1800
	Kulhuse	Lystbåde	på stranden	3600	0	0	2000	0	0
	Kignæs Mole	Lystbåde	Kignæs pynten	1440	0	3600	0	3600	0
	Marbæk	Lystbåde	Køhlholm	0	0	360	0	360	0
	Skuldelev	Lystbåde	Køhlholm	270	270	540	0	540	0
<b>Roskilde</b>	Hundige	Lystbåde	sandsugehul i Køge Bugt	700	0	0	2500	0	0
	Mosede	Lystbåde	sandsugehul i Køge Bugt	175	0	2500	0	2500	0
	Køge Yderhavn	yderhavn	sandsugehul i Køge Bugt	0	0	25000	0	0	0
	Ishøj	Lystbåde	sandsugehul i Køge Bugt	0	0	2500	0	2500	0

<b>Vestsjælland</b>	Stignæs	I					kan ikke skønnes		
	Kalundborg	I							
<b>Storstrøm</b>	9 mindre havne	L,F,T	klapplads 2.1	13000	15000	22400	22400	22400	22400
	Taars	Færge	klapplads 3.2	0	5000	5000	5000	5000	5000
	Rødbyhavn	Færge	klapplads 4.1			150000			
	Gedser	Færge	klapplads5.2			300000	150000	150000	150000
	4 havne	Lystbåde	klapplads 7.1	900	6400	4100	4100	4100	4100
	Masnedø	olie	klapplads 7.1	3500	1250	1250	1250	1250	1250
	Hårbølle	Fisk/lyst	klapplads 7.7	500	0	1250	1250	1250	1250
	Bøgø	Færge	klapplads 7.7	4500	0	0	0	0	0
	Nyord+Lund	Lystbåde	klapplads 8.2	120	100	750	750	750	750
	Bøgeskov	Fisk/lyst	klapplads 8.4	1250	1250	1250	1250	1250	1250
<b>Bornholm</b>	Rønne	F,I,F	2 sømil VNV Rønne havn	7500	10000	10000	10000	10000	10000
<b>Fyn</b>	Otterup	Lystbåde	Nord for Fyn	0	0	0	2000	0	0
	Kerteminde Havn	Lystbåde	Kerteminde Bugt	780	0	2500	0	2500	0
	Knudshoved	Færgehavn	Vesterrenden		0	0	0	0	0
	Svendborg Havn	Industri	Thurø Rev	1505	0	2000	0	2000	0
	Svendborg Sund	Små Broanlæg	Thurø Rev	140	50	200	200	140	0
	Lohals Havn	Lystbåde	Thurø Rev	0	100	1000	0	1000	0
	Lundeborg Havn	Lystbåde	Thurø Rev	200	300	0	0	0	0
	Spodsbjerg Havn	Færgehavn	Langelandsbæltet	0	0	5000	0	0	5000
	Bagenkop Havn	Færgehavn	Marstal Bugten	0	34000	0	0	0	0
	Bagenkop Havn	Fiskeri	Marstal Bugten	0	0	2200	0	0	0
	Ballen Havn	Lystbåde	Mads Jensens Grund	10	0	200	200	200	200
	Ærøskøbing Havn	Lystbåde	Mads Jensens Grund	0	0	500	0	0	500
	Fjellebroen Havn	Lystbåde	Mads Jensens Grund	0	0	1000	0	0	1000
<b>Sønderjylland</b>	Rømø Havn	Færge, Fiskeri		49000	55000	100000	100000	100000	100000
	Barsø landing	Færge, Fiskeri		880	1200	1000	1000	1000	1000
	Mommark Havn	Erhver, Lystbåde		3700		3300	3300	3300	3300
	Fynshavn	Lystbåde		2000	1700	2500	2500	2500	2500
	Haderslev Havn	Erhverv, lystbåde					70.000	70.000	60.000

	Augustenborg	Erhverv, lystbåde					10.000	10.000	10.000
	Hardeshøj/Ballebro	Færge	Als Fjord		45.000				
	Åbenrå Havn	Færge, erhverv	Åbenrå Fjord				5.000	5.000	
	Årø	Færge, fiskeri	Torø		2.000		2.000	2.000	2.000
	Årøsund	Færge, fiskeri	Åbenrå Fjord				5.000	5.000	
	Gråsten	Lystbåde							
	Marina Minde m.fl	Lystbåde							
<b>Vejle</b>	Vejle Havn	Industri		32000	0	0	0	100000	0
	Brejning Havn	Lystbåde	Vejle Fjord	450	500	500	500	500	500
	Rosenvold Havn	Lystbåde	Vejle Fjord	200	200	200	200	200	200
	Fredericia Havn	Industry+olie		0	0	100000	?	?	?
	Endelave Havn			0	0	ingen planer			
	Kolding Havn	Industi		0	0	0	?	?	?
	Kolding	Lystbåde					200000		
	Horsens Havn sejlrende						150000		
<b>Århus</b>	Anholt	Færge	Anholt	12500	12500	12500	12500	12500	12500
	Ballen, Samsø	Færge	Ballen	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	Randers	I	Barren, Randers fjord				80000		
	Bønnerup	Fiskeri	Bønnerup					25000	
	Ebeltoft	Færge	Ebeltoft					60000	
	Øer Maritim Ferieby	Lystbåde	Ebeltoft	16000	16000	16000	16000	16000	16000
	Grenå	I og F	Grenå						
	Grenå	Lystbåde	Grenå	12500	12500	12500	12500	12500	12500
	Hou	Færge	Hou	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	Kolby Kås	Færge	Kolby	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	Sælvig	Færge	Kolby	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	Norsminde	Lystbåde	Norsminde	1900	1900	1900	1900	1900	1900
	Tunø	Færge	Tunø	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	Mårup		Tunø	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	Århus	I, O, F, L	Århus				60000		
	Egå Marina	Lystbåde	Århus	15000	15000	15000	15000	15000	15000

	Kongsgårde Bro		Århus						
	Skødshoved Bro	Jollehavn	Århus						
<b>Ribe</b>	Esbjerg	blandet		175000	140000	140000	140000	140000	140000
	Fanø	Lystbåde							
<b>Viborg</b>	Aggger	sejlløb	Agger Tange		5000	?	?	?	?
	Hanstholm	Færge+fiskeri	Vesterhavet	3500	25000	25000	25000	25000	?
	Hanstholm	indsejling	Vesterhavet	150000	125000	125000	125000	125000	?
	Skive	Lystbåde	Salingsunf			2500			
	Virksund	Lystbåde	Sandsugningshul	3100					
<b>Nordjylland</b>	Hirtshals	værft+fiskeri	Vesterhavet	291206	200000	300000	200000	300000	200000
	Skagen	værft+fiskeri	Kattegat						
	Ålbæk	værft+fiskeri+lyst	Kattegat	5400	8000	6000	6000	6000	6000
	Strandby	værft+fiskeri+lyst	Kattegat	7097	0	7000	0	7000	0
	Hirsholmene	Lystbåde	Kattegat	0	2480	1000	0	1000	1000
	Rønnerhavnen	Lystbåde	Kattegat	2445	3000	3000	3000	3000	3000
	Frederikshavn	færg+værft	Kattegat	0	90000	50000	0	50000	0
	Søsportshavnen	Lystbåde	Kattegat	2660	4045	3000	3000	3000	3000
	Sæby	værft+fiskeri+lyst	Kattegat	6720	4100	6000	6000	6000	6000
	Voerså	Lystbåde	Kattegat	0	1625		1900		1900
	Hou	fisk+lyst	Kattegat	0	3000	0	3000	0	3000
	Egense	Lystbåde	Limfjorden	1250	1500	2000	1500	2000	1500
	Øster Hurup	fisk+lyst	Kattegat	3815	4000	8800	4000	3000	4000
	Nr. Uttrup	Lystbåde	Limfjorden	0	0	3100	2500	0	2500
	Gjøl	Lystbåde	Limfjorden	2475	2500	2500	2500	2500	2500
	Sebbersund	Lystbåde	Limfjorden	150	0	0	150	0	0
	Attrup	Lystbåde	Limfjorden	500	500	500	500	500	500
	Haverslev	Lystbåde	Limfjorden	315	600	600	300	300	300
	Østerby, Læsø	værft+fiskeri+lyst	Kattegat	12531	4000	0	4000	0	4000
	Vesterø, Læsø	fisk+lyst	Kattegat	4000	4000	0	4000	0	4000
<b>Total klappning pr. År</b>				<b>896834</b>	<b>890270</b>	<b>1606240</b>	<b>1532650</b>	<b>1387940</b>	<b>898500</b>

