

Omfang og konsekvenser af forskellige strategier for håndtering af forurende sedimentter

Frank Stuer-Lauridsen, Ole Geertz-Hansen,
Carsten Jürgensen, Carsten Lassen, Anders Skibsted Mogensen
og Gerner Juhl Pedersen
COWI A/S

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

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSION	7
RESUME AND CONCLUSION	9
1 OMFANG AF KLAPNING	11
1.1 BEHOV OG MÆNGDER	11
1.1.1 <i>Fremtidigt behov for optagning og klappning</i>	11
1.1.2 <i>Mængden af potentielt forurenede materiale</i>	13
1.1.3 <i>Model for forurenende stoffer i klappmateriale</i>	14
1.2 VURDERINGSSKRITERIER FOR KLAPTILLADELSE	15
1.2.1 <i>Fastsættelse af baggrundsværdier</i>	15
1.2.2 <i>Strategi for fastsættelse af grænseværdier</i>	15
1.2.3 <i>"Grænseværdier" baseret på baggrundskoncentrationer</i>	17
1.3 KLAPNING PÅ SKÆRPEDE VILKÅR	18
1.3.1 <i>Klappning i lukket område</i>	18
1.3.2 <i>Sedimentationsområde</i>	18
1.3.3 <i>Klappning i huller fra råstofindvinding</i>	18
1.3.4 <i>Undersøiske fordybninger</i>	18
1.3.5 <i>Belastningskriterier</i>	19
1.3.6 <i>I en overgangsperiode</i>	20
1.4 PRIORITEREDE STOFFER OG UDFASNING	20
1.5 MASSESTRØMSVURDERING FOR MARINT MILJØ	21
1.5.1 <i>Kattegat og Bælthavet</i>	21
1.5.2 <i>Skagerrak og Nordsøen</i>	28
2 KONSEKVENSER	30
2.1 MILJØFREMMEDE STOFFER I KLAPMATERIALE	30
2.2 GENERELLE OMKOSTNINGER TIL KLAPNING	31
2.3 SCENARIER FOR NATIONALT NIVEAU	32
2.3.1 <i>Scenarie 1. Samlet vurdering for hele landet (best to worst case)</i>	32
2.3.2 <i>Scenarie 2. Vurdering for hele landet baseret på indholdsstoffer</i>	33
2.3.3 <i>Scenarie 3. Klappning på skærpede vilkår</i>	35
2.3.4 <i>Scenarie 4. Deponering</i>	35
2.3.5 <i>Omkostninger i forskellige havne</i>	36
2.4 ANBEFALINGER OG KONKLUSIONER	38
3 REFERENCER	41
FORUDSÆTNINGER FOR BEREGNING AF OMKOSTNINGER	45
OMKOSTNINGER VED SEDIMENTBORTSKAFFELSE	48
3.1 BAGGRUND FOR OMKOSTNINGSFASTSÆTTELSE	49
3.1.1 <i>Sedimentet</i>	49
3.1.2 <i>Bortskaffelsen</i>	49
SCENARIER	53
3.2 SCENARIO 1: SAMLET VURDERING FOR HELE LANDET (BEST TO WORST CASE)	53
3.3 SCENARIO 2: VURDERING FOR HELE LANDET BASERET PÅ INDHOLDSTOFFER	53
3.3.1 <i>Nationalt scenarie bygget på seks havne med kendt klappbehov</i>	53

3.3.2 <i>Nationalt scenarie baseret på median for 12 havne</i>	53
3.4 SCENARIO 3. KLAPNING PÅ SKÆRPEDE VILKÅR	54
3.5 SCENARIO 4. DEPONERING	54
3.5.1 <i>Spulefelter og regionale depoter</i>	54
BEREGNING AF OMKOSTNINGER I FEM HAVNE	56
SCENARIO FOR LILLE HAVN, BAGENKOP	56
3.7 STOR HAVN, ÅRHUS HAVN	57
TRAFIKHAVN, ODENSE HAVN	58
FISKERIHAVN, ÅRHUS FISKERI - OG LYSTBÅDEHAVN	59
LYSTBÅDEHAVN, MARSELISBORG LYSTBÅDEHAVN	60

Forord

Miljøstyrelsen igangsatte en række projekter omkring forurenede sedimenter og klappning i år 2000. Projekterne havde til formål at skabe et overblik over forureningens karakter, samt over mulighederne for at håndtere og genanvende sedimentet på en økonomisk og miljømæssig forsvarlig måde. Efter afrapporteringen af disse projekter blev tre områder udvalgt til mere detaljeret udredning og en udredning af omfang og konsekvenser igangsat.

En liste over de i 2001 igangsatte projekter med konsulenten i parentes følger nedenfor.

1. Fælles depoter (DHI)
2. Mobile behandlingsanlæg (Carl Bro)
3. Små havne (Rambøll)
4. Omfang og konsekvensanalyse (COWI).

I dette dokument bringes en udredning af omfang og konsekvensanalyse af bortskaffelsesstrategier. Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af

Christian Jensen (Århus Amt)
Søren Larsen (Fyns Amt)
Frank Stuer-Lauridsen (COWI)
Eva Lund (Rambøll)
Mette Schelau (Carl Bro)
Jesper Ansbæk (Carl Bro)
Anders Jensen (DHI)
Signe Foverskov (DMU),
Jesper H. Andersen (DMU)
Martin M. Larsen (DMU)
Kjeld Laursen (SNS)
Kjeld Frank Jørgensen (Miljøstyrelsen)
Alf Aagaard (Miljøstyrelsen)
Povl Rasmussen (Miljøstyrelsen)
Inger Asp Fuglsang (Miljøstyrelsen)
Henrik Søren Larsen (Miljøstyrelsen)

Udredningen er udarbejdet på COWI A/S af en projektgruppe bestående af Frank Stuer-Lauridsen (projektleder), Ole Geertz-Hansen, Carsten Jørgensen, Carsten Lassen, Anders Skibsted Mogensen og Gerner Juhl Pedersen.

Rapporten er en del af baggrundsmaterialet som skal give Miljøstyrelsen det nødvendige grundlag til at skrive en handlingsplan for klappingsområdet.

Den første del "Omfang" er orienteret mod at fastlægge klappmængder, koncentrationer m.m. Anden del er økonomiske konsekvensberegninger, og indeholder resultaterne fra gennemregning af forskellige scenarier.

Rapporten indeholder ingen vurdering om biologiske konsekvenser af forskellige strategier.

Sammenfatning og konklusion

Dette projekt opsamler og anvender resultaterne fra en række af Miljøstyrelsens projekter vedrørende sediment og klapping gennem de seneste par år. Formålet er at estimere det økonomiske omfang og konsekvenser af forskellige strategier til bortskaffelse af det sediment, som potentielt indeholder forurenende stoffer. Det vil især dreje sig om sediment fra oprensninger i havne.

Der er foretaget en sammenligning af opgørelser over klapmateriale fra DHI (2000), Sammenslutningen af danske havne (2000) og Miljøstyrelsen (2001). Det er fundet at ca. 750.000 tons ud af samlet ca. 3 mio. tons klapmateriale vil tilhøre kategorien 'potentielt forurennet'. Dette estimat er anvendt som grundlag for beregninger i projektet.

Baseret på ATLASdatabasen er baggrundsniveauerne for metallerne kviksølv, cadmium, bly og kobber, for tributyltin og en repræsentant for PAH-gruppen (benzo(a)pyren) i danske farvande beregnet. Beregningerne er baseret på medianværdien, som er et udtryk for hvor tyngdepunktet af målinger ligger.

En lang række strategier kan anvendes ved vurdering af sediments forureningsgrad, f.eks. belastningskriterier eller toksicitetskriterier. Baggrundskoncentrationer for stofferne i miljøet med to grænseværdiniveauer er anvendt som grundlag for konsekvensvurderingen. Dette svarer til anbefalingerne i internationale konventioner.

De økonomiske konsekvenser ved oprensning af havnesediment er baseret på tre bortskaffelsesmåder: Almindelig klapping, klapping under skærpede vilkår og deponering på land. Valget af disse afhænger af sedimentets koncentration af de seks valgte eksempelstoffer. Sediment med stofkoncentrationer under aktionsniveau 1 kan umiddelbart klappes, mens overskridelse af aktionsniveau 2 fører til landdeponering. Imellem disse niveauer kan klapping på skærpede vilkår accepteres.

Tabel 1. Baggrundskoncentration og aktionsniveauer for 6 eksempel stoffer.

	Baggrundsværdi	Aktionsniveau 1 Klapping til havs	Aktionsniveau 2 Klapping på skærpede vilkår	Deponering på land
TBT (µg/kg TS)	3,5	<7	7 - 70	>70
Benzo(a)pyren (µg/kg TS)	125	<250	250 - 2.500	>2.500
Cu (mg/kg TS)	15	<30	30 - 300	>300
Hg (mg/kg TS)	0,11	<0,22	0,22 - 2,2	>2,2
Pb (mg/kg TS)	20	<40	40 - 400	>400
Cd (mg/kg TS)	0,38	<0,76	0,76 - 7,6	>7,6

Hver bortskaffelsesmåde er blevet opdelt i enhedsoperationer, som er prissat på baggrund af de tidligere rapporter om emnet, information fra projektets følgegruppe og kontakt til branchen og havnene. Herefter er der beregnet samlede omkostninger på nationalt plan for en række scenarier.

Tabel 2. Omkostninger ved klapning

Scenarier	Pris (mio kr.)
Klapning	33
Klapning på skærpede vilkår	66-116
Deponering	100-394
Klapbehov kendt (6 havne)	184-394
Ukendt klapbehov (12 havne)	66-394
Klapning bag dæmninger på havbund eller i uddybning med capping	105-305
Klapning i sedimentationsområde	101-301
Klapning i lukket område (klapbassin)	89-289
Mindre kystdepoter	289-305
Spulefelter	89-105
Regionale depoter	120-136

Omkostningerne ved bortskaffelsesmetoderne skal ses i relation til at minimumsprisen under alle omstændigheder er prisen for klappning. Hertil kommer, at der allerede i dag deponeres en del materiale i forskellige deponier. I følge Sammenslutningen af danske havne er det ca. 278 m³.

For at illustrere omkostninger for forskellige havne er disse beregnet for en lille havn, stor havn, trafik havn, fiskerihavn og lystbådehavn. Som er eksempler er valgt Bagenkop havn, Århus havn, Odense havn, Århus fiskerihavn og Marselisborg lystbådehavn, hvorfra koncentrationen af relevante stoffer er kendt i bundmaterialet eller kan estimeres.

Tabel 3. Omkostninger for bortskaffelse af havnesediment for udvalgte havne.

Case	Havn	Pris (mio. kr.)
Lille havn	Bagenkop	0,24-0,72
Stor havn	Århus oliehavn	3,75-7,47
Trafikhavn	Odense havn	3,75-12,45
Fiskerihavn	Århus fiskerihavn	3,75-7,47
Lystbådehavn	Marselisborg	0,4-4,5

I rapporten er variationer af bortskaffelsesmetoder også beregnet, f.eks. rensning af havnesediment med mobile eller stationære anlæg og der er for de enkelte havne også beregnet en række forskellige detailscenarier, som gives i rapportens bilag.

Hovedkonklusionerne er, at den udbredte anvendelse af antibegrøningsmidlet tributyltin medfører at koncentrationen af stoffet i havnesediment typisk overskrider det generelle niveau på 2 gange baggrundskoncentrationen i miljøet, som har været retningsgivende for klappning i Danmark. Ekstraomkostningerne forbundet med oprensning af sediment fra havne, som ikke kan overholde dette kriterium, vil være mellem 33 og 361 mio. kroner årligt. Regionale depoter, rensning af sediment, anvendelse af forskellige former for klappning på skærpede vilkår kan begrænse de samlede omkostninger sammenlignet med en eventuel landdeponering af alt det potentielt forurenede sediment. For mindre havne og lystbådehavne kan udgiften til transport og deponering eller rensning dog sandsynligvis hurtigt udgøre hovedparten af omkostningerne ved oprensning.

Resume and conclusion

This project compiles and uses the results from a number of the Danish EPA projects carried out in the last couple of years, concerning sediment and dredging. The aim is to estimate the economical extent and the consequences of different strategies for discharge of sediment with a potential risk of containing polluted substances. This mainly concerns material from cleaning up harbours.

Several estimates on dredged material are compared: DHI (2000), Association of Danish Harbours (2001) and the Danish EPA (2001). Up to 750,000 tonnes of about 3 million tons dredged material will be in the category 'potentially polluted'. This estimate has been used as basis for the calculations in the project.

Based on the ATLAS database, it has been calculated where in the Danish waters the background levels are for the metals mercury, cadmium, lead and copper, for tributyltin and for one PAH (benzo(a)pyrene). The median value has been used as an term for where the central point of the measurements is.

A number of strategies can be used in the assessment of the degree of pollution of the sediment i.e. criteria for load and toxicity, but as basis for the consistency assessment it has been decided to use background concentrations for the substances in the environment with two limit values as recommended in the international conventions.

Table 4. Background concentration and action levels for six compounds.

	Background concentration	Action level 1	Action level 2	Landfilling
TBT ($\mu\text{g}/\text{kg DM}$)	3,5	<7	7 - 70	>70
Benzo(a)pyrene ($\mu\text{g}/\text{kg DM}$)	125	<250	250 - 2.500	>2.500
Cu ($\text{mg}/\text{kg DM}$)	15	<30	30 - 300	>300
Hg ($\text{mg}/\text{kg DM}$)	0,11	<0,22	0,22 - 2,2	>2,2
Pb ($\text{mg}/\text{kg DM}$)	20	<40	40 - 400	>400
Cd ($\text{mg}/\text{kg DM}$)	0,38	<0,76	0,76 - 7,6	>7,6

The three ways of discharging are: ordinary dredging, dredging under controlled conditions and landfilling. A number of activities are linked to the way these discharges are carried out. Each activity has been divided into operational units which are priced according to former reports on the subject, information from the follow-up group and from contact with the trade and the ports. Following this, the total cost on a national basis has been estimated for a number of scenarios.

Table 5. Dredging Expenses.

Scenario	Price (Mio DKK)
Dredging	33
Dredging under controlled conditions	66-116
Landfilling	100-394
Dredging of know amount (6 harbours)	184-394
Dredging of unknown amount (12 harbours)	66-394
Capping	105-305
Dredging in sedimentation area	101-301
Dredging in closed area (basin)	89-289
Small coast deposits	289-305
Disposal area	89-105
Regional deposits	120-136

The cost of the discharge methods must be seen in relation to the minimum price being the price for dredging anyway. Furthermore, material is already being stored in depots. According to Association of Danish Harbours (2001) this amounts to 278 m³.

To illustrate the costs in different harbours estimates have been made for a small harbour, a large harbour, traffic harbour, fisheries harbour and a marina. The following harbours, where the concentration of relevant substances in the sediment is known or can be estimated, has been chosen as examples: Bagenkop harbour, Århus harbour, Odense harbour, Århus fisheries harbour and Marselisborg marina.

Table 6. Expenses for removal of harbour sediment in selected harbours.

Case	Harbour	Price (Mio DKK)
Small harbour	Bagenkop	0,24-0,72
Large harbour	Århus oliehavn	3,75-7,47
Traffic harbour	Odense havn	3,75-12,45
Fishing harbour	Århus fiskerihavn	3,75-7,47
Yachting harbour	Marselisborg	0,4-4,5

Variations of discharging methods have also been estimated in the report such as cleansing of harbour sediment with mobile or permanent facilities. For some harbours, different detail scenarios have also been estimated. The main conclusions are that the use of the antifouling substance, tributyltin, means that the concentration of the substance will exceed the general level of background concentration in the environment twice which has been an guideline for dredging in Denmark. Exceeding costs in connection with cleaning the sediment from harbours where this limit is not met will amount to between 33 and 361 million DKK pr. year. Regional depots, cleaning of sediment, use of different means of dredging under more stringent conditions can limit the total costs, compared to a possible depositing of the polluted sediment. For smaller harbours and marinas, the costs of transport and depositing or cleaning may constitute the major part of the costs of dredging.

1 Omfang af klappning

1.1 Behov og mængder

Opgørelsen af mængden af sediment kombineret med en vurdering af sedimentets indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer muliggør en vurdering af omfanget af sediment der kan klappes.

1.1.1 Fremtidigt behov for optagning og klappning

Det fremtidige behov for klappning er vurderet på basis af en undersøgelse af havnenes estimater over mængden af materiale optaget fra havnebassiner og sejlløb i de kommende år. Desuden er opgørelser over de enkelte havnes forventede mængde sediment til klappning medtaget til at foretage den samlede vurdering.

Disse undersøgelser danner således basis for vurderingen af den mængde sediment, der potentielt skal oprensnes. Vurderingen af bortskaffelsesmetoderne og kategorisering af sedimentet diskuteres i kapitlerne 1.2 og 1.3.

1.1.1.1 Kilder

Der har hersket nogen usikkerhed om de fremtidige behov for at optage og klappe sediment. Der er dog foretaget tre uafhængige estimater:

- Miljøstyrelsens klapdatabase, hvortil både givne tilladelser og aktuelt klappede mængder indberettes (Miljøstyrelsen 2000)
- DHI's spørgeskemaundersøgelse, hvor 125 havne har svaret på en række spørgsmål om deres fremtidige klapbehov (DHI 2000)
- Sammenslutningen af Danske Havnes spørgeskemaundersøgelse hvor 48 havne har svaret på spørgsmål om deres fremtidige behov for oprensning af havnebassiner og sejlløb (Sammenslutningen af Danske Havne 2000)

Alle tre kilder bruger direkte eller indirekte på den samme primærkilde; de enkelte havnes opgivelser. Men hvor klapdatabasen retrospektivt registrerer de faktisk indberettede mængder, er de to spørgeskemaundersøgelser baseret på havnenes forventninger til fremtiden.

1.1.1.2 Usikkerhed

De kommende behov for optagning og klappning er fremkommet vha. havnenes forventning og der kan derfor være nogen usikkerhed om de estimerede mængder. Derudover kan forskelle i de fremkomne estimater skyldes:

- forskel på om der kun regnes med havnesediment, eller om sejltredeoprensninger er inkluderet
- om mængden angives i volumen eller vægt, hvilke omsætningsfaktorer der evt. anvendes, og om der regnes i tørvægt eller vådvægt
- om der regnes i optaget eller klappet materiale, idet ikke alt optaget materiale klappes, men evt. deponeres eller nyttiggøres som fyld

1.1.1.3 Resultater

De to spørgeskemaundersøgelser giver umiddelbart et temmeligt forskelligt billede af behovet for optagning og klappning af sediment.

Havnesammenslutningen opregner i første omgang mængden af optaget materiale (se Tabel 1.1). Behovet for oprensning (optagning og klappning) er angivet i m³ og omregnet til tons tørstof ved en anslået massefylde på 1,5 kg/L og tørstofprocent på 60% (COWI 1997). Dette svarer til en omregningsfaktor fra volumen vådt sediment til tørstof på 0,9.

Tabel 1.1 for oprensning af sediment i de kommende ti år, opgjort af Sammenslutningen af Danske Havne (2000).

	Volumen (1000 m ³)										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Middel
Fra havnebassiner	813	760	678	857	644	636	657	804	604	731	718
Fra sejløb	1867	1837	1868	2253	2014	1830	1810	2185	1801	1987	1945
Andet	47	34	138	115	130	23	13	229	14	141	88
I alt	2727	2631	2684	3225	2788	2489	2480	3218	2419	2859	2752

	Vægt (1000 t TS)										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Middel
Fra havnebassiner	732	684	610	771	580	572	591	724	544	658	646
Fra sejløb	1680	1653	1681	2028	1813	1647	1629	1967	1621	1788	1751
Andet	42	31	124	104	117	21	12	206	13	127	79
I alt	2454	2368	2416	2903	2509	2240	2232	2896	2177	2573	2477

DHI's detaljerede undersøgelse inkluderer mere end det dobbelte antal havne, og langt flere mindre havne har angivet deres klappningsbehov. Det samlede behov for klappning/deponering er alligevel kun opgjort til ca. halvdelen af Havnesammenslutningens opgørelse (DHI 2000). I Tabel 1.2 nedenfor er angivet behovet for klappning i perioden 1998-2003. Det er antaget, at vægtangivelserne i DHI (2000) er opgivet som tørstof.

Tabel 1.2 Behovet for klappning af sediment i perioden 1998-2003 (DHI 2000).

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Middel
Klappning (1000 t TS)	897	890	1606	1532	1388	899	1356
Klappning (1000 m ³)	718	712	1285	1226	1110	719	1085

I DHI (2000) er omregnet fra volumen klappet sediment til vægt ved at gange med en faktor 1,25.

Den store samlede forskel på undersøgelserne skyldes, at DHI (2000) har angivet Esbjerg Havn uden oprensning af sejlrenden, som er medtaget i Sammenslutningen af danske havnes undersøgelse (1.820.000 m³ svarende til 1.638.000 t TS). Inkluderes denne mængde i DHIs undersøgelse opnås en samlet mængde på 2.994.000 t TS. Dette resultat skal sammenlignes med resultatet fra Sammenslutningen af danske havnes undersøgelse på 2.477.000 tons TS. Resultatet af DHIs undersøgelse er bliver dermed ca. 20% højere, men inkluderer også et større antal havne.

Hvis der korrigeres for at DHI opgør klappningsbehov, og resultatet fra Sammenslutningen af danske havnes undersøgelse indbefatter landdeponering og nyttiggørelse, er de to undersøgelser i rimelig overensstemmelse. Ses der på det angivne volumen fra havne er de gennemsnitlige tal henholdsvis 718.000 og 1.085.000 m³.

De samlede tal er udtryk for fremskrevne behov og der er acceptabel overensstemmelse med opgivelser fra Miljøstyrelsen, om at der fra amterne indberettes klapping af 3 – 5 millioner tons om året (Miljøstyrelsen 2001).

Data for klapping er eksklusive de store anlægsarbejder ved Storebælt og Øresund. I begge tilfælde blev det opgravede materiale nyttiggjort.

Tabel 1.3. Miljøstyrelsens anslåede omfang af klapping i Danmark baseret på indberetninger fra amterne.

	Årlig variation	Anslået gennemsnit
Klapping (1000 t TS)	3000 – 5000	4000

For fuldstændighedens skyld skal Havnesammenslutningens opgørelse af hhv. klapping, landdeponering og nyttiggørelse af det opgravede materialet også refereres.

Tabel 1.4. Skæbnen for det oprensede sediment i perioden 2001-2010. omregnet til vægt i tørstof. Fra Sammenslutningen af danske havne (2000).

	Volumen (1000 m ³)										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Middel
Klapping	2218	2161	2135	2319	2440	2159	2180	2247	2131	2513	2250
Landdepot	254	333	278	701	131	153	131	784	156	163	308
Nyttiggørelse	190	226	193	171	162	160	172	170	162	190	180
I alt	2662	2720	2606	3191	2733	2472	2483	3201	2449	2866	2738

	Vægt (1000 t TS)										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Middel
Klapping	1996	1945	1922	2087	2196	1943	1962	2022	1918	2262	2025
Landdepot	229	300	250	631	118	138	118	706	140	147	278
Nyttiggørelse	171	203	174	154	146	144	155	153	146	171	162
I alt	2396	2448	2345	2872	2460	2225	2235	2881	2204	2579	2464

1.1.2 Mængden af potentielt forurenede materiale

Der kan skabes en rimelig overensstemmelse mellem de tre opgørelser. Sammenslutningen af danske havnes resultater refereret i Tabel 1.1 og DHIs resultater er i rimelig overensstemmelse med Miljøstyrelsens tal. D.v.s. at der oprensede ca. 3 mio. tons TS årligt, hvoraf godt tre fjerdedele er fra sejlløb og en fjerdedel fra havnebassiner. Det skønnes at alle betydende havne er med.

Langt det meste materiale fra sejltreder kan klappes uden problemer fordi det stammer fra områder med stor transport af suspenderet materiale, især Vadehavet, den jyske vestkyst og Gedser. Ved en vurdering af behovet for andre deponeringsformer pga. forureningskomponenter er det skønnet, at disse materialer stadig i vidt omfang vil kunne klappes. Derfor er mængden af sejltredermateriale på 75% af 3 mio. tons fraregnet den samlede mængde oprenset materiale og det skønnes derfor at oprensningsbehovet i potentielt forurenede områder vil være op til ca. 0,75 mio. tons TS årligt. Det er ikke sikkert at denne forudsætning kan holde for sejltreder i mere beskyttede områder, hvor TBT indholdet kan blive en kritisk parameter.

Tabel 1.5 Anslået oprensningsbehov i Danmark fra områder med potentielt forhøjede forureningsniveauer.

	Samlet behov	Anslået potentiale for forurenede materiale
Oprensningsbehov (1000 m ³)	3300	830
Oprensningsbehov (1000 t TS)	3000	750

1.1.2.1 Små havne

I DHI (2000) er der 73 havne med et gennemsnitlig klapbehov under 10.000 m³ med opgivne klappmængder i perioden frem til 2004, og 59 havne forventer at oprense mindre end 5000 m³. De pågældende havne udgør 195.000 tons (16%) henholdsvis 112.000 tons (9%) af den samlede klappmængde fra havne.

I Sammenslutningen af danske havnes opgørelse, som primært omfatter de større havne, har 11 af 24 havne klapbehov under 10.000 m³ (i alt ca. 20.000 m³) og 10 havne forventer at klappe mindre end 5.000 m³ (i alt ca. 13.000 m³).

1.1.3 Model for forurenende stoffer i klappmateriale

1.1.3.1 Bortskaffelseskategorier

Kategoriseringen af havnesediment foretages vha. en model med data om koncentrationer af miljøfremmede stoffer i havnesediment og klappningsmængder for hele landet. Kategorierne er klappning, klappning på skærpede vilkår og deponering. I modellen vurderes alle havne med klapbehov enkeltvis i forhold til de fastsatte baggrundsværdier og aktionsniveauer. Modellen er nærmere forklaret i COWI (2001). Dette medfører kategoriseringen for hver enkelt havn inden for de tre bortskaffelseskategorier. Den samlede mængde, som falder inden for hver af de tre kategorier, findes ved at summere mængderne for de enkelte havne.

1.1.3.2 Valg af eksempelstoffer

Som eksempelstoffer er valgt metallerne kviksølv (Hg), bly (Pb), cadmium (Cd) og kobber (Cu), som typisk udgør mellem 50 og 75% af det samlede toksicitetsbidrag fra metaller i klappmateriale. Herudover er Hg og Cd udpeget i London konventionen som akkumulerbare og toksiske, Cu et typisk biocid i skibsmaling og Pb et "klassisk" toksisk tungmetal, som der også findes mange målinger for.

Den organiske forbindelse benzo(a)pyren (BaP) er valgt som eksempelstof for polyaromatiske hydrocarboner (PAH). PAH'er tilføres vandmiljøet både fra punktkilder og fra diffuse kilder. BaP er et kronisk toksisk stof (carcinogent) og det udgør i størrelsesordenen 1% af summen af PAH'er. Andelen kan svinge noget afhængig af typen af emissionskilde.

Tributyltin (TBT) er et antibegroningsmiddel til skibe, som på grund af utilsigtede effekter ved lave koncentrationer (især ændrede køns karakterer i snegle, imposex), er blevet et problem i vandmiljøet.

PAH og TBT er også udvalgt fordi tidligere rapporter har indikeret, at disse stoffer bidrager væsentligt til sedimenters samlede toksicitet (DHI 2001 og COWI 2001).

1.1.3.3 Databehov

Ved mangel på data for et eller flere stoffer i en havn med klapbehov bruges en modelværdi. Denne fastsættes på følgende måde:

- amtsmedian anvendes for havne uden data med tilstrækkeligt datagrundlag i pågældende amt (gælder for stofferne Hg, Pb, Cd, Cu, og TBT).
- landsmedian anvendes for havne uden data ved mangelfuldt datagrundlag i amtet (gælder for stofferne Hg, Pb, Cd, Cu, og TBT).
- For PAH anvendes landsmedian for havne uden data .

Vurdering af tre bortskaffelseskategorier for havnesedimentet i Danmark er baseret på koncentrationen af stofferne Hg, Pb, Cd, Cu, PAH og TBT samt det estimerede klapbehov for havne i perioden 2001-2003. Koncentrationer af disse stoffer er indhentet fra Miljøstyrelsens Klapdatabase, som indeholder data fra havne med klaptilladelser som har indberettet til Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen 2000). Der er ikke data for TBT og PAH i klapdatabasen, og disse er derfor hentet i DHI (2000). Data vedrørende klapbehov er indhentet fra DHI (2000).

Til vurdering af bortskaffelsesmuligheder for havnesediment er anvendt baggrundsværdier for de seks ovenfor nævnte stoffer i sediment. Disse er fastsat som medianen af koncentrationer fundet i ATLASdatabasen (COWI 1999). Baggrundsværdierne antages at svare til diffust belastet sediment.

1.2 Vurderingskriterier for klaptilladelse

1.2.1 Fastsættelse af baggrundsværdier

I ATLASdatabasen er indhentet koncentrationer af Hg, Pb, Cd, Cu, PAH og TBT i sediment. Baggrundsværdien for de enkelte stoffer er fastsat som medianen af disse koncentrationer. Der foreligger mellem 700 og 900 målinger for hvert af metallerne i databasen, men betydeligt færre for organiske forbindelser (<20). I nedenstående tabel ses de fundne baggrundsværdier.

Tabel 1.6. baggrundsværdier af eksempel stoffer.

	Baggrundsværdi
TBT (µg/kgTS)	3,5
Benzo(a)pyren (µg/kgTS)	125
Cu (mg/kgTS)	15
Hg (mg/kgTS)	0,11
Pb (mg/kgTS)	20
Cd (mg/kgTS)	0,38

Middelværdierne er 0,48 mg Hg/kg TS, 0,78 mg Cd/kg TS, 28,9 mg Pb/kg TS, 21 mg Cu/kg TS, 0,66 µg TBT/kg TS og 384 µg BaP/kg TS.

1.2.2 Strategi for fastsættelse af grænseværdier

Kriterier for vurdering af sediments forurening, bl.a. i forbindelse med klapning og anden håndtering af klappmateriale for Danmark skal følge de retningslinier de internationale aftaler udstikker. Disse aftaler er især London Konventionen, HELCOM og OSPAR, med sidstnævnte som toneangivende, som beskrevet i COWI (2001).

Der er typisk to forskellige strategier for fastsættelse af kvalitetskriterier for sediment: baggrundsværdier og toksikologiske nul-effekt-værdier. I de følgende eksempler på danske kriterier er der lagt vægt på baggrundsværdier (pga. mangel på egnede toksikologisk baserede kvalitetskriterier). De internationale retningslinier foreslår to sæt værdier eller aktionsniveauer:

- aktionsniveau 1: sediment med acceptable koncentrationer af kemiske stoffer i forhold til at tillade klappning.
- aktionsniveau 2: sediment med uacceptabelt høje koncentrationer af kemiske stoffer som derfor i stedet skal deponeres.

Det giver tre udfaldsrum: Klappning, deponering på land og et område ind i mellem, hvor der kan iværksættes yderligere undersøgelser, laves specialkriterier e.lign.

I denne rapport fastlægges kriterier ikke, men der gives eksempler. Der gives heller ikke forslag til hvilken bortskaffelse, der kan tillades, såfremt materialets forurening betyder at det falder mellem aktionsniveau 1 og 2. Der vurderes dog en række muligheder:

- klappning i lukket område (f.eks. klappassin i havn).
- klappning på sedimentationsområde.
- deponering i undersøiske fordybninger (f.eks. sugehuller).
- havdeponering med volde og/eller capping.
- havdeponering/klappning med belastningskriterier.
- deponering med skærpede vilkår, f.eks. uden toksicitet eller akkumuleringspotentiale.

En række af disse optioner anvendes i OSPAR lande i dag (COWI 2001; OSPAR 1997), se Tabel 1.7.

Tabel 1.7. Basis for aktionsniveau 1 og intervaller mellem aktionsniveau 1 og 2 i Europæiske lande.

Land	Baggrundsdata (BGD)	Niveau 1 (BGD x)	Niveau 2(Niveau 1 x)
Belgien	Klappmateriale fra marine sejlrender	1,5	5
Tyskland	Vadehavssedimenter	1,5	5
Frankrig	Alle havnesedimentmålinger	2	4
Holland	Materiale klappet marint i 1988, farlige stoffer, toksikologi	1-?	1->40
Norge	Marine baggrunds-niveauer	4	10-12
Sverige	Marine baggrunds-niveauer	10	*
Spanien	Baggrunds-niveauer	? (efter forhold)	5

*Der er ikke aktionsniveauer, men der angives "jämförvärden" (sammenligningsværdier) med forurenede sediment.

Af tabellen ses at flere lande har lagt aktionsniveau 1 omkring 1,5 – 2 gange over baggrundsdata, som dog må formodes at variere noget afhængig af de valgte grunddata. Aktionsniveau 2 ligger ca. 5 gange over niveau 1, men Hollands og Norges værdier er fastsat efter individuel bedømmelse og kan variere 1-40 gange.

De hollandske værdier er baseret på talegrænser beregnet i forhold til et beskyttelsesniveau for 95% af arterne. En række stoffer ("very troublesome substances") er undtaget, men ellers gælder det i Holland, at op til 2 stoffer kan overskride aktionsniveau 1 med op til 50%.

1.2.3 "Grænseværdier" baseret på baggrundskoncentrationer

Danske værdier for de seks udvalgte stoffer, som kunne svare til "aktionsniveau" 1 og 2 er baseret på baggrundsværdier for sedimentkoncentrationen af stoffet i ATLASdatabasen. Der er altså ikke tale om "rent" oceanisk sediment, men medianværdien for sediment i danske farvande. Værdien for "klapning" er givet som 2 gange medianværdien for baggrundskoncentrationen. Værdien for "klapning på skærpede vilkår" er 10 gange værdien for "klapning", se Tabel 1.8.

Tabel 1.8. Eksempler på grænseværdier for stofkoncentrationer anvendt ved strategi baseret på baggrundsværdier.

	Aktionsniveau 1 Klapning til havs	Aktionsniveau 2 Klapning på skærpede vilkår	Deponering på land
TBT (µg/kg TS)	<7	7 - 70	>70
Benzo(a)pyren (µg/kg TS)	<250	250 - 2.500	>2.500
Cu (mg/kg TS)	<30	30 - 300	>300
Hg (mg/kg TS)	<0,22	0,22 - 2,2	>2,2
Pb (mg/kg TS)	<40	40 - 400	>400
Cd (mg/kg TS)	<0,76	0,76 - 7,6	>7,6

Stofkoncentrationerne angivet i ovenstående tabel danner basis for analysen af fordelingen af sediment inden for de tre kategorier.

ATLASdatabasen og de internationale værdier for baggrundskoncentrationer er ofte givet med tørvægten af sedimentet som enhed. I Danmark anvender vi typisk sedimentet organiske indhold eller glødetabet som grundenhed. Medianværdien for glødetab i ATLASdatabasen er 7,6 % og "grænseværdierne" med denne omregning er givet i Tabel 1.9. Værdierne kan kun anvendes som retningsgivende, da der er anvendte gennemsnitlige koncentrationer til beregning. Medianen for glødetab er 7,6% (76 g glødetab/kg TS). I nedenstående tabel er angivet stofkoncentrationer omregnet til glødetab.

Tabel 1.9. stofkoncentrationer anvendt ved strategi baseret på baggrundsværdier på glødetabsbasis.

	Aktionsniveau 1 Klapning til havs	Aktionsniveau 2 Klapning på skærpede vilkår	Deponering på land
TBT (µg/g GT)	<92	92 - 920	>920
Benzo(a)pyren (µg/g GT)	<3289	3289 - 32890	>32890
Cu (mg/g GT)	<395	395 - 3950	>3950
Hg (mg/g GT)	<2,9	2,9 - 29	>29
Pb (mg/g GT)	<526	526 - 5260	>5260
Cd (mg/g GT)	<10,0	10 - 100	>100

Der er anvendt medianværdier til at beregne baggrundskoncentrationer. Datagrundlaget for beregningerne er ATLASdatabasen, som principielt ikke indeholder data fra områder nær punktkilder. Data er dog fra områder med høj og lav akkumulering og fordelingen er påvirket af en række høje værdier, som formodentlig ikke er repræsentative for klappladser og erosionsområder. Tyngdepunktet for data er derfor bedre repræsenteret af medianen. F.eks. er medianen for Cd 0,38 mg/kgTS mens middelværdien er 0,78 mg/kg TS.

1.3 Klapping på skærpede vilkår

I intervallet mellem lave koncentrationer som umiddelbart tillader klapping og høje koncentrationer som kun tillader landdeponering, kan der åbnes for andre bortskaffelsesmetoder. Der er en række af de eksisterende metoder som ville falde i en kategori med betegnelsen klapping på skærpede vilkår, forstået som klapping der ikke sker direkte til en klappads i et erosionsområde. Det gælder for eksempel klapping under anaerobe forhold i huller fra råstofindvinding, bortskaffelse til klappassin som i Århus havn, klapping med capping eller dumping i sedimentationsbassiner. Disse bortskaffelsesmåder kaldes samlet for "confined aquatic disposal" (afgrænset bortskaffelse til vands). Princippet er at deponeringen sker på et kyst- eller havområde, men under former, som stærkt begrænser frigivelsen af materiale og forureningskomponenter.

1.3.1 Klapping i lukket område

Denne type bortskaffelse kendes fra Århus havn, som placerer optaget forurenede havnesediment i et særligt havneafsnit som, bortset fra ved indsejlingen, er lukket. Århus amt har gennemført en række undersøgelser af spredningen af især TBT, som viser, at der tilsyneladende er en bedre vandkvalitet i dette klappassin end i havnen generelt.

1.3.2 Sedimentationsområde

Klapping i et sedimentationsområde vil primært føre til en fysisk begrænsning af spredningen, idet materiale i sagens natur kun vanskeligt forlader disse områder. Sedimenter er gytje/silt-prægede og tilførsel af grovkornet materiale vil være imod retningslinier for fysisk lighed mellem klappmateriale og dumpningsområde. Der er karakteristika ved sedimentationsområder som betyder at let højorganisk materiale med større sikkerhed vil forblive på stedet. Dette materiale er oftest mest belastet, og det er svært at afvande og konsolidere på land.

1.3.3 Klapping i huller fra råstofindvinding

I de huller som efterlades eller tidligere blev efterladt ved råstofindvinding opstår der gerne anaerobe (iltfri) forhold. Fra et miljökemisk synspunkt er det den mest stabile måde at opbevare materiale forurenede med højt indhold af tungmetaller. Hvis der endvidere lægges et lag uforurenede materiale over vil der kun være meget begrænset udveksling med den overliggende vandfase.

Capping begrænser ligeledes frigivelsen af organiske forbindelser til vandfasen pga. fysisk beskyttelse, men de reducerede forhold øger snarere frigivelsen til porevandet og den nedbrydning som er ønskelig sker typisk væsentlig langsommere under anaerobe forhold. Denne metode kan altså ikke anvendes ukritisk på alle forurenede sedimenter.

1.3.4 Undersøiske fordybninger

I flere amerikanske projekter med deponering til vands er der dumpet i eksisterende fordybninger i havneområdet eller uddybet i rene områder og det rene materiale er anvendt til omkransende volde og kapmateriale. Disse "confined aquatic disposal facilities" begrænser frigivelsen af forurenende stoffer stærkt, men er også påvirket af om det typisk temmelig siltede materiale

kan konsolidere under vand og bære en capping. Der er endnu ikke ret mange erfaringer med disse akvatiske deponeringsformer.

Derimod er der en del erfaring fra Holland med kunstige øer til opbevaring af forurenede sediment. Dette er klassiske depoter til havs og omtales som deponering.

1.3.5 Belastningskriterier

1.3.5.1 Klappladsbelastning

På baggrund af en vurdering af klappladsens kapacitet, og med hensyntagen til fysiske forhold så som vanddybde, kystmorfologi, sejlads, strømningforhold, etc. kan der sættes et kriterium for tilladt klappning som alene bygger på modtagepladsens kapacitet. Det vil være et forholdsvis simpelt kriterium, der let lader sig formulere og kontrollere ved opmåling og genopmåling af klappladsens dybdeforhold. Opgørelsen over klappladser i Danmark (Miljøstyrelsen, 2000a) har vist, at de fleste klappladser i Danmark har stor kapacitet, dvs. i "mange" år, "mere end 100 år", e.l.. Årsagen til den store kapacitet er, at klappladserne overvejende ligger i erosionsområder.

Med dette kriterium alene vil der imidlertid ikke være nogen form for beskyttelse af miljøet mod uønskede stoffer, giftvirkninger eller tilførsel af andre miljøforstyrrende egenskaber ved klappmaterialet, som f.eks. højt organisk indhold, ler eller kalk-kolloider.

1.3.5.2 Belastning med stoffer pr. år

Belastningen med forurening betegner produktet af koncentration og sedimentmængden som tilføres i det givne tidsrum, f.eks. år (dvs. kg/år). Et tilsvarende belastningskriterium anvendes på næringssalte i eutrofieringssammenhæng, og elementet indgår i recipientkvalitetsplanlægning.

I Holland er tidligere anvendt en kombination af koncentration af stoffer i klappmaterialet (baseret på baggrundsværdier) og "tålegrænser" for forskellige dele af miljøet (baseret på "standstill"-værdier i 1988). I Danmark anvendes i visse specielle tilfælde et "load"-kriterium, når der ved klaptilladelsen tages højde for både en grænseværdier for koncentration (målt i kg stof per kg sediment) og en grænse for sedimentmængde (kg eller m³ sediment per år). Dermed opereres der de facto med et belastningskriterium, med dimensionen kg stof/år, hvor koncentrationen er bestemt ud fra baggrundsværdi og mængden er bestemt ud fra fysiske forhold eller "acceptabel tilledning". I princippet kan sådanne klappladsbudgetter udfærdiges for et afgrænset område og en afgrænset dybde i sedimentet på baggrund af en acceptable stigning i koncentrationen for metaller og med baggrund i en omsætningskapacitet for organiske stoffer. Hvis der er tale om en klapplads i et erosionsområde spredes materialet og det område, der påvirkes er større, og klappladsbudgettet vil i de tilfælde kunne udvides til at være indenfor større afgrænsede hydrografiske områder og deles mellem flere havne. I forhold til praksis er der dog det problem, at mange havne har deres egen klapplads som måske kun anvendes hver tredje år og de vil sikkert have vanskeligt ved at se, hvorfor de ikke kan klappe, fordi en anden havn i området har haft høje koncentrationer og opbrugt kapaciteten.

Eksempel:

På en given klapplads anvendes baggrundskoncentrationen 1 mg/kg som kriterium og den normalt tilladte koncentration af stoffet A i klappmaterialet 2 mg/kg. Det tilførte klappmateriale kan indeholde overkoncentrationer af A (> 2

mg/kg), hvis den samlede årlige belastning ikke overskrider 2 mg/kg gange accepteret tilladning af klappmateriale. Dette kræver, at der fastsættes maksimale årlige acceptable tilførsler for indholdsstoffer og klappmateriale (klappladsbudgetter). Hvis klappladsbudgettets acceptable kapacitet er beregnet til 100.000 m³/år må der altså tilføres ca. 200 kg/år af A. Kommer en havn med 10.000 m³ med 5 mg/kg (altså ca. 50 kg) så må resten af det tilførte materiale ligge på 1,5 mg/kg. Der må naturligvis være knyttet et kriterium på om toksicitet, så der ikke kan tilføres små mængder højtoksisk materiale.

1.3.5.3 Nedbrydelighed

Ved anvendelse af kriterier som indebærer en årlig eller flerårig periode er det væsentligt at vurdere stoffernes eventuelle nedbrydelighed og nedbrydningsrate. Man kan derfor godt forestille sig, at to stoffer som har samme baggrundskoncentration, kan få tildelt forskellige acceptable tilladninger afhængig af, om det er et stof, der med rimelighed forventes nedbrudt i løbet af en acceptabel tidsperiode, eller om stoffet er svært nedbrydeligt og derfor akkumuleres.

I lighed med situationen for sedimentationsområder er stoffernes aerobe og anaerobe nedbrydning relevant.

1.3.6 I en overgangsperiode

1.3.6.1 Let nedbrydelige stoffer

På længere sigt er det ikke usandsynligt at der vil blive udviklet "kriterier" for en række organiske stoffer (f.eks. jf. COMMPS, OSPAR EAC), som oftest ikke vurderes i dag. Et baggrundsværdikriterium eller nul-udledningsmål for disse stoffer kan let medføre et fuldt stop for klappning. I en overgangsperiode kan det evt. tillades at overkoncentrationer af let nedbrydelige stoffer kan accepteres ved almindelig klappning.

1.3.6.2 Ikke-kronisk toksicitet

Sediment med overkoncentrationer for visse stoffer kan klappes hvis disse stoffer ikke er sortlistede og ikke giver anledning til kroniske effekter eller ophobes i miljøet. Der accepteres altså forbigående akutte effekter.

1.4 Prioriterede stoffer og udfasning

Der ligger en række beslutninger nationalt og internationalt, tydeligst i Esbjerg deklarationens generationsmål og i OSPAR, om begrænsning af tilførsler af miljøfremmede stoffer til havmiljøet. EUs Vandrammedirektiv sætter også klare begrænsninger for udledninger til vandmiljøet. For nogle ganske få stoffer kan der være tale om direkte forbud mod anvendelse og udledning. Der er dog ingen deciderede sorte lister i forhold til forekomst af stoffer i miljøet eller sedimenter, heller ikke i klappmaterialer. De aftaler, der vedrører ophør af udledning vil på få indflydelse på mulighederne for klappning.

Tabel 1.10. Udvalgte internationale aftaler om vandmiljø og klappning.

Dokument	Relevante stoffer	Mål	Tidsperiode
Esbjerg deklARATION (1995)	"Hazardous substances": PAH'er, Cd, Hg, tungmetaller, PCB, DDT, POP'er, Dioxiner	Løbende reduktion i udledninger, frigivelse og tab ledende frem til ophør	En generation (25 år), dvs. i 2020
EU Vand-rammedirektiv 2000/60/EF (artikel 4, stk. 1)	"Identified hazardous substances": PAH'er, Cd, Hg og Pb, bromeret diphenylether, en række klorerede alkaner, aromater, visse pesticider, DEHP, nonyl- og octylphenol, tributyltin	"...progressiv reduktion af forurening med prioriterede stoffer samt standsning eller udfasning af emissioner, udledninger og tab af prioriterede farlige stoffer"	"...20 år efter Europa-Parlamentet og Rådets vedtagelse..."
OSPAR Annex 34, Annex 1 (1998)	"Substances for priority action": Polychlorinerede dibenzodioxiner og dibenzofuraner, PCB, PAH'er, pentachlorphenol, kortkædede chlorparaffiner, hexachlorocyclohexane isomers, kviksølv og organiske kviksølvforbindelser, cadmium, bly og organisk bly, organotin, nonylphenol/ethoxylateer, musk xylener, bromerede flammehæmmere, visse phthalater (dibutylphthalat og diethylhexylphthalat). 12 stoffer med PBT profil: Visse pesticider, halogenerede aromater og aliphater, komplekse aromater og aliphater. Hertil overvejes metaller, uorganiske forbindelser, hormonforstyrrende stoffer, bioakkumulerende stoffer	"progressiv implementering af denne strategi ved at bestræbe efter at nå målet om standsning af udledning, emissioner og tab af farlige stoffer"	Ingen deadline
London Convention	Organohalogener, Hg, Cd, plastic, olie, radioaktive stoffer, materialer til biologisk og kemisk krigsførelse	Begrænsning af tilførsel	Løbende, ingen tidshorizont

Der er flere konventioner, direktiver o.lign. som også får effekt på tilledningerne til miljøet generelt og dermed indirekte på klappmateriale, f.eks. Stockholm konventionen (POP'er) og EUs affaldsdirektiv. Der er dog ikke nævnt specifikke stoffer i forhold til sediment eller havneslam. Et kommende forbud mod anvendelse af TBT på skibe i 2008 i IMO-regi, vil få en direkte påvirkning på indholdet af et af de mest problematiske stoffer i klappmateriale.

1.5 Massestrømsvurdering for marint miljø

I det følgende afsnit vises en opgørelse af de samlede tilførsler af bly, cadmium, kviksølv, kobber, TBT og PAH-forbindelser til de indre danske farvande og Nordsøen. PAH vil blive vurderet på basis af benzo(a)pyren-indholdet, som er den hyppigste måleparameter. Formålet med opgørelsen er at kunne sætte omsætningen af stofferne med klappmateriale i relation til de samlede tilførsler til det marine miljø.

1.5.1 Kattegat og Bælthavet

Der er tidligere af Madsen og Larsen (1986) opstillet massebalancer for en række tungmetaller for Kattegat og Bælthavet. Farvandet er i analysen afgrænset til at omfatte Kattegat, Nordlige Bælthav, Lillebælt, Storebælt, Øresund samt et område stort set svarende til den danske del af det Sydlige

Bælthav. Farvandsområdet er angivet at have et samlet areal på 36.553 km². Balancerne for bly, cadmium, kviksølv og kobber er vist i nedenstående tabel.

Tabel 1.11. Balance for bly, cadmium, kviksølv og kobber for Kattegat og Bælthav ca. 1985 (Madsen og Larsen 1986).

	Pb		Hg		Cd		Cu	
	tons/år	%	tons/år	%	tons/år	%	tons/år	%
Tilførsel								
Atmosfærisk nedfald	256	77	2,4	62	3,7	28	55	32
Spildevand	33	10	0,9	23	1,6	12	33	19
Korrosion og klappning af havnesedimenter	6	2	0,3	8	0,5	4	23	14
Tilførsel med åer	38	11	0,3	8	7,4	56	59	35
I alt direkte input	333	100	3,9	100	13,2	100	170	100
Netto udveksling mellem Nordsøen og Østersøen ^{*1}	21		1,3		44		470	
Estimeret sedimentakkumulation på grundlag af målinger	301		2,0		3,5		203	

Korrosion fra skibe og klappning af havnesediment er i analysen vurderet at udgøre fra ca. 2% (bly) til 14% (kobber) af de samlede tilførsler af de fire tungmetaller.

En mere detaljeret opgørelse af til- og fraførsel af bly til samme farvandsområde er fortaget af COWI (1997). I opgørelsen, som ses i Tabel 1.12 er også de direkte tilførsler af metallisk bly i form af efterladte søkabler og tabte fiskeredskaber medregnet. Disse kilder vurderes at udgøre mere end halvdelen af de samlede kilder. Det atmosfæriske nedfald af bly er reduceret betydeligt i forhold til 1985-situationen som konsekvens af de reducerede forbrug af bly i benzin. Klappning af havnesedimenter er i opgørelsen regnet som en omfordeling inden for farvandsområdet, og bidrager derfor ikke med en tilførsel af bly.

Tabel 1.12. Massebalance for bly for de indre danske farvande ca. 1993 (COWI 1997).

	Tons Pb/år	% af samlet tilførsel
Tilførsel:		
Atmosfærisk nedfald (bulk+tør)	70-77	18
Udledninger fra rensningsanlæg, DK	0,8-1	0,2
Nedbørsbetingede udledninger fra kloakerede områder, DK	2,7-3	0,7
Andre direkte udledninger, DK	0,1-0,3	<0,1
Tilførsel via ferskvandsmiljøet, DK	5,3?	1?
Direkte udsivning fra punktbelastninger	1,6-3,2?	0,6
Tilførsel via åer, Sverige	8	2
Direkte udledninger, Sverige	0,5-1	0,2
Tab af fiskeredskaber	70-130	24
Kasserede søkabler	35-200	28
Slid/korrosion på genstande	1-4	0,6
Nettotransport fra Skagerrak	50-150?	24
Kysterosion	?	-
Tilførsel i alt	245-580?	100
Fraførsel:		
Fordampning	≈ 0	-
Fjernelse af fisk og skaldyr	0,005-0,093	<0,1
Fjernelse af plantemateriale	≈ 0	-
Nettotransport til Østersøen	21s	5
Kystdannelse	?	?
Opgravning og kystnær landdeponering af havnesedimenter	9-28	4
Fraførsel i alt	30-49	10
Nettotilførsel	200-550?	92

"?" angiver, at værdierne er meget usikre.

Opgørelser af tilførsler af bly, cadmium, kviksølv, kobber, TBT-forbindelser og PAH-forbindelser til Kattegat og Bælthavet er vist i Tabel 1.13. I opgørelsen er farvandet afgrænset til at omfatte Kattegat, Nordlige Bælthav, Lillebælt, Storebælt, Øresund og den danske del af det Sydlige Bælthav - i alt 37.900 km². Mængderne er kun angivet med de anslåede middelværdier, men der må regnes med, at der er betydelige usikkerheder på estimerne, af mindst samme størrelse, som angivet for bly i Tabel 1.12. Da der for mange kilder ikke foreligger fyldestgørende oplysninger er der i flere tilfælde - for alligevel at have en idé om størrelsen af de samlede tilførsler - lavet grove skøn over de enkelte kilders størrelse.

Baggrunden for estimerne er givet i det følgende. Dataene som opgørelsen bygger på stammer fra mange forskellige kilder med forskellige referenceår, og opgørelsen har derfor ikke noget referenceår, men antages at være nogenlunde dækkende for slutningen af 1990'erne. Der er ikke angivet usikkerheder på estimerne, men der er tale om ganske betydelige usikkerheder.

Mængderne der klappes er i denne opgørelse ikke regnet som tilførsel, men er angivet nederst i tabellen for at gøre det muligt at sammenligne mængderne der klappes (flyttes rundt) med de totale tilførsler. For tungmetallerne estimeres de klappede mængder på basis af en tidligere opgørelse at svare til 6% (Cu) til 18% (Hg) af de samlede tilførsler til Kattegat og Bælthavet.

Der findes ingen samlet opgørelse for benzo(a)pyren og TBT, og der er derfor på grundlag af målinger i havnesedimenter estimeret en sandsynlig maksimumværdi. I det hele taget er balancen for TBT og benzo(a)pyren

baseret på meget få målinger og resultaterne er meget usikre. Det synes dog at være sikkert at tilførslerne af TBT knyttet til brugen af stoffet som antifoulingmiddel udgør nær 100% af de samlede tilførsler af TBT.

Tabel 1.13. Årlige tilførsler af bly, cadmium, kviksølv, kobber, Benzo(a)pyren og TBT til Kattegat og Bælthavet, slutningen af 1990'erne.

Kilde	Pb		Hg		Cd		Cu		Benzo(a)pyren		TBT	
	tons	% af total	tons	% af total	tons	% af total	tons	% af total	tons	% af total	tons	% af total
Atmosfærisk nedfald	45	16	0,5	53	1,5	41	44	13	0,16	81	-	-
Transport med vandløb, DK	5,5	2	0,02	2	0,18	5	24	7	-	0	-	0
Udledninger fra renseanlæg, DK	1,1	0	0,3	32	0,4	10	3,4	1	0,015	8	0,005	0,2
Nedbørsbetingede udledninger fra kloakerede områder, DK	2,9	1	?	?	0,3	8	4,2	1	0,022	11	0,005	0,2
Industrielle udledere DK	0,07	0	0,002	0	0,004	0	0,35	0	?	?	-	-
Havbrug	-	-	-	-	-	-	7	2	-	-	-	-
Transport med vandløb, S	13	4	0,1	11	0,7	19	28	8	?	?	-	-
Direkte udledninger, S	0,4	0	0,02	2	0,05	1	2,4	1			-	-
Tab af fiskeredskaber	100	35	-	-	-	-	10	3	-	-	-	-
Kasserede søkabler	120	41	-	s	0,01	0,3	120	35	?	?	-	-
Lystbåde, skibsfart og havneanlæg	-	-	-	-	0,6	16	100	29	-	-	2,8	99,6
Andre direkte kilder	1	0,3	-	-	-	-	1	0,3	-	-	-	-
Kysterosion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tilførsler fra land i alt	289	100	1	100	4	100	344	100	0,22	100	2,8	100
Nettotransport fra Østersøen til Bælthavet	-21		1,3		44		470		?		?	-
Klapning, ca. 1990	22	8	0,2	18	0,6	16	22	6	-	-	-	-
Klapning, nyt estimat									<0,8		<0,2	

"-" angiver at kilden antages at være ubetydelig; "?" angiver at der ikke er fundet data, men at kilden kan være betydelig.* Procentangivelsen viser mængderne der klappes i % af de totale mængder.

1.5.1.1 Atmosfærisk nedfald

Det atmosfæriske nedfald af bly, cadmium og kobber i farvandsområdet er angivet på basis af Hovmand og Kemp (2000), mens et estimat for nedfaldet af kviksølv er hentet fra COWI (1996). I begge tilfælde er der omregnet fra nedfaldet på et farvandsområde på 40.000 km². Der har ikke kunne identificeres danske data for deposition af PAH i kystnære områder. I en svensk analyse (Johansson et al. 1998) er der angivet målinger af deposition af henholdsvis benzo(a)pyren og summen af angivne 11 PAH-forbindelser på en station i Rörvik på den svenske vestkyst. Deposition af benzo(a)pyren var i 1994 og 1995 på henh. 4,4 og 4,0 µg/m²/år, mens den samlede deposition af de 11 PAH-forbindelser i årene 1994-96 varierede fra 95 til 150 µg/m²/år. Der er ikke fundet målinger af den atmosfæriske deposition af TBT, der dog anslås at være ubetydelig.

1.5.1.2 Transport med vandløb

Koncentrationen af tungmetaller i danske vandløb har en årrække været fulgt som en del af NOVA overvågningsprogrammet, men der vil først i 2002 foreligge en beregning af den samlede transport med vandløb. Transporten af tungmetallerne er derfor groft opgjort på grundlag af mediankoncentrationer for fire vandløb med afstrømning til farvandsområdet rapporteret i Bøgestrand (2000). Som udtryk for afstrømningen fra danske vandløb til farvandsområdet er valgt gennemsnittet for perioden 1971-99 som er på 8,6 mia m³ (Bøgestrand 2000). Udledninger til Kattegat med svenske vandløb er fra OSPAR (1999). Der er i rapporten ikke angivet udledninger til Øresund,

der dog vurderes at være ubetydelige i forhold til afstrømningen til Kattegat, der omfatter Götaelven med et afstrømningsområde større end Danmark. Det har ikke været muligt at finde målinger af afstrømningen af PAH-forbindelser og TBT-forbindelser.

1.5.1.3 Udledninger fra punktkilder

Udledninger fra punktkilder omfatter udledninger fra renselanlæg, regnvandsbetingede udledninger fra kloakerede områder (separate regnvandsafløb og overløb fra bygværker), direkte industrielle udledninger, udledninger fra havbrug samt udsivninger fra punktbelastninger fx. kystnære affaldsdepoter. En del af disse udledninger vil gå til vandløb og dermed være indbefattet i overstående transport med vandløb. Baseret på COWI (1997) regnes der med at 67% af udledningerne fra renselanlæg og nedbørsbetingede udledninger tilledes marine recipienter, heraf ca. 93% til Kattegat og Bælthavet. Udledninger fra renselanlæg er baseret på Punktkilder 99 (Miljøstyrelsen 1999b). Regnvandsbetingede udledninger af tungmetaller er senest rapporteret i Vandmiljø 94 (Miljøstyrelsen 1994) og de angivne værdier er derfor baseret på denne opgørelse (kun Pb, Cd og Cu). Udledninger af TBT fra renselanlæg og regnvandsbetingede udledninger er i massestrømsanalyse for tin (COWI 1997a) anslået til 0,06-13,6 kg tin pr. år, som her oversættes til et bud på ca. 0,005 tons TBT pr. år fra henh. renselanlæg og regnvandsbetingede udledninger.

Direkte industrielle udledninger tilledes langt overvejende de indre danske farvande og der vil her blive regnet med at 100% af de opgjorte mængde tilledes Kattegat og Bælthavet. Mængder er baseret på Vandmiljø 99 (Miljøstyrelsen 1999a). Udledninger af spildevand fra skibsværfter indgår i opgørelsen af direkte industrielle udledninger, mens tab via luft ikke er omfattet og derfor er med under "andre kilder".

Udledninger til Kattegat fra direkte kilder i Sverige er hentet fra OSPAR (1999). Der er i rapporten ikke angivet direkte udledninger til Øresund, som må formodes at være noget mindre end udledningerne til Kattegat.

For PAH måles der i NOVA programmet kun for stofferne i slam og muslinger, så der findes herfra ingen målinger af benzo(a)pyren. For at få en fornemmelse af en størrelsesorden, er der foretaget en beregning på følgende grundlag:

Gennemsnitsindholdet af benzo(a)pyren i overfladeafstrømning fra Skovlunde og Bagsværd blev i 1995/96 målt til 0,14 µg/L (n=6) (COWI 1997b). Denne værdi vil benyttes som bedste bud på indholdet i direkte udledninger fra separate regnuldøb.

Koncentrationen af benzo(a)pyren i indløbsvandet til Skævinge og Marselisborg renselanlæg blev i 1992 målt til i gennemsnit <0,38 µg/L (n=2*3) (Vandkvalitetsinstituttet 1994). Der var i måleprogrammet ikke tilstrækkeligt med målinger til at estimere, hvor meget der tilbageholdes i renselanlægget, men det ligger for denne type stoffer typisk over 90%. Der vil i mangel af flere data regnes med at urensset spildevand fra overløb indeholder 0,3 µg/L. Der regnes groft med at 90% tilbageholdes så udløbsvandet i gennemsnit indeholder 0,03 µg/L.

Der vil i lighed med ovenstående blive regnet med at 67% af udledningerne fra renselanlæg og nedbørsbetingede udledninger tilledes marine recipienter,

heraf ca. 93% til Kattegat og Bælthavet. Der er til beregningen benyttet de udledte vandmængder med regnbetingede udløb i et normalår (Miljøstyrelsen 1999b) og det er antaget at overløb udgør 25% af de regnbetingede udløb (Miljøstyrelsen 1994).

Udsivninger fra punktbelastninger, som kystnære affaldsdepoter, er i mangel på data ikke forsøgt kvantificeret.

1.5.1.4 Havbrug

Udledninger af bly fra havbrug er i COWI 1997 - baseret på foderforbrug og maksimalt indhold af bly i foder - estimeret til maksimalt at udgøre 0,05 tons. På den baggrund ses der her bort fra bidrag fra foder og opførelsen vil kun omfatte bidraget af kobber fra antifoulingmidler. Der er regnet med at kobber i forbrugte antifoulingmidler enten direkte eller i forbindelse med afrensning 100% tilledes havmiljøet. Forbruget af kobber med antifoulingmidler til dette formål er opgjort til 4,5-9 tons i 1998 (COWI 2001a). TBT anvendes ikke til havbrug.

1.5.1.5 Tab af fiskeredskaber

Bly tabes til havet i form af blylodder mm. anvendt til både lystfiskeri og erhvevsfiskeri. Det anvendte estimat er baseret på opgørelsen fra COWI (1997) gengivet i Tabel 1.12. Der anvendes også i begrænset omfang kobberlegeringer til lystfiskeri. I COWI (1996a) er det anslået, at der årligt tabes 5-20 tons kobber til vandmiljøet med fiskeredskaber (spindere mm.). På denne baggrund sættes mængden, der tabes til de indre danske farvande, her til 10 tons.

1.5.1.6 Kasserede søkabler

I følge COWI (1997) blev der i første halvdel af 1990-erne årligt udlagt omkring 2.000 tons bly i havet med søkabler. Samlet vurderedes det, at der ligger 20.000-50.000 tons bly i kabler i farvandene omkring Danmark. Når kabler tages ud af drift, vil de enten blive fjernet eller efterladt på havbunden. Mængden der i gennemsnit efterlades i havbunden om året estimeres af COWI (1997) til 35-200 tons og middelværdien af dette bliver her anvendt som bedste estimat. Kablerne indeholder enten kobber eller aluminium som ledere. Sammensætningen af kablerne er ikke nærmere undersøgt, men det antages groft, at kobberindholdet er af samme størrelse som indholdet af bly. Usikkerheden på dette estimat er meget stor. Det skal bemærkes, at det ikke er undersøgt om praksis med hensyn til optagning af søkabler har ændret sig de seneste år.

1.5.1.7 Lystbåde, skibsfart og havneanlæg

TBT anvendes i dag kun til skibe over 25 m. Salget af tributyltinmethacrylat i Danmark i 1998 er opgjort til 40-60 tons, mens salget af TBTO var 2-3 tons (COWI 2001a). Det skal bemærkes, at salget af tributyltinmethacrylat i 1994 i følge massestrømsanalyse for tin kun var på 4,3 tons (COWI 1997a). Data stammer i begge opgørelser fra det danske Produktregister. Der er dog ingen direkte sammenhæng mellem salget af TBT med antifoulingmidler i Danmark og afgivelsen af TBT fra skibsfart i danske farvande. Den samlede afgivelse fra skibsfart til de indre danske farvande er i COWI (1997a) opgjort til 0,6-4,9 tons organotin pr. år. Middelværdien af dette interval er anvendt i denne rapport.

Kobber anvendes som antifoulingmiddel på lystbåde og større skibe. Salget til de to formål i Danmark er i opgjort til henholdsvis 50 og 200-250 t i 1998 (COWI 2001a). Kobber i antifoulingmidler anvendt til lystbåde antages 100%

at ende i havet - enten direkte afgivet eller i forbindelse med afrensning. Der er dog en mindre del af den afrensede antifoulingmaling, der i enkelte havne, vil blive opsamlet på afrensningspladser. Afgivelsen af kobber fra større skibe er vanskeligere at estimere, da det er salget i Danmark som er opgjort i COWI (2001a) og det må forventes - som det er tilfældet med TBT - at være væsentlig forskelligt fra de mængder der afgives til de indre danske farvande. Med en skelen til opgørelserne for TBT anslås det her groft, at der afgives i størrelsen 50 tons kobber fra større skibe, således at den samlede afgivelse fra lystbåde og større skibe er 100 tons.

Zinkanoder, som anvendes til katodisk beskyttelse af skibe, rørledninger og havneanlæg, indeholder en lille mængde cadmium, som bruges som startere ved korrosion af zinken. I massestrømsanalyse for cadmium anslås det, at der årligt afgives omkring 0,6 tons cadmium til havmiljøet fra zinkanoder.

1.5.1.8 Andre punktkilder

Der vil fra skibsværfter - i forbindelse af afrensning og påføring af antifoulingmidler - kunne ske en transport af aerosoler og støv indeholdende kobber og TBT fra skibsværftsområdet til omgivelserne. I massestrømsanalyse for tin (COWI 1997a) anslås det, at der afgives i størrelsen 0,015-0,15 tons tin (svarende til ca. 3 gange så store mængder organotin) til vandmiljøet omkring skibsværfterne. Der er de seneste år gjort meget for at undgå spredning til omgivelserne fra skibsværfterne, og det må forventes at mængderne er mindsket betydeligt. Det er ikke forsøgt at lave et opdateret skøn, og spredning af tungmetaller og TBT fra skibsværfter indgår derfor ikke i denne opgørelse.

I opgørelsen i Tabel 1.12 er angivet et tab på 1-4 tons/år fra korrosion og slid på overflader behandlet med blymønje, støv fra afrensning af blymønje på broer og skibe, samt korrosion på blykøle. Blymønje har i 1990'erne hovedsageligt været anvendt til vedligeholdelse af ældre fiskekuttere og jernkonstruktioner som fx. broer. Denne kilde må forventes at være mindsket, men der vil stadig kunne afrenses blymønje fra malede overflader. Kilden anslås groft at kunne være af størrelsen 1 tons bly om året.

I følge COWI (1996a) blev der i 1992 tabt i størrelsen 2,5-5 tons kobber med kobberslagger, som anvendes til sandblæsning på skibsværfter og jernkonstruktioner som broer. Det samlede tab fra skibsværfter antages ligesom tabene fra afrensning af antifoulingmidler at være væsentligt reduceret i seneste år. Kilden anslås groft i dag at kunne være af størrelsen 1 tons kobber om året.

1.5.1.9 Nettotransport fra Skagerrak og Østersøen

Der har ikke kunne fremskaffes aktuelle målinger af transporten af stofferne til og fra de tilstødende havområder. De angivne nettotransporter er delvist anslåede og meget usikre, men giver en størrelsesorden for udvekslingen med tilstødende havområder.

Transport af tungmetaller til og fra Østersøen er baseret på en hydrografisk model fra ca. 1980 og dataene er hentet fra Madsen og Larsen (1986), hvor de ligger til grund for den angivne nettotransport mellem Nordsøen og Østersøen. Da modellen vedrører udvekslingen mellem de indre danske farvande og Østersøen skal den beregnede nettotransport her regnes som nettotransport mellem disse farvandsområder. Den beregnede nettotransport fremkommer som differencen mellem en større transport i begge retninger.

Eksempelvis fremkommer nettotransporten på 44 tons på grundlag af en beregnet transport på 119 tons ud af Østersøen (hovedsageligt med overfladevand) og 75 tons ind i Østersøen (hovedsageligt med bundvand). Grundet det markante fald i den atmosfæriske deposition af bly, må det forventes at udvekslingen af dette metal er betydeligt mindre i dag.

Der vil tilsvarende ske en udveksling mellem Kattegat og Skagerrak. I mangel af data, er denne udveksling udeladt.

1.5.1.10 Kysterosion

Der vil løbende ske en tilførsel af bly til det marine område ved kysterosion og en tilsvarende fraførsel ved kystdannelse fx. i marskområder. Det er ikke forsøgt at kvantificere denne transport, men målinger fra Vadehavet kan antyde, hvilke størrelser der er tale om. Alene i Grådybs tidevandsområde i den danske del af Vadehavet akkumuleredes der i 1980-erne i marsk og på vader ca. 8 tons bly om året (Isotopcentralen 1986). Blyet tilførtes langt overvejende fra Nordsøen med tidevandet. Det gennemsnitlige blyindhold i den dannede marskjord blev målt til ca. 40 mg Pb/kg. Fra erosionsområder i det indre af Ho Bugt skete der samtidig en erosion på 0,3 tons Pb/år.

1.5.1.11 Klapping

Klapping på havet betragtes i opgørelsen som en omlejring af sediment inden for farvandsområdet, og regnes derfor ikke med som en tilførsel.

Opgørelsen af mængder af tungmetaller i materialer, der klappes, er baseret på en detaljeret opgørelse i COWI (1997) der amtsvis angiver mængder og gennemsnitskoncentrationer i 1990. Det er her antaget, at de registrerede mængder i Ribe, Ringkøbing, og Nordjyllands amter alt sammen klappes i Nordsøen og Skagerrak og disse mængder er derfor fraregnet den samlede mængde. Den samlede mængde, der klappes i de indre danske farvande, er i denne opgørelse opgjort til 1,3 mio. tons TS, inkl. oprensning fra sejlløb.

Der findes ingen opgørelser af de samlede mængder benzo(a)pyren og TBT i klappet materiale. For at få en fornemmelse af en størrelsesorden er mængderne estimeret ved at gange 1,3 mio. tons TS med landsmedianen for analyser i havnesedimenter på henholdsvis 0,16 og 0,65 mg/kg TS for TBT og benzo(a)pyren. Til sammenligning er middelværdierne for de to stoffer i det samme datamateriale på henholdsvis 0,53 og 0,74 mg/kg TS. Det antages at landsmedianen for analyser i havnesedimenter vil være større end gennemsnittet i det klappede materiale, men det har ikke været muligt at estimere hvor meget større.

1.5.2 Skagerrak og Nordsøen

I det følgende er på basis af den seneste statusrapport fra OSPAR (OSPAR 2000a) angivet de samlede tilførsler af stofferne til Skagerrak, Nordsøen og Kattegat - farvandsområdet som betegnes "Greater North Sea". Tilførslerne til Kattegat udgør kun nogle få procent af de samlede tilførsler og det er ikke forsøgt at fremskaffe grunddata, der muliggør at lave en opgørelse kun for Nordsøen og Skagerrak. For nogle af stofferne mangler der data fra enkelte lande; bl.a. Danmark. Til gengæld er der i tabellen kun angivet det øvre estimat, som er beregnet ved at sætte måleværdier under detektionsgrænsen til detektionsgrænsen. Det nedre estimat - hvor måleværdier under detektionsgrænsen er sat til 0 - er typisk 20-40% lavere.

En række af de kilder, der indgår i Tabel 1.13 - eksempelvis fiskeredskaber og søkabler - indgår ikke i statusrapporterne fra OSPAR. Summen angiver således kun de samlede rapporterede tilførsler. Det bemærkes, at indholdet af tungmetaller i klappede materialer er af samme størrelse som de samlede rapporterede tilførsler. Opgørelsen af klappede materialer inkluderer materiale opgravet i kanaler og estuarier og materiale, som klappes i indre farvande.

Der er kun meget spredte oplysninger om tilførsler af TBT og PAH til Nordsøen, som er samlet i to baggrundsdokumenter, som endnu kun ligger i udkast (OSPAR 2000b, OSPAR 2001). Der er endnu for få oplysninger til at give et bare nogenlunde estimat af tilførslerne.

Tabel 1.14. Rapporterede tilførsler af bly, cadmium, kviksølv og kobber, PAH og TBT til Nordsøen, Skagerrak og Kattegat fra OSPAR landene (OSPAR 2000a).

Kilde	Pb tons/år	Hg tons/år	Cd tons/år	Cu tons/år	PAH tons/år	TBT tons/år
Atmosfærisk nedfald (1995)	700	4,0	22	56	?	-
Transport med vandløb (1996)*	790	8,5	36	1000	?	-
Direkte udledninger (1996) *	60	0,6	3	160	?	?
Off-shore aktiviteter**	8,4	0,3	0,6	0,1	28	?
Skibsfart og havbrug***	?	?	-	?	?	?
Dumping af titaniumdioxid affald (1994)	4,6	0,03	0,05	8		
Andre kilder	?	?	?	?	?	-
Samlede rapporterede tilførsler	1.562	13,4	61	1224	28	0
Klapning	2.700	17	71	1.300	15	?

"-" kilden antages at være ubetydelig; "?" ingen data (kilden kan være betydelig).

*For transport med vandløb og direkte udledninger er kun angivet øvre estimat, hvor måleværdier under detektionsgrænsen er sat til detektionsgrænsen.

**Udledningerne fra off-shore aktiviteter omfatter kun udledninger fra Danmark, Norge og Holland.

***Der er grundlæggende metodiske vanskeligheder i at estimere de samlede tilførsler fra skibsfart, og hvor stor en del af de disse tilførsler der skal henregnes til de enkelte lande.

Danmarks bidrag til de samlede tilførsler til Nordsøen er for flere af kilderne meget vanskeligt at opgøre, fordi der kræver detaljerede analyser f.eks. at opgøre Danmarks bidrag til det atmosfæriske nedfald og tilførslerne fra skibsfart. I Tabel 1.15 er angivet de oplysninger, som umiddelbart er tilgængelige i sammenfatningsrapporter.

Tabel 1.15. Rapporterede tilførsler af bly, cadmium, kviksølv og kobber, PAH og TBT til Nordsøen, Skagerrak og Kattegat fra Danmark (OSPAR 2000a, OSPAR 2001).

Kilde	Pb tons/år	Hg tons/år	Cd tons/år	Cu tons/år	PAH tons/år	TBT tons/år
Atmosfærisk nedfald (1995)	?	?	?	?	?	-
Transport med vandløb (1990) *	5,1	0,042	0,48	10,5	-	-
Direkte udledninger (1996)*	2,1	0,091	0,085	3,1	0,08	?
Off-shore aktiviteter	?	?	?	?	2	?
Skibsfart og havbrug	?	?	?	?	-	?
Andre kilder	?	?	?	?	-	?
Samlede rapporterede tilførsler	?	?	?	?	?	?
Klapning **	7,6	0,04	0,09	3,2	?	?

"-" kilden antages at være ubetydelig; "?" ingen data (kilden kan være betydelig).

*For transport med vandløb og direkte udledninger er kun angivet øvre estimat, hvor måleværdier under detektionsgrænsen er sat til detektionsgrænsen. Der er ikke rapporteret udeledninger fra Danmark i 1996, hvorfor 1990 data er angivet.

**Omfatter ikke klapning i de indre danske farvande.

2 Konsekvenser

2.1 Miljøfremmede stoffer i klapmateriale

Havnesediment indeholder en række miljøfremmede stoffer som tilføres farvandene når sedimentet klappes. Som det fremgår af f.eks. Tabel 1.13 tilføres de valgte eksempelstoffer også fra andre kilder, bl.a. atmosfærisk deposition og udledninger fra vandløb.

Den mængde metal der tilføres Kattegat og Bælthavet i forbindelse med klapping af havnesediment er mellem 6 og 18% af den samlede tilførsel, jf. REFTabel 1.13. For BaP og TBT er det under 1% af den samlede tilførsel der vil komme fra klapping. Ved hjælp af klapdatabasen (Miljøstyrelsen 2000) og viden om koncentrationer i havneslam af de seks eksempelstoffer, kan der beregnes nogle teoretiske cases for transport med klapmateriale fra havne til klappladser.

Koncentrationen af eksempelstofferne i havnesediment er vist i Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Median af koncentration af eksempelstoffer i klapdatabasen (miljøstyrelsen 2000) og i havnerapporter (DHI 2000 og 2001) i mg/kg TS.

	TBT	BaP	Cu	Hg	Pb	Cd
Klapdata	na	na	11,3	0,05	9,1	0,18
Havnedata	0,155	0,645	149	3,5	269	3,1

Hvis det antages at de 750.000 tons potentielt forurenede materiale kun indeholder maksimalt 2x baggrundsniveauet, ville det blive klappet og indholdsstofferne tilført havmiljøet. I Tabel 2.2 vises tilførslen af eksempelstoffer ved klapping af 750.000 tons havnesediment under tre forudsætninger.

Tabel 2.2. Tilførte mængder (kg) af de seks eksempelstoffer ved klapping af 0,75 mio. tons TS optaget materiale. TBT og BaP koncentrationer for havne fra DHI (2000) og for metaller fra DHI (2001) under tre forudsætninger.

Stof	TBT	BaP	Cu	Hg	Pb	Cd
Koncentration i sedimentet svarer til medianen af koncentrationen i klapdatabasen (kg)	na	na	8475	37,5	6825	135
Koncentration i sedimentet svarer 2x baggrundskoncentrationen (kg)	5,35	188	22500	165	30000	570
Koncentration i sedimentet svarer til median af koncentration som angivet i 12 (DHI 2000) og 3 havne (DHI 2001) (kg)	116	484	111750	2625	201750	2325

Vurderingen er baseret på information i Miljøstyrelsens klapdatabase (Miljøstyrelsen 2000) og information i rapporter fra DHI (2000) og DHI (2001).

Mængden af eksempelstofferne er lavest i beregningen baseret på medianen af koncentrationen af stofferne i klapdatabasen. De stofkoncentrationer der findes deri kommer fra havnesediment som er klappet. Ved at tillade klapping

af sediment med en koncentration på op til 2× baggrundskoncentrationen, vil tilførslen stige med cirka en faktor 2-4 i forhold til i dag.

2.2 Generelle omkostninger til klapning

De generelle omkostninger ved klapning af havnesediment vises nedenfor. Detaljerede oplysninger om omkostningerne ved klapning, klapning på skærpede vilkår og deponering kan ses i bilagsmaterialet (bilag B).

- Klaping er den konventionelle metode til bortskaffelse af bundmaterialer og indbefatter optagning med f.eks. spandkædemaskine, lastning i pram eller lign. og dumping på klappads max. 5 sømil væk. Prisen er 40 kr/m³.
- Klaping på skærpede vilkår indbefatter en række af de tidligere nævnte muligheder (se afsnit 2.3), som egentlig ikke kan prissættes med et enkelt beløb. Oftest vil omkostningerne være væsentlig højere end traditionel klaping. Anvendelse af et klappassin vil dog have ca. samme pris som konventionel klaping. I Tabel 2.3 er prisen angivet til 80 - 140 kr/m³.
- Deponering på land er som worst case en kontrolleret losseplads. Der kan dog også være en række muligheder typisk i nærheden af havnen, inklusive spulefelter eller regionale depoter, som kan være væsentlig billigere. Prisen er sat til 120-475 kr/m³.

Der henvises til de øvrige rapporter, hvorfra disse enhedspriser er hentet (se bilag B).

Følgende forudsætninger er taget i forbindelse med fastsættelse af omkostninger:

- 0,75 mio. tons eller 830.000 m³ (potentielt) forurenede sediment til oprensning.
- Klaping af sejlrendemateriale er ikke medtaget i beregningen.
- I forbindelse med klaping på skærpede vilkår og deponering kan der blive stillet krav om monitoring af metaller og miljøfremmede stoffer. Eventuelle udgifter hertil er ikke medtaget.
- Ved beregning af omkostninger ved rensning er der regnet med 10 % rest efter rensning/fraktionering, som skal deponeres. Det rensede materiale klappes, men vil også kunne genanvendes.
- Eventuel rensning af overløbsvand, perkolat og lign. er ikke medtaget i omkostningsberegningerne.

Tabel 2.3 Prisseksempler (se også bilag B).

	Enhedsoperationer	Enhedspris (kr/m ³)	Samlet (kr/m ³)
Klapning	Optagning inkl. 5 sømil sejlands	40	40
Klapning bag dæmninger på havbund eller i uddybning med capping	Optagning med miljøgrab inkl. 5 sømil, siltgardiner, afskrivning på konstruktion, capping	50, 30, 30, 30	140
Klapning i sedimentationsområde	Optagning med miljøgrab, 30 sømil, siltgardiner	50, 45, 30	125
Klapning i lukket område (klapbassin)	Optagning med miljøgrab inkl. 5 sømil, siltgardiner	50, 30	80
Kystdepot	Optagning med miljøgrab, omlodsning og depot inkl. afskrivning (minimumspris)	50, 25, 400	475
Spulefelt	Optagning med miljøgrab, afskivning på anlæg, indpumpning	50, 50, 20	120
Regional depot	Optagning med miljøgrab, 30 sømil, afskivning på anlæg, drift af anlæg	50, 45, 50, 30	175

2.3 Scenarier for nationalt niveau

Prisen for oprensning af havnesediment er belyst ud fra 4 scenarier og eksempler fra udvalgte havne.

Scenarier 1-4 udgør en samlet vurdering for hele landet, idet sedimenterne inddeles efter deres indhold af miljøfarlige stoffer og derefter bortskaffes i overensstemmelse hermed.

- Scenarie 1: Samlet vurdering for hele landet (best to worst case).
- Scenarie 2: Vvurdering for hele landet baseret på data for indholdsstoffer.
- Scenarie 3: Klapning på skærpede vilkår.
- Scenarie 4: Deponering.

2.3.1 Scenarie 1. Samlet vurdering for hele landet (best to worst case)

Dette scenarie tjener primært til at vise spændvidden i omkostninger for klapning. I tabellen nedenfor vises omkostningerne i tilfælde af, at alt havnesediment (0,75 mio. tons, jf. Tabel 1.5 henholdsvis klappes, klappes på skærpede vilkår eller deponeres. De i Tabel 2.3 angivne priser er anvendt til beregningerne og de samlede udgifter på nationalt niveau som minimum være 33 mio. kr. og som maksimum 394 mio. kr.

Tabel 2.4 Prisoverslag for klapning, klapning på skærpede vilkår og deponering af havnesediment.

Scenarie 1		Mængder	Prisoverslag
% Klapning (mio. t)	% Klapning på skærpede vilkår (mio. t)	% Deponering (mio. t)	Prisinterval (mio. kr.)
100 (0,75)	0	0	33
0	100 (0,75)	0	66-116
0	0	100 (0,75)	100-394

2.3.2 Scenarie 2. Vurdering for hele landet baseret på indholdsstoffer

I scenarie 2 er sedimentets forureningsgrad inddraget i vurderingen af omkostningerne, idet forureningsgraden har betydning for valg af bortskaffelsesteknologi.

2.3.2.1 Nationalt scenarie bygget på seks havne med kendt klapbehov

For seks havne kendes det forventede oprensningsbehov i de nærmeste år og koncentrationen af miljøfremmede stoffer og metaller i sedimentet. Beregningen af fordelingen af sedimentet i de tre bortskaffelseskategorier er baseret på kriterieværdierne angivet i Tabel 1.8.

Hvis der er konsensus om, at 2× baggrundsværdien er en passende øvre grænse for at tillade klappning, vil den kritiske værdi være aktionsniveau 2 (dvs. grænsen mellem mulig klappning på forskellige skærpede vilkår og landdeponering).

For at illustrere effekten af at benytte dette kriterium, er fordelingen givet med aktionsniveau 2 svarende til både 10× og 50× aktionsniveau 1 (dvs. 20 og 100 gange baggrundsværdien), og både for metallerne alene (traditionel vurdering) og metaller samt de to organiske miljøfremmede stoffer. Aktionsniveau 1 svarer til 2× baggrundsværdien.

Tabel 2.5 Fordeling af havnesediment inden for bortskaffelseskategorier og prisoverslag for bortskaffelse. Data for 166.667 tons havnesediment er ekstrapoleret til 0,75 mio. tons TS (830.000 m³).

Scenarie 2	Mængder			Prisoverslag Prisinterval (mio. kr.)
	% Klappning (mio. t)	% Klappning på skærpede vilkår (mio. t)	% Deponering (mio. t)	
10× aktionsniveau 1:				
Metaller alene	0	99 (0,743)	1 (0,007)	257-278
Alle stoffer	0	0	100 (0,75)	394
50× aktionsniveau 1:				
Metaller alene	0	99 (0,743)	1 (0,007)	184-216
Alle stoffer	0	32 (0,24)	68 (0,51)	286-302

Det ses at de organiske forureninger har stor betydning for fordelingen af havnesedimentet. Hvis grænsen for tilladelse til klappning på skærpede vilkår er 10× aktionsniveau 1, skal 100% af havnesedimentet deponeres hvis alle stoffer indgår i vurderingen. Hvis kun metallerne indgår falder denne andel til 1%.

2.3.2.2 Nationalt scenarie baseret på median for 12 havne

Stofkoncentrationerne i sedimentet i 12 havne angivet i DHI (2000) antages for repræsentative og tages som model for oprensningsbehovet i alle danske havne. Fordelingen af materiale-mængderne vurderes på baggrund af den medianværdien af koncentration i de 12 havne:

- 158,5 µg tributyltin (som Sn)/kg TS
- 645 µg benzo(a)pyren/kg TS
- 89,5 mg kobber/kg TS

Udover koncentrationer af kobber foreligger der ikke data på metalindholdet i ovennævnte rapport.

Hvis kriterieværdierne for klappning på skærpede vilkår sættes til 10× aktionsniveau 1 og kravene skal være overholdt for alle 3 stoffer må alt materiale sendes til deponering.

Hvis kriterieværdierne for klappning på skærpede vilkår forhøjes til 50× aktionsniveau 1 kan alt materialet klappes på skærpede vilkår.

Tabel 2.6 Fordeling af havnesediment inden for bortskaffelseskategorier og prisoverslag for bortskaffelse. Der er ekstrapoleret til 0,75 mio. tons (830.000 m³).

Scenarie 2	Mængder			Prisoverslag Samlet (mio. kr.)
	% Klappning (mio. t)	% Klappning på skærpede vilkår (mio. t)	% Deponering (mio. t)	
10× aktionsniveau 1: Alle stoffer	0	0	100 (0,75)	100-394
50× aktionsniveau 1: Alle stoffer	0	100 (0,75)	0	66-116

2.3.2.3 Konsekvens ved andre skæringsværdier og udvidet TBT datasæt

I forbindelse med kategorisering af havnesediment er den kritiske parameter indholdet af TBT. I tilfælde af høje koncentrationer af metaller og BaP, er niveauet af TBT typisk 2× baggrundsværdien.

Hvis kriteriet for TBT hæves i en periode, mens anvendelsen af TBT afvikles, anslås det at mængden af klappbart materiale vil fordele sig som i nedenstående eksempel. Baggrundsværdien er ca. 3,5 µg TBT/kg TS. Til eksemplet er anvendt koncentrationsdata for TBT fra DHI (2000) inklusive DMUs data (i rapportens tabel 8), TBT data fra DHI (2001) og DHI/DMU (2001).

Tabel 2.7 Mængde af sediment som skal klappes og deponeres ved forskellige afskæringskoncentrationer (angivet i forhold til baggrundsværdierne).

× baggrundsværdi	Klappning og klappning under skærpede vilkår (tons)	Deponering (tons)
100	267467	556896
75	258667	565696
50	258667	565696
35	75000	749363
25	7500	816863
20	2500	821863
10	2500	821863

TBT er det eksempelstof hvor forskellen i baggrundsværdi og gennemsnitlig koncentration i havnene er størst. TBT-koncentrationen i havnesedimentet er derfor afgørende for om sedimentet kan klappes eller skal deponeres.

Ved at hæve afskæringskoncentrationen fra 100 til 113 gange baggrundsværdien vil mængden af sediment som kan klappes i følge den anvendte model øges med en faktor 3. Dvs. en stor ændring i mængden af sediment til klappning ved en lille stigning i afskæringsværdi. Det skyldes at koncentrationen af TBT i havne hvor der ikke findes TBT målinger antages at svare til landsmedianen, dvs. 395 µg TBT/kg TS. Derfor vil yderligere 493.000 tons havnesediment som ikke er analyseret for TBT, falde under afskæringsværdien hvis denne er over landsmedianen. På grund af få målinger af TBT og BaP for havnesediment er mængderne i Tabel 2.7 minimumsværdier.

2.3.3 Scenarie 3. Klapping på skærpede vilkår

Ved indførelse af to aktionsniveauer vil optagning og dumpning af sediment der overskrider acceptable grænser for konventionel klapping, kunne pålægges en række skærpende vilkår, således at spredning af materialet begrænses. Der findes adskillige muligheder herfor og nedenfor præsenteres priser ved anvendelse af tre teknologier som er anvendt i begrænset omfang i Danmark og internationalt. Det er antaget at 0,75 mio. tons kan klappes. Hvis et kriterium på 50× aktionsniveau 1 anvendes, vil 32% kunne klappes, og den resterende mængde skal deponeres.

Tabel 2.8 Priser for klapping på skærpede vilkår af 0,75 mio. tons (830.000 m³).

Scenarie 3	Pris ved klapping (mio. kr.)	Pris ved 50x kriterium klapping af 32%, deponering af 68% (mio. kr.)
Klapping bag dæmninger på havbund eller i uddybning med capping	116	105-305
Klapping i sedimentationsområde	104	101-301
Klapping i lukket område (klapbassin)	66	89-289

Der gøres opmærksom på at en del af dette materiale efter al sandsynlighed ikke vil egne sig til undersøisk deponering og capping, idet finkornet materiale med dårlige konsolideringsevner medfører risiko for ustabile deponier

2.3.4 Scenarie 4. Deponering

2.3.4.1 Spulefelter og regionale depoter

Sediment som ikke kan klappes eller bortskaffes på skærpede vilkår kan deponeres på forskellig måde. I tilknytning til et antal havne vil der kunne anlægges spulefelter eller regionale depoter. Hvis det forudsættes at der anlægges et antal regionale depoter, således at afstanden ikke i gennemsnit overstiger 30 sømil, anslås det at prisen vil blive ca. 175 kr/m³ inkl. afskrivning og drift for et depot mellem 100.000 og 500.000 m³ (DHI 2001). Prisen for deponering inkluderer optagning med miljøgrab, transport, drift og afskrivning (10 % p.a.). I Tabel 2.9 er prisen for deponering givet for 10× og 50× aktionsniveau 1. Ved 10× aktionsniveau 1 skal alt sediment deponeres. Ved 50× aktionsniveau 1 kan ca. 32% klappes på skærpede vilkår.

Tabel 2.9 Priser for deponering på land af 0,75 mio. tons sediment (830.000 m³). Se bilag for uddybning af beregningerne.

	Pris ved 10x kriterium (mio. kr.)	Pris ved 50x kriterium klapping af 32%, deponering af 68% (mio. kr.)
Mindre kystdepoter	394	289-305
Spulefelter	100	89-105
Regionale depoter	145	120-136

Kystdepoter er ofte ret små, anlægges i havneområdet og er relativt dyre. Der er dog betydelige anlægsbesparelser ved store anlæg.

2.3.4.2 Mobilt anlæg til fraktionering af slam

Et mobilt anlæg til fraktionering af slam foretager en udskillelse af en grovkornet (ren) fraktion og en finkornet (foruren) fraktion. Den grovkornede fraktion vil kunne klappes, mens den finkornede deponeres. Et stort permanent anlæg kan f.eks. placeres på et regionalt depot hvor der er rigeligt med feeder materiale, mens et mindre mobilt anlæg naturligt vil skulle betjene flere mindre havne.

Der er ingen erfaringer med mobile anlæg i Danmark eller udland, men et udviklingsprojekt anslår at prisen for et fluid bed anlæg med kapacitet på 0,5 og 10 m³/time vil være henholdsvis 274 kr./m³ og 68 kr/m³. Driftsomkostninger vurderes at være ca. 100 kr/m³ (Carl Bro 2001). Anlægget med den høje kapacitet er sandsynligvis ikke mobilt, mens det lille anlæg med op til 20-30 m³ døgnkapacitet formodentlig kan gøres mobilt.

Ved en kapacitet på 0,5 m³/time (døgnkapacitet 10 m³) vil rensningen af f.eks. 1000 m³ højforurenede materiale tage 100 dage eller over 4 arbejds måneder. Det må antages, at kapaciteten for et mobilt anlæg skal ligge på 3-4 gange denne kapacitet, således at en mindre havn kan oprensnes på højst en måned.

I nedenstående tabel vises priseksempler ved forskellig kapacitet. Efter fraktionering antages det at 6500 m³ kan klappes mens 500 m³ må deponeres.

Tabel 2.10 Omkostninger for fraktionering af 7000 m³ materiale. Fra Carl Bro (2001).

Kapacitet	Fraktionering (mio. kr.)	Grundomkostninger (mio. kr.)
0,5 m ³ /time	2,6	0,5
10 m ³ /time*	1,2	0,5

*Anlæg sandsynligvis ikke mobilt

2.3.5 Omkostninger i forskellige havne

Beregning af omkostningerne i 5 havne tager udgangspunkt i de specifikke behov og lokale forhold der måtte gælde for de enkelte havne.

Tabel 2.11 Koncentrationer af eksempel-stoffer i fem havne (DMU 2001).

Case	Havn	Cu	Hg	Pb	Cd	TBT	Benzo(a)pyren
		mg/kg TS					
Lille havn	Bagenkop	86	0,1	4	0,9	0,203	na
Stor havn	Århus oliehavn	54	0,50	39	0,60	1,122	1,3
Trafikhavn	Odense havn	128	0,25	30	1,6	0,373	1,1
Fiskerihavn	Århus fiskerihavn	162	0,87	140		0,155	1,7
Lystbådehavn	Marselisborg	142	0,21	55	0,83	0,093	1,4

I alle havnene overskrides kriterieværdierne for et eller flere stoffer på både aktionsniveau 1 og 2, og disse bundmaterialer ville ikke kunne klappes. Priserne er udregnet ud fra priserne angivet i bilag B og Tabel 2.3.

2.3.5.1 Lille havn, Bagenkop

Der er tidligere oprenset i alt ca. 1750 m³ fra bassin I og III som er lagt i et nyetableret depot, og endvidere er der opgravet og klappet ca. 1250 m³. I alt ca. 3000 m³.

I Tabel 2.12 vises omkostninger ved tidligere oprensning/optagning og eksempler på priser ved anvendelse af forskellige bortskaffelsesteknologier, jf. Tabel 2.3. Omkostningen ved rensning/fraktionering er antaget at være 2.1 mio. kr. ved en kapacitet på 2 m³ pr. time og 7000 m³ materiale, jf. Tabel 2.10.

I bilag D er vist detaljerede omkostningsberegningerne for tre cases for Bagenkop Havn.

Tabel 2.12 Lille havn, Bagenkop.

Bagenkop	Volumen (m ³)	Pris (mio. kr.)	I alt m ³ (mio. kr.)
Tidligere optagning			
Klapning	1250	0,05	
Deponering	1750	0,79	0,84
Klapning på skærpede vilkår af alt sediment	3000		
Klapbassin		0,240	0,240
Sedimentationsområde		0,375	0,375
Undersøisk depot		0,420	0,420
Rensningscase			
Rensning/fraktionering af 1750 m ³ (2 m ³ /time)	1750	0,525	
Klapning af 1250 m ³ plus rensat mat.	2825	0,113	0,717
Deponering af rest	175	0,079	

2.3.5.2 Stor havn, Århus havn

Der foreligger data fra Århus havn både hvad angår det forventede klapbehov, ca. 30.000 m³ årligt (DHI 2000), og koncentration af eksempelstofferne i havnesedimentet. Sedimentet bortskaffes i Århus til et klapbassin i havnen, hvilket er en af de billigste løsninger, idet der ikke skal sejles til klappads. Tabel 2.13 viser omkostninger ved tidligere optagning og eksempler på priser ved anvendelse af forskellige bortskaffelsesteknologier, jf. Tabel 2.3 og Tabel 2.10. I bilag D er vist omkostningsberegninger for tre cases i forbindelse med bortskaffelse af sediment fra Århus Havn.

Tabel 2.13 Stor havn, Århus havn.

Århus havn	Volumen (m ³)	Pris (mio. kr.)	I alt (mio. kr.)
Tidligere optagning			
Klapbassin	30000	1,2	1,2
Klapning på skærpede vilkår af alt sediment	30000		
Sedimentationsområde		3,75	3,75
Undersøisk depot		4,20	4,20
Rensningscase			
Rensning (10 m ³ /time)	30000	5,04	
Klapning	27000	1,08	7,47
Deponering af rest	3000	1,35	

2.3.5.3 Trafikhavn, Odense hav

Ved omrensning i Odense havn deponeres sedimentet i et spulefelt. Den 3-årige gennemsnitlige oprensning er på 125.000 m³. Det er antaget at oprensningsbehovet fra indre havn frem til Fynsværket er 15% af det gennemsnitlige oprensningsbehov, dvs. 12.500 m³, jf. Fyns amts tilladelse. En del af sejlløbet kan dog også være forurenede og der anslås et samlet oprensningsbehov på 50.000 m³. I Tabel 2.14 ses omkostninger ved tidligere oprensning/optagning og eksempler på priser ved anvendelse af forskellige bortskaffelsesteknologier. I bilag D er vist omkostningsberegninger for tre cases i forbindelse med bortskaffelse af sediment fra Odense Havn.

Tabel 2.14 Trafikhavn, Odense havn.

Odense havn	Volumen (m ³)	Pris (mio. kr.)	I alt (mio. kr.)
Tidligere optagning Spulefelt	50000	5,75	5,75
Klapning på skærpede vilkår af alt sediment *			
Sedimentationsområde	50000	3,75	3,75
Undersøisk depot	50000	4,20	4,20
Rensningscase			
Rensning (10 m ³ /time)**	50000	8,40	
Klapning	45000	1,80	
Deponering af rest	5000	2,25	12,45
Deponering			
Regionalt depot	50000	7,00	7,00

*Materialet indeholder så meget TBT, at sedimentet sandsynligvis ikke vil kunne placeres til havs.

** Da anlægget skal stå på pladsen i et år er der regnet med max. kapacitet.

2.3.5.4 Fiskerihavn, Århus fiskerihavn

Fiskerihavnen i Århus er både en fiskeri- og lystbådehavn. Der forventede klappingsomfang og indholdsstoffernes koncentration betyder at denne case bliver lige til den for Århus havn (se denne). I bilag D er vist omkostningsberegninger for tre cases i forbindelse med bortskaffelse af sediment fra Århus Fiskerihavn.

2.3.5.5 Lystbådehavn, Marselisborg Lystbådehavn

Marselisborg Lystbådehavn er fra 1990 og er endnu ikke blevet oprenset. Havnen har ikke selv en formodning om omfanget af en fremtidig klappning, men omfanget anslås af DMU (2001) til mindre end 10.000 m³. I Tabel 2.15 nedenfor antages at sedimentmængden at være på 10.000 m³. Materialet kan ikke umiddelbart klappes eller klappes kontrolleret på grund af forhøjet indhold af TBT. I bilag D er vist omkostningsberegninger for tre cases i forbindelse med bortskaffelse af sediment fra Marselisborg Lystbådehavn.

Tabel 2.15 Lystbådehavn, Marselisborg Lystbådehavn.

Marselisborg	Volumen (m ³)	Pris (mio. kr.)	I alt m ³ (mio. kr.)
Klapning på skærpede vilkår af alt sediment	10000		
Klapbassin		0,40	0,40
Sedimentationsområde		0,80	0,80
Undersøisk deponering		1,20	1,20
Landdeponering	10000	4,5	4,5
Rensningscase			
Rensning (2 m ³ /time)	10000	3,00	
Klapning af rensset mat.	9000	0,45	
Deponering af rest	1000	0,45	3,90

2.4 Anbefalinger og konklusioner

- Omkostninger ved de mere kontrollerede bortskaffelsesmuligheder end konventionel klappning er i størrelsesordenen 200 mio. kroner pr. år som skal sammenlignes med nuværende udgifter på 40 mio. kr. pr. år.
- Små lokale depoter er en dyr løsning.
- Regionale depoter kan tilbyde besparelser på anlægsomkostninger og give mulighed for renseprojekter, men lang transport for små havne.

- Der er en del eksisterende deponeringskapacitet, som bør indgå på regional basis i vurderingen ved større samfundsmæssige investeringer i regionale depoter.
- Blandt de billigste løsninger klapbassinet i Århus Havn.
- der kan overvejes forhøjede grænseværdier i for organiske omsættelige stoffer forhold til metaller.
- Det er TBT som er afgørende for klapningsmuligheden i kommende år. Metoder til afhjælpning (fraktionering, piletræer i optaget slam m.m.) bør forholde sig specifikt til dette.

3 Referencer

Carl Bro. 2001. Mobilt renseanlæg til forurenede havneslam. Miljøprojekt nr. xxx.

COWI. 1996. Massestrømsanalyse for kviksølv. Miljøprojekt nr. 344. Miljøstyrelsen, København.

COWI. 1996a. Massestrømsanalyse for kobber. Miljøprojekt nr. 323. Miljøstyrelsen, København.

COWI. 1997. Bæredygtigheden af nuværende miljøbelastning med persistente kemiske stoffer. Fokus på bly. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 52:1997. Miljøstyrelsen, København.

COWI. 1997a. Massestrømsanalyse for tin med særligt fokus på organotinforbindelser. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 7:1997. Miljøstyrelsen, København.

COWI. 1997b. Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer. Miljøprojekt nr. 355. Miljøstyrelsen, København.

COWI. 1999. ATLAS databasen – data om specifikke stoffer i vandmiljøet. Applikation udarbejdet for Miljøstyrelsen. <http://130.228.16.9/atlas/Main.asp>.

COWI. 2001. Vurderingsstrategier i forbindelse med håndtering af forurenede sedimenter. Miljøprojekt, 631.

COWI. 2001a. Inventory of biocides used in Denmark. Miljøprojekt nr. 585. Miljøstyrelsen, København.

Bøgestrand, J. red. 2000. Vandløb og kilder 1999. NOVA 2003. Faglig rapport fra DMU nr. 336. Danmarks Miljøundersøgelser.

De Europæiske Fællesskabers Tidende. 2000. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger.

DHI. 2000. Havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser. Miljøprojekt nr. xxx.

DHI. 2001. Karakterisering af havnesediment ved hjælp af biotest. Miljøprojekt nr. 629.

DHI/DMU. 2001. Organiske miljøfremmede stoffer og spormetaller i sedimenter fra danske farvande. Miljøprojekt nr. xxx.

DMU. 2001. Havnesedimenter - Prøvetagning og analyser. Miljøprojekt nr. xxx

Fyns Amt. 2001. L. Knudsen, personlig kommunikation.

Hovmand, M.F., Kemp, K. 2000. Tungmetalledfald i Danmark 1999. Faglig rapport fra DMU nr. 331. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.

Isotopcentralen. 1986. Tungmetaller i Grådybs tidevandsområde. Isotopcentralen/ATV og Ribe Amtsråd, 1986.

Johansson, C., H.C. Hansson, R. Vesterholm, M. Petterson, P-Å. Johansson, L. Burman. 1998. Luftföroreningar i staden, PAH. Projektrapport MONITOR 1998. Miljöförvaltningen, Stockholm.

London Convention 1972. Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972. <http://www.londonconvention.org/>

London Convention (1996). 1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972 and Resolutions adopted by the special meeting. <http://www.londonconvention.org/>

London Convention 1997. Specific guidelines for assessment of dredged material. 22/14 Annex 3. <http://www.londonconvention.org/>

Madsen, P.P., B. Larsen. 1986. Accumulation of mud sediments and trace metals in the Kattegat and the Belt Sea. Report of the Mar. Poll. Lab. Miljøstyrelsens Havforureningslaboratorium, Charlottenlund.

Miljøstyrelsen 1994. Vandmiljø-94. Udvikling i belastningen fra punktkilder samt status for vandmiljøets tilstand. Redegørelse fra Miljøstyrelsen Nr. 2/94. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen. 1999a. Vandmiljø-99. Status for vandmiljøets tilstand i Danmark 1999. Redegørelse fra Miljøstyrelsen Nr. 1/99. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen. 1999b. Punktkilder 1999. Orientering fra miljøstyrelsen Nr. 16 2000. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen. 2000. Data over tungmetalkoncentrationer ved klapptilladelser i Danmark.

Miljøstyrelsen. 2001. Kjeld F. Jørgensen, personlig kommunikation.

Ministry of Environment and Energy (1995) Esbjerg Declaration.

OSPAR. 1997. Report from SEBA 97/11/2-E. OSPAR Commission, London.

OSPAR. 1999. Data report on the comprehensive study of riverine Inputs and direct discharges (RID) in 1999. OSPAR Commission, London.

OSPAR. 2000a. Quality Status Report 2000, Region II – Greater North Sea. OSPAR Commission, London.

OSPAR. 2000b. Draft OSPAR background document on organic tin compounds. Presenteret af Holland, april 2000.

OSPAR. 2001. Draft OSPAR background document on polycyclic aromatic hydrocarbons. Præsenteret af Norge, juni 2001.

Rambøll. 2001. Bortskaffelse af havnesediment. Miljøprojekt nr. xxx

Rambøll. 2001a. Små havne - Løsningsforslag. Miljøprojekt nr. xxx.

Sammenslutningen af Danske Havne. 2000. Spørgeskemaundersøgelse omhandlende 48 havnes fremtidige behov for oprensning af havnebassiner og sejløb.

Vandkvalitetsinstituttet. 1994. Miljøfremmede stoffer i renseanlæg. Belastning og renseseffekt. Miljøprojekt nr. 278. Miljøstyrelsen, København.

Århus Amt. 2001. C. Jensen, personlig kommunikation.

Forudsætninger for beregning af omkostninger

Udgangspunktet for angivelse af enhedspriser i de anvendte skemaer har været Rambøll (2001) hvori der findes priser for en lang række optagnings-, transport- og bortskaffelsesmetoder. Endvidere er der i Rambøll (2001a) angivet et antal supplerende enhedspriser. Hvis der ikke er fundet relevante konkrete enhedspriser, er der i stedet anvendt en pris, som er fremkommet enten ved oplysninger fra entreprenørfirmaer eller ved brug af egne erfaringstal.

I forbindelse med denne undersøgelse er det bekræftet af Rambøll at de angivne enhedspriser er for materialerne som de ligger in situ, altså ikke opmålt i lastrum.

Enhedspriser på bortskaffelse af havnesediment afhænger blandt andet af:

Anstillingsomkostninger - størrelse af det anvendte materiel og transportafstand til opgaven påvirker enhedspriserne på konkrete opgaver.

Kvalitet og styrke af de jordlag der skal fjernes - egentlige oprensninger af materiale som er aflejret ovenpå den tidligere havbund medfører ikke specielle behov for materiel, men hvis der også skal foretages en egentlig uddybning vil jordarternes type spille en væsentlig rolle.

Lagtykkelser i oprensning - store lagtykkelser medfører en mere økonomisk optimal produktion for entreprenøren og dermed en lavere enhedspris.

Den valgte afregningsmetode (betaling for overdybder eller ej) - entreprenøren skal på forhånd vide hvorledes mængderne bliver afregnet og hans fortjeneste kan være afhængig af, om der betales for hele eller kun en del af den overdybde, han er nødt til at indkalkulere i sin pris for at garantere at den krævede vanddybde opnås.

Størrelse og geometrisk form af de vand- eller havnearealer der skal berøres - store åbne havnebassiner uden generende hjørner og faste konstruktioner medfører en bedre udnyttelse af materiellet i forhold til mindre bassiner med mange hjørner og kroge, hvor det er vanskeligt at komme til. Det er også en forudsætning at der ikke ligger skibe i vejen for oprensningen.

Eventuelle krav til håndtering under arbejdet - hvor stort et spild kan accepteres ved arbejdsstedet og under transport og losning.

Eventuelle krav om særlige arbejdstider og overholdelse af støj/lugtgener I nogle havne kan myndighederne kræve overholdelse af særlige arbejdstider og stille krav om overholdelse af støjgrænser og eventuelt arbejde ved særlige vindretninger af hensyn til eventuelle lugtgener.

Eventuelle gener fra den øvrige trafik i havnen - hvis arbejdet skal indstilles under f. eks. passage af færge vil dette påvirke produktionsraten og medføre forøget enhedspris.

Omkostninger ved sedimentbortskaffelse

Tabel 1 viser omkostningerne ved klapping, klapping på skærpede vilkår og deponering.

Tabel 1 Generelle forudsætninger anvendt til beregning af overslag.

	Metode	Priser			Bemærkninger
		minimum kr/m ³	maksimum kr/m ³	anvendt pris kr/m ³	
Generelle optageteknikker og klapping	1 Spåndædemaskine og pramme (sejlafstand antages til max ca. 5 sømil)	20	60	40	stor kapacitet, begrænset turbiditet
	1A ekstra sejlafstand med pram, tillægspris per m ³ /sømil	1	2	1,5	DHI (2001) angiver ekstrapris til 1 - 5 kr./m ³ /sømil
	2 Slæbesuger (sejlafstand max 15 sømil til lossested)	15	35	30	stor turbiditet
	2A Slæbesuger med modificeret sugehoved (sejlafstand max 1 sømil)	50	70	60	stor præcision ved arbejdet
	3 Stiksuger	20	150	100	ikke så anvendelig, stor turbiditet
	4 Skære/sugemaskine	15	25	20	stor produktion, stor turbiditet
	5 Forskellige hydrauliske oprensningemetoder	50	70	60	Rambøll (2001a), prisseksempler er usikre og meget varierende
	6 Gravemaskine med skovl på skib			40	Rambøll (2001a)
7 Grab, miljøgrab eller skovl på skib	15	50	40	Rambøll (2001)	
8 Grab, miljøgrab eller skovl på skib	50	60	50	Rambøll (2001a)	
<p>Ved klapping forstås, at det opgravede materiale transporteres til godkendte områder på søterritoriet, hvor det losses på havbunden. Udtrykket klapping stammer fra, at de anvendte transportpramme åbner deres klapper i bunden af lastrummet.</p>					
	Metode	Priser			Bemærkninger
		minimum kr/m ³	maksimum kr/m ³	anvendt pris kr/m ³	
Særlige tiltag ved klapping på skærpede vilkår	1 Anvendelse af siltgardiner under opgravning	20	50	30	Eksempel fra Bagenkop 2001 for opgravning af ca. 3000 m ³ , 1250m ³ til klappads og 1750 m ³ til depot. Siltgardinerne kun ca. 15 m lange svarende til bredden af de indsejlinger til bassiner, som skulle spærres af. Pris kr. 60.000 eller ca. 20 kr./m ³ . Denne pris skønnes for lav og den er forhøjet i skemaet. (COWI var rådgiver)
	2 Klapping bag dæmninger på havbund (dæmninger er anlægsudgift, medtages ikke)			30	Rambøll (2001a) angiver, at deponering bag dæmninger er dyrere end almindelig klapping
	3 Klapping i "hul" i havbunden ("hullet" er anlægsudgift og medtages ikke)			45	De samme priser som for klapping med det respektive materiel er gældende
	4 Transport til lossested i lukket pram (pram lastes og losses med grab, skovl, eller sandsuger/rørledning)	1	2	1,5	For transportafstand 2 - 3 sømil er udgiften 12 - 13 kr./m ³ , skemaet angiver tillægspris per m ³ per sømil
	5 Anvendelse af siltgardiner/belufningslanger under klappingen på havet	40	100	60	ingen priser angivet i Rambøll (2001a), men generelt dyrt. Antager det koster minimum det dobbelte af pris under opgravning, da det er på åbent vand, disse priser anført her
	6 Kapning af materiale, deponeret på havbund	60	80	30	enhedspris per m ³ afhænger af højde af depot, her antages en højde på 2-3 m
<p>Ved klapping på skærpede vilkår forstås, at det opgravede materiale transporteres til godkendte områder på søterritoriet, hvor det losses på havbunden. Det særlige ved klapping på skærpede vilkår er, at materialet beskyttes mod erosion enten ved beskyttende sider eller ved at det afdækkes med en kappe af erosionssikkert uforurenset materiale. Endvidere kan særlige tiltag under arbejdet sikre, at der ikke sker en spredning af materialet.</p>					
	Metode	Priser			Bemærkninger
		minimum kr/m ³	maksimum kr/m ³	anvendt pris kr/m ³	
Særlige tiltag ved deponering	1 Deponering i spulefelter på land (spulefelter er etableret, anlægsudgift ikke med)	8	15	15	Direkte indpumpning fra pram, skib eller via rørledning
	2 Kystdeponering (bag ny dæmninger/spunsvægge eller lign)	400	1500	1000	Rambøll (2001a) for etablering af nyt depot nær havn, kan variere meget
	3 Landvinding bag diger ved kysten (diger med foranstaltninger er udført)	8	15	15	Priser antages at svare til spulefelter, når den kunstige ø er etableret
	4 Indpumpning via rørledning	15	20	20	Afhænger af om pumpning sker direkte i forbindelse med optagning af sediment
	5 Særlige afvandingsmarker	15	20	20	Etableringsudgift, 500 kr/m ³ ikke med, materialet pumpes ind
	6 Halm bassin til afvanding	15	40	30	Rambøll (2001a) for etabl. af halm bassinomkostninger typisk 30 - 40.000 kr til fordeling på de oprensede m ³ , antager max 2000 m ³
	6A Transport med lastbil, dels omlosning	15	30	25	Omlosning fra lastrum til lastbil
	7 Kørsel omfatter også aflæsning uden videre håndtering	2	4	3	
	7 Filterpresser til afvanding af sediment				Ingen prisseksempler angivet
8 Centrifuge (til afvanding og separering af sediment)	31,25	75	50	Leje centrifuge 10-20 m ³ /time 25 - 30000 kr/uge, svarer til driftsudgift per m ³ 30000/(15x8x5) = 50 kr/m ³	
9 Driftsudgifter ved regionale depoter	20	40	30	Driftsudgifter falder ved stigende udnyttelse (DHI 2001)	

3.1 Baggrund for omkostningsfastsættelse

3.1.1 Sedimentet

Man vil i alle havne komme ud for, at der er på grund af variationer i vandbevægelser og kornstørrelser i sedimenterne, vil være forskel på forureningsgraden af sedimentet på havbunden i forskellige havnebassiner og i hjørner og kroge. Der kan derfor være forskel på, hvorledes sedimentet skal optages og om der kan forventes genbrug af dele af sedimenterne.

Noget af det aktuelle entreprenørmateriel er stort og det vil kun blive anvendt ved konkrete opgaver i store havne og havnebassiner. Ved de mindre havne må der påregnes indsættelse af mindre men mere fleksibelt grej.

Der er i skemaerne regnet med gennemsnitsafstande til klappladser på 3-5 sømil. Dette kan ikke gælde for samtlige havne, men det har været en nødvendig forudsætning for at etablere en overskuelighed i skemaerne. Ved enkelte scenarier er afstanden større, og der er derfor skønnet en ekstra sejlfafstand som medfører en ekstra omkostning for transporten.

I Tabel 1 er indsat en minimum- og en maksimum pris for den pågældende metode som stammer fra Rambølls rapporter. I den næste kolonne er angivet en "anvendt pris", som generelt er fremkommet ved beregning som en simpel gennemsnitsværdi af min. og maks. priserne. Da nogle af de anførte min. og maks. priser er behæftet med forbehold eller er baseret på grove skøn, er der nogle steder anført en anden "anvendt pris" som er resultat af en anden beregning eller kontrol ved entreprenører. En sådan pris er skrevet med *kursiv*.

3.1.2 Bortskaffelsen

I forhold til de tidligere udarbejdede rapporter opereres der med en opdeling i 3 forskellige metoder til bortskaffelse af havnesediment:

- klapning
- klapning på skærpede vilkår
- deponering

De i nærværende rapport anvendte skemaer er opbygget ud fra denne inddeling, som det blandt andet ses i Tabel 1. Nedenfor er de enkelte metoder beskrevet kortfattet.

Der er udarbejdet et beslutningsdiagram for konsekvensberegning ved håndtering af oprensede havnesedimenter. Dette diagram kan anvendes som en foreløbig indikation af hvilke økonomiske konsekvenser det medfører for en havn, som har behov for oprensning af havnebassiner hvor man har en foreløbig vurdering af sedimenternes mængde, forureningsgrad og eventuelle bortskaffelsesmetode.

Klapning

Klapning udføres af havnesediment, der opfylder gældende krav til indhold af metaller og/eller organiske forureningskomponenter. Ved enhver klapning skal det overvejes, om nogle af de opgravede materialer kan genanvendes, men i nærværende undersøgelse er det forudsat, at dette ikke er tilfældet. Der kan derfor, afhængig af opgavens størrelse og karakter, indsættes det entreprenørgrej, som er mest velegnet til selve opgaven med at optage,

transportere og bortskaffe materialet. Prisen for arbejdet vil afhænge af bl.a. mængder, udstyr og afstand til klapplads.

Klapning på skærpede vilkår

Klapning på skærpede vilkår dækker over arbejder, hvor det opgravede sediment ikke opfylder alle gældende krav til indhold af metaller og/eller organiske forureningskomponenter. Sedimentet kan eventuelt optages under særlige kontrollerede forhold med siltgardiner eller lignende og losses på en klapplads under anvendelse af særlige forholdsregler, som sikrer en kontrol over de aflejrede sedimenter. Alternativt kan klapning på skærpede vilkår kombineres med en capping af med sediment der opfylder kraven til klapning, hvorved sedimentet indespærres. Klapning på skærpede vilkår kan også foretages vha. et simpelt klapbassin som i Århus havn.

Hvor der til klapning på skærpede vilkår skal udføres flere processer kan den samlede pris for disse findes ved simpel addition i de bagved liggende regneark.

Eksempel 1: Opgravning med spandkædemaskine, transport og klapning. Hvis dette på grund af forurening skal foregå som "klapning på skærpede vilkår", skal der til den anførte enhedspris lægges prisen for etablering og drift af f.eks. siltgardiner eller luftslanger.

Eksempel 2: Hvis der skal udføres en capping skal enhedsprisen for capping lægges oveni den øvrige pris. Udgiften til etableringen af klappladsen der skal "kappes" er ikke indeholdt, da denne betragtes som en anlægsudgift, som er defineret andet sted.

Det er vigtigt at vide, om der er siltgardiner eller andre konstruktioner som skal åbnes/lukkes for at skib eller pram kan komme til at klappe i et depot. Tilsvarende skal man vide, om klapning kræver en omlosning via en pram og en booster eller om kan der losses direkte i depot eller over en kajkonstruktion

De ekstra foranstaltninger i forbindelse med klapning på skærpede vilkår er vanskelige at prissætte, da de afhænger af mængden af oprenset materiale, idet store mængder bag f.eks. små gardiner ikke belaster enhedsprisen så meget som det er tilfældet ved små oprensningmængder og store lange siltgardiner. Prisen for siltgardiner skønnes at variere fra kr. 20 kr./m³ til 100 kr./m³ Den første reference er fra en konkret sag i Bagenkop på oprensning af ca. 3000 m³. Der er ingen priser vedrørende siltgardiner i de tidligere rapporter.

Capping kan jf. Rambøll (2001) udføres for 60 - 80 kr./m². Antages det, at lagtykkelsen af sedimentet efter klapning er minimum 2 m og maksimum 5 m svarer det til, at der til enhedsprisen på oprensningen skal lægges en udgift til capping, der kan variere fra 12 kr./m³ til 40 kr./m³. Der er anvendt en pris på 30 kr./m³.

Deponering

Såfremt det oprensede havnesediment ikke er fundet velegnet til klapning under en af de former, som er beskrevet ovenfor, er man nødsaget til at bortskaffe materialet ved en deponering. Deponering af havnesediment er generelt meget dyr, og der gøres store anstrengelser for at reducere mængden af sediment som skal deponeres.

Som det beskrives i Carl Bro (2001) kan der ved separering af materialet i forskellige kornfraktioner opnås, at den forurenede (som regel finkornede) del reduceres væsentligt og at de grovere fraktioner muligvis kan genbruges. Et eventuelt behov for rensning af vandet der er frasepareret er ikke medtaget i de anvendte enhedspriser. Endelig er det muligt ved afvanding/tørring af sedimenterne at reducere mængden af sediment, som skal deponeres.

Prisen for deponering af havneslam afhænger af, i hvor høj grad der skal bygges nye specialdepoter, etableres spulefelter eller nye lossepladser, og udgiften til deponering er derfor variabel. Eventuelle anlægsudgifter til sådanne depoter forudsættes i denne rapport at være afholdt et andet sted, så de ikke påvirker nærværende priser og vurderinger. De anførte udgifter dækker således kun driftsudgifter ved bortskaffelse af havnesedimenter fra havnene.

Når der tales deponering, er det forudsat, at dette foregår på landjorden eller i kystnære depoter, idet en deponering på havet i denne forbindelse kaldes en klappning på skærpede vilkår. Egentlig deponering forudsætter, at havnesedimentet optages, transporteres og afleveres i et depot, som kan modtage sedimentet uden videre foranstaltninger. De skønnede priser er sammensat af forskellige komponenter i den samlede proces fra sedimentet optages fra havbunden til det ligger i depotet.

Scenarier

3.2 Scenarie 1: Samlet vurdering for hele landet (best to worst case)

Scenarie 1 giver en vurdering af hvilket omkostningsspænd der kan forventes, og der er ikke taget højde for sedimentets forureningsgrad.

Følgende forudsætninger danner baggrund for scenarie 1:

- a) alt kan klappes
- b) 0,75 mio. tons sediment bortskaffes ved klappning på skærpede vilkår
- c) 0,75 mio. tons sediment bortskaffes ved deponering

Den billigste løsning er klappning af havnesedimentet. Med en pris på 40 kr./m³ (jf. Tabel 2.3) vil den samlede pris blive 33 mio. kr.

Omkostningerne ved bortskaffelse af sediment ved klappning på skærpede vilkår afhænger af den valgte teknologi. Den mindst omkostningstunge løsning er klappning i lukket område (klapbassin). Omkostningerne ved denne metode er anslået til 80 kr./m³. Klappning bag dæmninger og klappning i uddybning med capping kræver visse anlægsomkostninger, hvorfor prisen for denne form for bortskaffelse er højere (140 kr./m³). Klappning på skærpede vilkår vil således beløbe sig til 66-116 mio. kr.

Bortskaffelse af alt sediment ved hjælp af deponering vil koste fra 100 til 394 mio. kr. alt efter om henholdsvis spulefelt eller kystdepot benyttes.

3.3 Scenarie 2: vurdering for hele landet baseret på indholdsstoffer

3.3.1 Nationalt scenarie bygget på seks havne med kendt klapbehov

Materiemængderne er fordelt i tre kategorier ud fra stofkoncentrationen. Der er ekstrapoleret til det samlede danske oprensingsbehov under antagelse af, at disse seks havne er repræsentative for danske forhold. Eksemplet bygget på klapbehov for to havne (Vejle havn, Åbenrå havn) fra DHI (2000) og for fire havne (Århus havn, Århus fiskerihavn, Marselisborg, Odense havn) fra DMU (2001). Dvs. senest publicerede data er anvendt. Stofkoncentrationer er fra DHI 2000 (TBT, Cu, PAH) og data for øvrige stoffer fra Århus Amt (2001) (Århus havn), Fyns Amt (2001) (Odense), samt Miljøstyrelsen (2000).

3.3.2 Nationalt scenarie baseret på median for 12 havne

På grundlag af DHI (2000) er stofkoncentrationer fra 12 havne indsamlet. Det antages at stofkoncentrationerne i sedimentet er repræsentative og tages som model for oprensingsbehovet i alle danske havne. Fordelingen af materiemængderne vurderes på baggrund af den gennemsnitlige koncentration: 158,5 µg tributyltin/kg TS (som Sn), 645 µg benzo(a)pyren/kg TS, og 89,5 mg kobber/kg TS.

Udover koncentrationer af kobber foreligger der ikke data på metalindholdet i ovennævnte rapport. Der er værdier for Hg, Pb og Cd for Odense havn i DHI (2001), men de er fra en stærkt forurenede station, og kan ikke umiddelbart sammenlignes med samleprøverne for en hel havn i DHI (2000). Ældre data fra Odense havn (1983 og 1986) tyder på koncentrationer for Hg på ca. 0,2, Pb ca. 27 og Cd ca. 1,2 mg/kg TS. Koncentrationen af disse metaller synes derfor også typisk at overskride det acceptable niveau for klappning. Dette gælder tilsyneladende også for Århus Fiskerihavn. Koncentration (i 1990) af Hg og Pb er henholdsvis 1,2 og 130 mg/kg TS. Der vurderes derfor alene på de tre førstnævnte stoffer.

3.4 Scenarie 3. Klappning på skærpede vilkår

Prisen på klappning bag dæmninger på havbund er kr. 140/m³. Med et totalt volumen på 830.000 m³ vil den samlede pris være 116 mio. kr. hvis det antages at alt materialet bortskaffes vha. denne teknologi. Som det ses i Tabel 2.5 vil 32% af materialet kunne klappes på skærpede vilkår ved 50x aktionsniveau 1 (dvs. 100 gange baggrundsværdien). Hvis 32% bortskaffes vha. klappning bag dæmninger på havbund vil udgiften hertil være 37 mio. kr. Deponering af den resterende del af materialet vil beløbe sig til 68-268 mio. kr. og den samlede omkostning vil derfor være 105-305 mio. kr.

3.5 Scenarie 4. Deponering

3.5.1 Spulefelter og regionale depoter

Prisen på deponering i spulefelter og regionale depoter er 120 til 475 kr./m³ (jf. Tabel 2.3). Med et totalt volumen på 830.000 m³ vil den maksimale pris for deponering være 394 mio. kr. for deponering i kystdepot. Af Tabel 2.5 ses, at 68% af materialet skal deponeres ved 50x aktionsniveau 1 (dvs. 100 gange baggrundsværdien). Hvis 68% bortskaffes vha. deponering i kystdepot vil udgiften hertil være 268 mio. kr. Klappning på skærpede vilkår vil beløbe sig til 21-37 mio. kr. og den samlede omkostning vil derfor være 289-305 mio. kr. Deponering i spulefelter og regionale depoter vil koste henholdsvis 89-105 mio. kr. og 120-136 mio. kr.

Beregning af omkostninger i fem havne

Forudsætninger						
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³	Metodebeskrivelse	Afstande			
			til klapplads sømil	til depot sømil	til depot km	
Case 1						
1 alt sediment skal deponeres på kontrolleret losseplads	3000	opgraves med hydraulisk maskine på skib og losses i containere på kaj, transport (efter afvanding) til kontrolleret losseplads				80
Case 2						
2 sedimentet kan klappes kontrolleret	3000	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlsads til klapplads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale (antager lagtykkelse 1 m af sediment før kapning)			10	
Case 3						
3 75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres,						
	2250	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlsads til klapplads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale			10	
	750	opgraves med hydraulisk maskine på skib og losses i containere på kaj, transport (efter afvanding) til kontrolleret losseplads				80
Der benyttes en omregningsfaktor på 1,6 t/m ³ ved beregninger hvor sedimentmængder er opgivet i t						
Beregning						
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³ /afstand	Metodebeskrivelse	enhedspris kr.	pris i alt kr.	delsum kr.	
1 Case 1						
Alt sediment deponeres	3000	Opgravning og losning på kaj i containere	50	150.000		
	80	Transport i containere til kontrolleret losseplads	3	720.000		
	3000	Modtagelse på kontrolleret losseplads	30	90.000		
	3000	Afgift at betale ved losseplads (pr.ton)	400	1.920.000	2.880.000	
2 Case 2						
Alt sediment klappes kontrolleret	3000	Opgravning til skibets lastrum og losning på klapplads	50	150.000		
	5	Ekstra sejlsafstand	1,5	22.500		
	3000	Kapning med rent materiale,	30	90.000	262.500	
3 Case 3						
75 % sediment klappes kontrolleret, resten deponeres	2250	Opgravning til skibets lastrum og losning på klapplads	50	112.500		
	5	Ekstra sejlsafstand	2	22.500		
	2250	Kapning med rent materiale,	30	67.500		
	750	Opgravning og losning på kaj i containere	50	37.500		
	80	Transport i containere til kontrolleret losseplads	3	180.000		
	750	Modtagelse på kontrolleret losseplads	30	22.500		
	750	Afgift at betale ved losseplads (pr.ton)	400	480.000	922.500	
Enhedspriserne indeholder ikke anstillingsudgifter, som afhænger af opgavens størrelse. For mindre opgaver som her, vil de normalt andrage ekstra kr. 15 - 25.000						

3.6 Scenarie for Lille havn, Bagenkop

3.7 Stor havn, Århus havn

Forudsætninger					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³	Metodebeskrivelse	Afstande		
			til klappads sømil	til depot sømil	til depot km
Case 1					
alt sediment skal deponeres (i nyt bassin ved Århus havn)	30.000	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlad til depot, hvor materialet losses		3	
Case 2					
sedimentet kan klappes kontrolleret	30.000	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlad til klappads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale	15		
Case 3					
75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres,	22.500	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlad til klappads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale	15		
	7.500	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejlad til depot, hvor materialet losses			3
Der benyttes en omregningsfaktor på 1,6 t/m ³ ved beregninger hvor sedimentmængder er opgivet i t					
Beregning					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³ /afstand	Metodebeskrivelse	enhedspris kr.	pris i alt kr.	delsum kr.
1 Case 1	30.000	Opgravning, transport og losning	40	1.200.000	1.200.000
alt sediment skal deponeres (i nyt bassin ved Århus havn)					
2 Case 2	30.000	Opgravning, transport og losning	40	1.200.000	
sedimentet kan klappes kontrolleret	10	Ekstra sejlafstand, 10 sømil	2	600.000	
	30.000	Kapning af materiale på klappads	30	900.000	2.700.000
3 Case 3	22.500	Opgravning, transport og losning	40	900.000	
75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres,	10	Ekstra sejlafstand, 10 sømil	2	450.000	
	22.500	Kapning af materiale på klappads	30	675.000	
	7.500	Opgravning, transport og losning	40	300.000	2.325.000
Der er ikke anstillingsudgifter med i overslagene, disse afhænger af opgavens størrelse men vil normalt andrage ekstra kr. 50 - 100.000					

Forudsætninger					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³	Metodebeskrivelse	Afstande		
			til klappads sømil	til depot sømil	til depot km
Case 1					
1 sediment der skal deponeres i spuleområde ved Stige	50.000	slæbesuger og indspuling på slambassin		5	
Case 2					
2 lettere forurenede sediment, som kræves klappet kontrolleret	50.000	opgraves med spandkædemaskine, sejles med pramme og klappes og kappes med rent sand	20		
		<i>Afstand til klappads er skønnet</i>			
Case 3					
3 75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres,					
	37.500	opgraves med spandkædemaskine, sejles med pramme og klappes og kappes med rent sand	20		
	12.500	slæbesuger og indspuling på slambassin		5	
Der benyttes en omregningsfaktor på 1,6 t/m ³ ved beregninger hvor sedimentmængder er opgivet i t					
Beregning					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³ /afstand	Metodebeskrivelse	enhedspris	pris i alt	delsum
			kr.	kr.	kr.
1 Case 1					
Alt sediment deponeres ved Stige	50.000	Opsugning, transport og indpumpning i spulebassin	30	1.500.000	1.500.000
2 Case 2					
Alt sediment klappes kontrolleret	15	Opgravning, transport og losning	40	2.000.000	
	15	Ekstra sejlafstand, 15 sømil	1,5	1.125.000	
	50.000	Kapning af materiale på klappads	30	1.500.000	4.625.000
3 Case 3					
	37.500	Opgravning, transport og losning	40	1.500.000	
	15	Ekstra sejlafstand, 15 sømil	2	1.125.000	
	37.500	Kapning af materiale på klappads	30	1.125.000	
	12.500	Opsugning, transport og indpumpning i spulebassin	30	375.000	4.125.000
Der er ikke anstillingsudgifter med i overslagene, disse afhænger af opgavens størrelse men vil normalt andrage ekstra kr. 50 - 100.000, hvor anstilling for suge/pumpeanlæg og rørsystemer til spuleplads ligger i den øvre ende					

3.8 Trafikhavn, Odense havn

Forudsætninger					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³	Metodebeskrivelse	Afstande		
			til klappads sømil	til depot sømil	til depot km
Case 1					
alt sediment skal deponeres 1 (i nyt bassin ved Århus havn)	30.000	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejls til depot, hvor materialet losses			3
Case 2					
lettere forurenset sediment, som kan 2 klappet kontrolleret	30.000	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejls til klappads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale	15		
		<i>Skønnet afstand til klappads</i>			
Case 3					
75 % klappes kontrolleret, 3 resten (25 %) deponeres,	22.500	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejls til klappads, hvor der losses og efterfølgende kappes med rent materiale	15		
	7.500	opgraves med hydraulisk maskine på skib til lastrum, sejls til depot, hvor materialet losses			3
Der benyttes en omregningsfaktor på 1,6 t/m ³ ved beregninger hvor sedimentmængder er opgivet i t					
Beregning					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³ /afstand	Metodebeskrivelse	enhedspris	pris i alt	delsum
			kr.	kr.	kr.
1 Case 1	30.000	Opgravning, transport og losning	40	1.200.000	1.200.000
alt sediment skal deponeres (i nyt bassin ved Århus havn)					
2 Case 2	30.000	Opgravning, transport og losning	40	1.200.000	
lettere forurenset sediment, som kan klappet kontrolleret	10	Ekstra sejlsafstand, 10 sømil	2	600.000	
	30.000	Kapning af materiale på klappads	30	900.000	2.700.000
3 Case 3	22.500	Opgravning, transport og losning	40	900.000	
75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres,	10	Ekstra sejlsafstand, 10 sømil	2	450.000	
	22.500	Kapning af materiale på klappads	30	675.000	
	7.500	Opgravning, transport og losning	40	300.000	2.325.000
Der er ikke anstillingsudgifter med i overslagene, disse afhænger af opgavens størrelse men vil normalt andrage ekstra kr. 50 - 100.000					

3.9 Fiskerihavn, Århus fiskeri - og lystbådehavn

Forudsætninger					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³	Metodebeskrivelse	Afstande		
			til klappads sømil	til depot sømil	til depot km
Case 1					
1 Alt sediment deponeres i Århus havns depot	10.000	etablering af gardiner, opgravning med skovl/grab til lastrum og sejlad med skib til depot i Århus Havn hvor det losses			2
Case 2					
2 Alt sediment klappes kontrolleret	10.000	opgraves med gravemaskine på skib, sejles i lastrum til klappads i Århus bugt og losses og kappes	10		
		<i>skønnet afstand til klappads</i>			
Case 3					
75 % klappes kontrolleret, resten (25 %) deponeres, ingen siltgardiner	7.500	opgraves med gravemaskine på skib, sejles i lastrum til klappads i Århus bugt og losses og kappes	10		
	2.500	opgravning med skovl/grab til lastrum og sejlad med skib til depot i Århus Havn hvor det losses			2
Beregning					
Sedimentbeskrivelse	mængde m ³ /afstand	Metodebeskrivelse	enhedspris kr.	pris i alt kr.	delsum kr.
1 Case 1					
sediment der deponeres	10.000	Etablering af siltgardiner, skøn Opgravning , transport og losning	40	100.000 400.000	500.000
2 Case 2					
sediment der kan klappes kontrolleret	10.000	Opgravning fra skib til lastrum og losning	40	400.000	
	10	Ekstra sejlafstand	1,5	150.000	
	10.000	Kapning med rent materiale	30	300.000	850.000
3 Case 3					
sediment der klappes kontrolleret	7.500	Opgravning fra skib til lastrum og losning	40	300.000	
	10	Ekstra sejlafstand	2	150.000	
	7.500	Kapning med rent materiale	30	225.000	
sediment der deponeres	2.500	Opgravning , transport og losning	40	100.000	775.000
Enhedspriserne indeholder ikke anstillingsudgifter, som afhænger af opgavens størrelse. For mindre opgaver som her, vil de normalt andrage ekstra kr. 15 - 25.000					

3.10 Lystbådehavn, Marsel isborg Lystbådehavn