

Små havne - Løsningsforslag

Eva Lund, Lone Clowes, Vibeke Lindberg Birkelund
og Karen Furbo Rasmussen
Rambøll

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

INDHOLD	3
1 FORORD	5
2 SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
2.1 OPRENSNINGSMETODER	7
2.2 AFVANDING AF SEDIMENT	8
2.3 STORE DEPONERINGSANLÆG	8
2.4 SMÅ HAVNE - CASES	8
3 SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
3.1 TEST SAMPLING AND ANALYSIS	9
3.2 DREDGING	9
3.3 DEWATERING	10
3.4 LARGE LANDFILLS FOR DREDGED SEDIMENT	10
3.5 SMALL HARBOURS - CASES	10
4 INDLEDNING	11
5 PRØVETAGNING OG ANALYSE	13
5.1 ØKONOMI	14
6 OPRENSNINGSMETODER	17
6.1 BAGGRUND FOR VALG AF OPRENSNINGSMETODE	17
6.2 JURA I FORBINDELSE MED OPRENSNING	18
6.3 GENNEMGANG AF OPRENSNINGSMETODER	18
6.3.1 <i>Mekaniske oprensningstekniker</i>	19
6.3.1.1 Gravemaskine med skovl	19
6.3.1.2 Grab, miljøgrab og vakuumgrab	21
6.3.2 <i>Hydrauliske oprensningstekniker</i>	23
6.3.2.1 Undervands arkimedesskrue fartøj (UASV)	24
6.3.2.2 Hvirvelpumpe	25
6.3.2.3 Skære/sugefartøjer med vandretliggende gravesnegl	26
6.3.2.4 Transportabel marin undervandspumpe (STUMP)	28
6.4 PRISER	29
7 AFVANDING AF SEDIMENT	31
7.1 BAGGRUND FOR VALG AF AFVANDINGSMETODE	31
7.2 JURA I FORBINDELSE MED AFVANDING AF SEDIMENT	32
7.3 LITTERATUR I FORBINDELSE MED AFVANDING	33
7.4 BESKRIVELSE AF EKSISTERENDE MATERIEL OG METODER	34
7.4.1 <i>Drænmarker/bassin</i>	34
7.4.2 <i>Kystdeponering</i>	36
7.4.3 <i>Halmbassin og betonkar</i>	37
7.4.4 <i>Filterpresse</i>	38
7.4.5 <i>Centrifuge</i>	40

8	UDNYTTTELSE AF STORE DEPONERINGSANLÆG	43
8.1	BESKRIVELSE AF MULIGHEDER	43
8.1.1	<i>Spulefelt og tørreanlæg</i>	44
8.1.2	<i>Offentlig ejet losseplads</i>	46
9	BORTSKAFFELSE AF SEDIMENT UDEN AFGIFT	47
9.1	DEPONERING I ANLÆG SOM ALENE MODTAGER OPRENSET SEDIMENT	47
9.2	GENANVENDELSE	47
10	ORGANISERING AF SAMLET OPRENSNING OG BORTSKAFFELSE	49
10.1	OPRENSNING	49
10.2	FÆLLES DEPOTER	51
11	SMÅ HAVNE – CASES	53
11.1	BAGENKOP HAVN	54
11.2	FÅBORG HAVN	55
11.3	NYSTED HAVN	55
12	LITTERATURLISTE	57
12.1	REFERENCER	57
12.2	LITTERATURLISTE FOR SEDIMENTPROJEKTER	59
12.2.1	<i>Fase 1 projekter (udført i år 1999-2000)</i>	59
12.2.2	<i>Fase 2 projekter (udført i år 2001)</i>	59
12.3	PERSONLIGE KONTAKTER FRA HVILKE DER ER KOMMET VÆSENTLIGE OPLYSNINGER	60
12.4	INTERNET	61
12.5	LOVMATERIALE	62

1 Forord

Miljøstyrelsen har i sommeren 2001 igangsat en række projekter med det formål at belyse forskellige aspekter af den nuværende praksis og de muligheder der er for håndtering af oprenset sediment fra de danske havne.

Denne rapport er en af 5 projekter, der skal danne baggrund for en national handlingsplan for håndtering af sediment. Rapporten er udarbejdet af RAMBØLL og omhandler oprensning, behandling og deponering af forurenede sediment fra små havne. I alle tilfælde er der beskrevet metode, fordele, ulemper og lovgivningsmæssige krav. Projektet bygger på litteraturstudie, erfaringer fra tilsvarende opgaver gennemført af RAMBØLL, oplysninger indhentet fra entreprenører i sommeren 2001, samt oplysninger indhentet hos amter og andre myndigheder i samme periode.

Projektet er udarbejdet på grundlag af et projektoplæg, som er udarbejdet af Miljøstyrelsen.

2 Sammenfatning og konklusioner

Både fiskerihavne, lystbådehavne og marinaer er afhængige af et godt og sundt havmiljø. Havnene er dog også afhængig af, at der er en vis vanddybde ved indsejlingen og der kan derfor opstå et dilemma når havnene skal oprensning af sediment i forbindelse med vedligeholdelse af sejlbassiner og havnebassin. Hvis det viser sig, at sedimentet er så forurenet, så det ikke kan klappes, er der flere små havne, som ikke med de eksisterende muligheder har råd til at foretage oprensningen. Dermed udelukkes visse af kunderne fra at bruge havnen på grund af for lav vanddybde og havnen mister derfor indtægter.

Det er ofte kendetegnende for de små havne, at de har begrænsede midler til rådighed til den del af vedligeholdelsesarbejdet, som omfatter oprensning og bortskaffelse af forurenede sedimenter. Nærværende projekt belyser problematikken omkring oprensning, transport og bortskaffelse af op til 7.000 m³ havnesediment. Det er ofte små havne som får foretaget disse mindre oprensninger.

Rapporten indeholder oversigtsskemaer med angivelse af metodebeskrivelser og overslagspriser for forskellige metoder til oprensning, afvanding, transport og deponering af forurenet havnesediment i små havne. Ligeledes beskrives prøvetagning og analyser forud for en given oprensning. Der gives konkrete eksempler på oprensningsprojekter i små havne, og muligheden for at organisere samlet oprensning og bortskaffelse beskrives.

Prøvetagning og analyse

Der er indenfor havnemiljøet, som i resten af samfundet en stadig stigende fokus på miljøet og forekomsten af miljøfremmede stoffer i naturen. Dette har bl.a. resulteret i, at de undersøgelser der skal foretages af sedimentet inden oprensningen omfatter flere stoffer end tidligere. Flere afskæringsværdier i forhold til tidligere, sammenholdt med det udvidede antal stoffer der undersøges i sedimentet, resulterer ofte i at sedimentet må karakteriseres som forurenet og uegnet til klappning

2.1 Oprensningsmetoder

Forureningsgraden af sedimentet er bestemmende for, om der af myndighederne bliver stillet krav om specielle miljøtiltag samt krav til præcisionen i forbindelse med oprensningen. Omkostningerne i forbindelse med oprensningen og bortskaffelsen af havnesediment afhænger derfor primært af forureningsgraden og af mængden af sediment. Derudover har adgangsforhold og oprensningsdybde betydning for valg af oprensningsmateriel.

Rapporten beskriver oprensningsfartøjer, som er velegnede til oprensning af små havne. Der er beskrevet dels afprøvet teknologi i Danmark og i udlandet, dels introduceres ny teknologi, som kun er afprøvet få steder i udlandet.

2.2 Afvanding af sediment

Det kan være nødvendigt eller ønskværdigt, at afvande oprenset sediment for at reducere volumen eller for at forbedre den fysiske kvalitet af forurenset sediment der kræver videre behandling eller deponering.

Afvanding kan finde sted ved naturlige fysiske processer i bassin, kar, drænmark eller ved kystdeponering. Processen kan alternativt hjælpes ved, at der anvendes mekaniske afvandingsteknikker så som filterpresse eller centrifuge.

2.3 Store deponeringsanlæg

Muligheden for at små havne deponerer i store fælles deponeringsanlæg er vurderet i forbindelse med bortskaffelse af oprenset forurenset havnesediment. Dette er bl.a. vurderet ud fra den betragtning, at det volumenmæssigt er billigere at etablere store depoter end små depoter. Ligeledes er det mere hensigtsmæssigt, at samle det forurenede sediment i større fælles depoter end i mange små da det giver mulighed for en mere hensigtsmæssig kontrol af perkolat og udsivning til det omgivende miljø og mulighed for etablering af rensemetoder som vil gøre det muligt at genanvende sedimentet.

Etablering af offentligt ejede centrale depoter, som kan anvendes af alle havnene i et givet område, kan være en mulig løsning for flere små havne. Disse depoter skal kunne modtage havnesediment som har forskellige forureningsgrader.

I forbindelse med etablering af sådanne centrale anlæg kan et samlet udbud for oprensning og transport af sediment fra havne med forholdsvis ens behov mindske omkostningerne for den enkelte havn.

2.4 Små havne - Cases

Der er enkelte små havne som har fået foretaget en oprensning af forurenset havnesediment indenfor de sidste år. F.eks. har Bagenkop og Nysted Havn fået foretaget oprensning vha. offentlige midler.

Augustenborg Yachthavn har måtte opgive planerne om oprensning på grund af de høje priser på at deponerer oprenset sediment. Dette er ikke et enkeltstående tilfælde og hvis de små havne forsat skal kunne opretholde deres funktion og have en mulighed for at få oprenset og bortskaffet forurenset havnesediment skal der iværksættes nogle nye billigere tiltag.

3 Summary and conclusions

Small harbours such as fishing harbours and marinas are dependent on a healthy and well functioning marine environment. At the same time however, the same harbours depend on retaining a certain depth in the shipping lane and harbour basin. In connection with dredging operations the harbours are therefore often faced with a dilemma. If the dredged sediment is so contaminated that it cannot be disposed of at sea, smaller harbours can often not afford to dredge, as the costs of depositing contaminated sediment is high. If the shipping channel and the harbour basin do not maintain a certain depth, some of the customers are not able to use the harbour and the harbour loses income.

The small harbours often have limited resources available for that part of the maintenance work that includes dredging and disposal of sediment. This project focuses on the problems connected with dredging, transport and disposing of 7.000m³ contaminated harbour sediment.

The present report lists dredging and dewatering techniques as well as methods of transportation of sediment and disposal that are relevant for small harbours. The report also briefly describes test sampling and analysis necessary in connection with dredging operations. Estimated costs of the different activities related to the handling of harbour sediment are given when known. Factual cases of dredging operations in small harbours are given and the possibility of arranging joint dredging operations between small harbours is described.

3.1 Test sampling and analysis

Within the harbours, as in the rest of society, there is an increased focus on the environment and on the occurrence of environmental damaging substances in nature. Due to this focus, an increasing number of substances are now included in the analysis programme that is conducted on the sediment before dredging operations are initiated. Increased demands compared to former legislation, in combination with the increased number of substances that are examined, result in the fact that sediment are more often now than earlier characterised as contaminated and therefore not suitable for open water disposal.

3.2 Dredging

The degree of contamination of the sediment is often the determining factor for whether the authorities set up demands for using specific environmental friendly dredging methods or using a very accurate method when dredging. The expenses connected to dredging and disposing of sediment is therefore primarily dependent on the degree of contamination and on the amount of sediment that needs to be dredged. Also manoeuvrability in the harbour and the dredging depth are important when choosing dredging equipment.

3.3 Dewatering

It can be necessary or desirable to dewater dredged sediment in order to reduce the volume or to improve the quality of contaminated sediment that needs further treatment or depositing.

Dewatering can take place through natural physical processes in basins, drainage fields or coast depositing. Alternatively the process can be aided by using mechanical dewatering techniques such as filterpres or centrifuge.

3.4 Large landfills for dredged sediment

The possibility of small harbours depositing contaminated sediment in large central landfills is evaluated. When comparing cost and volume it is cheaper to establish large landfills rather than small ones. Another advantages in using large central landfills is the opportunity of a better control of percolate and seepage and it gives the possibility of establishing cleaning methods so that the deposited sediment can be reused.

Establishing public owned landfills that can be used by all harbours in a given area could be a solution for several small harbours. These landfills should be able to receive sediment with different degrees of contamination.

In connection with establishing such central landfills it could be advantageous for small harbours that have approximately the same needs to elaborate a joint tender for dredging and transportation of sediment. This would cut the cost for the individual harbours.

3.5 Small harbours - Cases

A few smaller harbours in Denmark have conducted a dredging operation of contaminated sediment within the last year. Bagenkop and Nysted harbours have both had the harbour basin dredged using public economic funding.

Augustenborg Yachtharbour have had to give up plans of dredging the harbour basin due to the high costs of depositing contaminated dredged sediment. This is not a one off case and if the small harbours are to maintain their function in the future, have the harbour basin dredged and the possibility of depositing contaminated sediment, new ideas and initiatives are needed.

4 Indledning

Oprensning og bortskaffelse af forurenede havnesediment udgør en økonomisk belastning for havne. Dels er mobiliseringsomkostningerne for oprensningsudstyr store men den største belastning for de små havne vil oftest være udgifterne til bortskaffelse af det oprensede sediment. Omkostningerne ved at få oprenset og bortskaffet forurenede sedimentet, overstiger i mange tilfælde de ressourcer små havnene har til rådighed.

Nærværende rapport behandler problematikken omkring håndteringen af forurenede havnesediment. Rapporten indeholder en generel gennemgang af metoder til rådighed for små danske havne i forbindelse med oprensning, afvanding og deponering af forurenede sediment. Ligeledes introduceres metoder der anvendes til oprensning i udlandet.

Små havne defineres i det følgende som havne der har behov for at få oprenset op til ca. 7.000 m³ sediment. Denne mængde angiver erfaringsmæssigt den øvre grænse for sediment der skal oprenses i mindre havne der ikke har et stort oprensingsbehov.

Behovet for oprensning i de enkelte industri, erhvervs og lystbådehavne varierer, idet størrelsen af sedimenttransporten i havnebassinet afhænger af de fremherskende strømforhold i området. Desuden kan den fysiske udformning af havnen være medvirkende til aflejring af sediment, idet moler og andre konstruktioner kan give anledning til områder med rolige strømforhold, hvor opslemmede partikler bliver aflejret. Nogle havne har således ikke behov for oprensning, mens andre havne foretager oprensning flere gange årligt.

Det er blevet vanskeligere at få en klaptilladelse da havnesediment ofte er forurenede. Mulighederne for at foretage oprensning i de små havne og lystbådehavne er derfor ofte begrænset af havnenes økonomi, da omkostningerne til behandling og/eller deponering af forurenede sediment er store.

Flere havne må derfor af økonomiske årsager undlade at få oprenset, og små privatejede havne uden tilskudsmuligheder vælger i flere tilfælde at lade havnen sande til og henvise kunder til andre dele af bassinet eller til andre havne.

I Danmark foretages oprensning af små havne og lystbådehavne sædvanligvis med grab, gravemaskine med skovl eller et mindre skære/suge fartøj, idet entreprenørerne anvender det udstyr, som de allerede har. Dette medfører, at prisen for selve oprensningen er overkommelig selv for små havne. Eftersom der p.t. oftest ikke stilles krav til minimering af sedimentets spredning i forbindelse med oprensning, er entreprenørerne ikke interesserede i at investere i specielt oprensningsudstyr af hensyn til miljøet, idet prisen for oprensning herved vil stige. I bl.a. USA og Sverige har miljøkrav i forbindelse med oprensning af stærkt forurenede sedimenter dog medført udvikling af specielle oprensingsfartøjer samt mere miljøvenlige udgaver af eksisterende materiel således at sedimentspildet mindskes.

Eftersom oprenset sediment ofte kræver behandling på grund af forurening, er det relevant at bestemme omfanget, graden og karakteren af forureningen, før oprensningen starter. Desuden er det væsentligt at planlægge og udføre oprensningen, således at rent sedimenter ikke blandes med forurenset sediment.

Under oprensningen sker der sædvanligvis en opblanding med vand. Hvis sedimentet skal transporteres til behandling og/eller depot, er det ønskeligt at få afvandet sedimentet i umiddelbar nærhed af oprensningsstedet af hensyn til den mængde der skal transporteres. Der kan etableres afvandingsbassiner på kajen eller sediment kan placeres i drænmarker. Afvandet sediment kan efterfølgende transporteres til behandling og/eller depot, mens overskudsvandet afhængigt af forureningsgrad og -karakter eventuelt skal renses før udledning til recipienten.

Muligheden for at små havne deponerer i store offentlig fælles deponeringsanlæg er vurderet ud fra den betragtning, at det volumenmæssigt er billigere at etablere store depoter end små depoter. Ligeledes er det mere hensigtsmæssigt, at samle det forurenede sediment i større fælles depoter end i mange små da det giver mulighed for kontrol af perkolat og udsivning til det omgivende miljø samt bedre muligheder for genanvendelse af sedimentet.

5 Prøvetagning og analyse

Hvis oprenset havnesediment ønskes klappet, skal amtet ansøges om klaptilladelse. I forbindelse med ansøgningen skal der foreligge information om bl.a. mængden af sediment der ønskes klappet, samt en visuelt baseret karakterisering af sedimentet. Desuden ønsker amtet oftest også information om indholdet og niveauet af forureningskomponenter i sedimentet.

Ifølge Bekendtgørelse om dumpning af optaget havbundsmateriale, nr. 975 (Klapbekendtgørelsen) kan der dog fritages for analysering, hvis afgravningen omfatter mindre end 10.000 tons/år, og hvis der er dokumentation for, at der med en rimelig sikkerhed ikke findes væsentlige forureningskomponenter i det sediment, der skal oprenses. Når der er tale om havnesediment, vil man normalt ikke kunne fritages for analyse, da der altid vil være en stor sandsynlighed for, at sedimentet er forurenet. Ifølge OSPARs retningslinier skal der udtages 3 prøver, hvis der skal afgraves mindre end 25.000 m³, (Miljøstyrelsen, 2001e).

Alle havne må altså regne med at skulle udtage prøver til analyse i forbindelse med ansøgning om tilladelse til klapning.

Det er amtet, der som myndighed fastsætter eller godkender prøvetagningsprogram, dvs. antallet af prøver, prøvetagningsstederne og analyseprogrammet, således at de udtagne prøver er repræsentative for sedimentets forureningsgrad.

Der er stor forskel på forskellige sedimentkomponenters evne til at binde miljøfremmede stoffer. Metaller vil ofte være knyttet til lerpartikler i sedimentet, hvorimod de organiske miljøfremmede stoffer ofte vil være knyttet til sedimentets indhold af organisk materiale. De miljøfremmede stoffer er således koncentreret i det finere sediment. Sand og grus er større partikler, som miljøfremmede stoffer i praksis ikke binder sig til. Sedimentets sammensætning har således en væsentlig betydning for, hvor høje koncentrationer af metaller og miljøfremmede stoffer, der kan forventes i en given prøve, og det vil således være en fordel at analysere groft og fint materiale for sig. Afhængig af strømnings- og sedimentationsforhold i en given havn vil der aflejres groft eller fint materiale, og der kan derfor være forskellig type sediment forskellige steder i havneområdet.

Sedimentets forureningsgrad vil ikke alene afhænge af havnens aktiviteter, men også af forureningskilder såsom udledninger til havnen, tidligere industrielle udledninger osv. Kortlægning af eventuelle forureningskilder og kendskab til strømnings- og sedimentationsforhold i havnen er de vigtigste redskaber til at fastsætte et repræsentativt prøvetagnings- og analyseprogram.

Hvis der i perioden fra sidste oprensning i en given havn/marina ikke er sket ændringer med hensyn til omfanget af forureningskilder, kan det for oprensningsdybder ned til ca. 1 m forsvares kun at lade prøvetagningen omfatte de øverste 10 cm.

Da der er stor usikkerhed ved prøvetagning og analyser af specielt metaller, bør hver prøve udtages som en blandeprøve bestående af minimum 3 delprøver fra hver prøvetagningsposition.

Hvis der er kendte historiske forureninger, eller hvis man ønsker at oprens mere end ca. 1 m, bør der dog tages profilprøver, dvs. prøver der går længere ned i bundlaget, og som giver en sammenhængende kerne af sedimentet (Miljøstyrelsen, 2001e).

Antallet af prøver og analyseomfang kan således variere afhængig af strømning- og sedimentationsforhold og placering af nutidige og historiske udledninger. For en lille havn, hvor der ikke findes nogle direkte kilder ud over afløb fra befæstede arealer omkring havnen og hvor der ikke er kendte historiske forureninger, tages typisk en prøve nær udløbet og to prøver fra resten af oprensingsområdet.

Analyseprogrammet kan bestå af:

Fysiske analyser:

- Tørstof
- Glødetab
- Evt. total indhold af organisk kulstof (TOC)
- Evt. kornstørrelsesfordeling

Kemiske analyser:

- Cd, Hg og Cu
- Afhængig af forureningskilder analyseres for andre metaller som for eksempel bly eller krom eller organiske miljøfremmende stoffer som for eksempel PAH'er
- TBT
- Andre anti-begroningsmidler

Med henblik på at minimere udgifter til analyse kan analysearbejdet opdeles i faser, såfremt prøverne kan gemmes til senere analyse (analyse for indhold af tungmetaller behøver for eksempel ikke at udføres umiddelbart efter prøvetagningen). Hvis der for eksempel er mistanke om, at indhold af TBT i sediment er så højt, at der ikke kan gives klaptilladelse, er det i første omgang ikke nødvendigt at analysere for indhold af tungmetaller. Hvis indholdet af TBT imidlertid viser sig at være under det fastsatte kriterium, kan der efterfølgende analyseres for indhold af tungmetaller for at undersøge om disse overskrider de fastsatte kriterier.

5.1 Økonomi

Afhængig af kravet til omfang af prøveudtagnings- og analyseprogram skønnes udgiften til prøvetagning og analyser i forbindelse med ansøgning om klaptilladelse at kunne beløbe sig til DKK 7.000-30.000. For yderligere oplysninger om analyse- og prøvetagningsomkostninger henvises til (Miljøstyrelsen, 2001e).

Analyseomkostningerne er betragtelige for mange små havne. I de tilfælde, hvor der ikke bliver givet klaptilladelse føler havnene, at de ikke får noget for pengene.

Der er stor forskel på havnenes oprensningsbehov. Havnene er langt hen ad vejen uden indflydelse på hvad og hvor meget der skal renses op og hvilke forureningskomponenter sedimentet indeholder, og således også uden indflydelse på, hvor stort et prøvetagnings- og analyseprogram, der opstilles, og den omkostning det måtte medføre.

For at gøre prøvetagnings- og analyseomkostningerne mere ensartede og mere overkommelige for de små havne, kunne der indføres en økonomisk støtteordning.

Der kunne evt. være en egenbetaling indtil et fast beløb eller indtil en vis procentdel af havnens indtægter. Resten af omkostningerne kunne så eventuelt betales af det offentlige eller en fælles miljøpulje.

6 Oprensningmetoder

6.1 Baggrund for valg af oprensningmetode

For små havne, som skal have oprenset forurenede sediment, viser erfaringerne, at det er bortskaffelsen af sedimentet, der udgør den største udgift. Forud for en oprensning bør der derfor udføres en grundig kortlægning af oprensningens omfang, samt af sedimentets forureningsgrad og -type, så den mest hensigtsmæssige bortskaffelsesmetode kan benyttes.

I forbindelse med selve oprensningen skal der tages højde for følgende parametre forud for valg af oprensningmetode:

- tykkelse af laget, som skal oprenses
- typen af sediment (ler/silt/sand/gytje) der skal oprenses
- det tilladte sedimentpild i forbindelse med oprensningen
- mængden af affald, sten, rødder, ålegræs m.m. i sedimentet
- oprensningedybden
- vanddybden
- krav til præcision
- pladsforhold på oprensningsstedet (moler, kajer etc.)
- afstand til opsamlings-/behandlings-/deponeringssted
- sedimentets eventuelle forureningsgrad og udbredelse
- kapaciteten af evt. afvandings-/behandlingsanlæg

For alle oprensningmetoder er det optimalt, at densiteten af det oprensede materiale forbliver så tæt på in situ densiteten som muligt, idet mængden af materiale og vand, som efterfølgende skal bortskaffes eller behandles, herved bliver mindst mulig (højt materiale/vand-forhold).

Ved at afgrænse det materiale, der skal opgraves, horisontalt og vertikalt samt ved at foretage præcisionsoprensning, kan slutmængden af det forurenede sediment reduceres og dermed deponeringsomkostningerne. Udgifterne til prøvetagning og præcisionsgravning skal dog for hvert enkelt projekt holdes op mod udgifterne til afvanding og evt. behandling.

I forbindelse med oprensning af sediment skal man være opmærksom på risikoen for sedimentpild. Ved sedimentpild forstås den del af det opgravede materiale, som enten efterlades på bunden ved oprensningsstedet og senere resuspenderes, eller som føres bort med strømmen og aflejres et andet sted på havbunden. Størrelsen af sedimentpildet afhænger således dels af de lokale strømforhold, dels af den mængde materiale, som frigøres til/hvirvles op i vandet under oprensningen. Denne ophvirvling af sediment i vandet (suspension) benævnes turbiditet. Hvis der er tale om større mængder sediment i suspension, kan det påvirke det lokale miljø, dels ved at det aflejres ovenpå planter og dyr på havbunden, dels ved at det skygger for planter på havbunden. Begrænsning af sedimentpildet bør være en naturlig del af oprensning- og uddybningsprojekter.

Specielt ved oprensning af forurenede sediment er enhver spredning af sedimentet til miljøet uønsket, og der bør derfor anvendes oprensningsmetoder, som medfører mindst mulig turbiditet.

Hydrauliske oprensningsmetoder er velegnede til oprensning af forurenede sediment, idet oprensning til et bestemt niveau kan udføres med stor nøjagtighed, og der ikke spildes materiale ved fyldning og tømning af pramme og lastrum, idet sedimentet pumpes op. Der kan dog i den forbindelse opstå problemer med sten og affald, som kan blokere indtag og pumper. Ulempen ved den hydrauliske oprensningsmetode i forhold til den mekaniske er et lavere materiale/vand-forhold.

Ved oprensning af forurenede sediment kan valget af oprensningsmateriel desuden afhænge af den efterfølgende behandling af sedimentet, idet der kan være krav til materialets homogenitet og materiale/vand-forhold.

6.2 Jura i forbindelse med oprensning

Når havnen skal foretage en oprensning ansøges amtet om en klaptilladelse i henhold til "Lov om beskyttelse af havmiljøet nr. 476, og Bekendtgørelse om dumpning af optaget havbundsmateriale" nr. 975. Hvis sedimentet er tilstrækkeligt rent til at klappe, meddeles tilladelse hertil. Hvis det ikke er muligt at klappe sedimentet, fordi det er forurenede, anviser amtet, hvordan en efterfølgende sagsgang skal forløbe.

Hvis amtet meddeler afslag på klaptilladelsen, skal amtet ansøges om tilladelse til oprensning af forurenede havnesediment i henhold til "Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse" nr. 698. En tilladelse hertil kan indeholde vilkår om, hvilke forureningsbegrænsende foranstaltninger der skal iværksættes i forbindelse med oprensningen og transporten af havnesedimentet. Tilladelsen kan også indeholde vilkår om, at der skal udtages prøver under og efter oprensningen som dokumentation for at de opstillede kriterier er opfyldt.

For en mere uddybende beskrivelse af lovgivningen omkring oprensning af sediment henvises til "Håndtering og bortskaffelse af havnesediment" (Miljøstyrelsen, 2001a).

6.3 Gennemgang af oprensningsmetoder

Udbredelsen af de forskellige typer oprensningsmateriel varierer fra land til land og udbredelsen vil dels være bestemt af hvilket materiel entreprenør har i forvejen og dels af lovgivningen indenfor oprensning og deponering af sediment.

Til traditionelle anlægsopgaver i Danmark anvendes typisk grab monteret på wiremaskiner, hydrauliske gravemaskiner med skovl, samt mindre skære/suge maskiner, evt. uden skæreaggregat, og det er derfor de metoder, danske entreprenører har givet udtryk for, at de i første omgang ville vælge at anvende til oprensning af små havne.

I det følgende er vægten lagt på at beskrive oprensningsfartøjer, som er velegnede til oprensning af små havne. Der er således tale om dels afprøvet teknologi i Danmark og i udlandet, dels introduktion af ny teknologi, som kun er afprøvet få steder i udlandet.

Fælles for fartøjerne er, at de har begrænset fysisk størrelse og dermed kan komme ind på lavt vand.

6.3.1 Mekaniske oprensingsmetoder

Ved den mekaniske metode oprenses materialet fra havbunden ved hjælp af en grab, skovl eller skraber, og materialet placeres i en pram eller lastrum med henblik på videre transport. Opblandingen af sedimenterne med vand er begrænset.

Eksempler på mekaniske oprensings- og gravemetoder:

- Gravemaskine med skovl (backhoe)
- Traditionel grab
- Miljøgrab
- Vakuumbag
- "Skrabe-gravemaskinen" og
- Spandkædemaskine
- Slæbesuger
- Stiksuger

"Skrabe-gravemaskine", spandkædemaskinen, slæbesugeren og stiksugeren er ikke beskrevet nærmere i denne rapport, da metoderne ikke er velegnede til oprensning i mindre havne. For en nærmere beskrivelse af spandkædemaskinen, slæbesugeren og stiksugeren henvises til "Bortskaffelse af havnesediment" (Miljøstyrelsen, 2001a).

6.3.1.1 Gravemaskine med skovl

Eksisterende materiel og metode

Metoden anvendes verden over i forbindelse med oprensingsopgaver.

Udstyret består af en traditionel hydraulisk gravemaskine, som er placeret på et skib eller en flåde. Gravemaskinen løsner materialet ved at skovlen trækkes ind og op gennem materialet, så den arbejder sig baglæns gennem graveområdet. Det opgravede materiale placeres enten i skibets lastrum eller på pramme, som kan være selvsejlende eller flyttes ved hjælp af en slæbebåd.

Hvis der anvendes flåde er denne typisk udstyret med et eller flere støtteben, som dels giver modhold, når sedimentet løsnes, dels kan flytte flåden frem og/eller tilbage. Flåden manøvreres ved hjælp af en slæbebåd eller wirer udspændt mellem spil på dæk og ankre.

Skovlens kapacitet er typisk fra 1 til 4,5 m³, men kan være væsentlig større. Maksimal gravedybde er typisk 10 – 12 m, men kan være op til ca. 20-25 meter.

Begrænsninger/forudsætninger for anvendelse

Metoden benyttes fortrinsvist til oprensning af ikke-forurenet sediment da den giver anledning til turbiditet ved oprensingsstedet, og der kan være risiko for tab af materiel ved overførsel af materialet fra skovl til lastrum.

Hvis der anvendes flåde kræver metoden en del plads i forbindelse med manøvrering af prammene til transport af det oprensede sediment. Såfremt den hydrauliske gravemaskine er placeret på et skib med lastrum, må oprensningen jævnligt afbrydes for at skibets lastrum kan tømmes.

Afhængigt af typen af fartøj er metoden begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0,3-0,4 meter. Anvendelse af skovl vurderes at være ineffektiv eller endog farlig ved bølgehøjder på 0,6 – 1,0 meter.

Fordele/ulemper

Fordele:

- Gravemaskinen kan grave i selv meget hårde materialer
- Kan afgrave med stor præcision
- Medfører et forholdsvis højt materiale/vand-forhold
- Kræver ikke meget manøvrer plads og kan derfor med fordel benyttes til oprensning af sediment omkring broer, dokke, havnearealer, rørledninger og moler.

Ulemper:

- Metoden medfører en vis turbiditet, når materialet brydes løst, og den fyldte skovl trækkes op gennem vandsøjlen,
- ved tømning af skovlen over i prammen er der risiko for at tabe materiale
- ved overfyldning af pramme og lastrum, vil opslemmet sediment løbe ud over kanterne.
- ved anvendelse af pramme er metoden pladskrævende
- tømning af skibets lastrum medfører afbrydelser i gravearbejdet
- Metoden kan ikke benyttes ved stor bølgegang.

Priseksempel

Omkring 40 – 50 kr/m³ for opgravning fra flåde og transport over 1 sømil

6.3.1.2 Grab, miljøgrab og vakuumgrab

Eksisterende materiel og metode

Grab

Metoden anvendes verden over. Grabben er monteret på en wiremaskine på et skib eller en flåde. Wiremaskinen lader grabben synke frit ned gennem vandsøjlen for at opnå den største nedtrængning i havbunden. Nedtrængningsdybden er bestemt af grabbens vægt og faldhastighed. Når grabben er i ro, lukkes den og hejses op gennem vandsøjlen. Grabben tømmes herefter i lastrum på skib eller på pram.

Kapaciteten af grabben er typisk fra 1 til 4,5 m³, men kan være væsentlig større.

Hvis grabben er monteret på flåde, kan denne være udstyret med et eller flere støtteben, som dels giver modhold, når materialet graves løst, dels kan flytte flåden frem og/eller tilbage. Flåden kan være enten selvsejlende eller flyttes ved hjælp af en slæbebåd eller wirer udspændt mellem spil på dækket og ankre.

Miljøgrab

Et amerikanske firma har udviklet en miljøgrab, som er specielt velegnet til oprensning af forurenede sedimentter (McLellan og Hopman, 2000). Miljøgrabben har været anvendt på projekter i USA, hvor der har været strenge krav til turbiditeten, eller hvor der var tale om stærkt forurenede sediment (Pelletier *et al.*, 1994).

Miljøgrabben er oftest monteret på en traditionel wiremaskine men er udstyret med både et akustisk ekkomålesystem og en tryktransducer, som angiver den præcise dybde af grabben. Herved bestemmes grabbens nedtrængning i sedimentlaget, hvilket er med til dels at sikre, at der kun graves til det ønskede niveau, dels forhindre overfyldning af grabben. Miljøgrabben graver med et horisontalt snit i modsætning til traditionelle grabbe, hvilket gør det muligt at grave plant i en bestemt dybde med stor nøjagtighed. Miljøgrabben fremstilles med kapacitet på 2,4 – 11 m³ (Cable Arm Inc., 2001).

Ved sænkning af miljøgrabben gennem vandsøjlen åbnes ventilerne i toppen af grabben, således at vand og luft kan slippe ud. Herved mindskes vandtrykket ved kontakten med havbunden, og dermed ophvirvlingen af sedimentet i forhold til den traditionelle grab, hvor vand og luft presses ud via skovlens åbning. Grabbens åbning er tætnet med en gummipakning for at mindske turbiditeten, når grabben løftes op gennem vandsøjlen. Gravecyklusen for en miljøgrab tager længere tid (2 – 8 minutter) end for en traditionel grab, og oprensning med en miljøgrab er derfor dyrere. Miljøgrabben kan betjenes af én operatør, som kan oplæres i løbet af et par dage.

Vakuumbgrab

Vakuumbgrabben blev udviklet i forbindelse med oprensning af tjære samt underliggende forurenede sedimentter fra bunden af Welland River, Ontario, Canada.

Ved at montere et vakuum-kammer uden på en traditionel grab blev materiale/vand forholdet i det oprensede sediment højere, i forhold til når der oprenses med traditionel grab. Ved at anvende metoden blev spild af tjære, vand og sedimenter til omgivelserne ligeledes begrænset. Under nedsenkning er både grab og kammer åben, og når grabben er lukket, lukkes vakuumkammeret, og undertrykket etableres.

Metoden er tidskrævende, og der blev på 23 dage fjernet 1.200 m³ forurenede materiale med en produktion på mellem 20 og 90 m³/dag. Jo tykkere lag, der blev oprenset, jo større var produktion. (McLellan og Hopman. 2000; Bennett *et al.* 1994).

Begrænsninger/forudsætninger for anvendelse

Fælles for alle gælder at materialet skal være forholdsvist løst lejret, så grabben kan trænge ned i havbunden.

I stærk strøm er det ikke muligt at foretage præcisionsoprensning med en wiremonteret grab. Ved at montere grabben på en traditionel hydraulisk gravemaskine kan der oprenses hårdere materialer og med større præcision

Afhængigt af typen af fartøj er metoden begrænset af en maksimal bølgehøjde på 0,4-2,5 meter.

Den traditionelle grab anvendes fortrinsvist til oprensning af ikke-forurenede sediment da den giver anledning til turbiditet ved oprensningsstedet og der kan være risiko for tab af materiel ved overførsel af materialet fra grab til lastrum.

Hvis der anvendes flåde, kræver metoden en del plads i forbindelse med manøvrering af prammene til transport af det oprensede sediment. Såfremt den hydrauliske wiremaskine er placeret på et skib med lastrum, må oprensningen jævnlige afbrydes for at skibets lastrum kan tømmes.

Fordele/ulemper

Fordele:

- Metoderne er velegnede til oprensning af større sammenhængende lag af materiale i bløde aflejringer
- Metoderne medfører et forholdsvist højt materiale/vand-forhold. Ved anvendelse af vakuum grab kan opnås højere materiale/vand-forhold end ved de andre metoder
- Ved anvendelse af miljøgrab genereres begrænset turbiditet, både når materialet løsnes fra havbunden, og når grabben løftes op gennem vandsøjlen og der kan graves med stor nøjagtighed.
- Miljøgrab og vakuumgrab er velegnet til oprensning af forurenede sediment

Ulemper:

- Traditionel grab medfører en vis turbiditet, når materialet brydes løst og grabben trækkes op gennem vandsøjlen.
- Ved tømning af grab i pram er der risiko for tab af materiale
- Ved overfyldning af pramme og lastrum, kan opslemmet sediment løbe ud over kanterne.
- Ved anvendelse af pramme er metoden pladskrævende
- Tømning af skibets lastrum medfører afbrydelser i gravearbejdet

- Traditionel grab og vakuumbgrab er ikke velegnet til præcisionsgravning
- Anvendelse af miljøgrab kræver konstant kontrol af ventilstillinger og registrering af grabbens dybde, hvilket medfører en længere gravecyklus og dermed længere oprensningstid.
- Oprensning med vakuumbgrab tager forholdsvis lang tid og er derfor næppe rentable i forhold til andre metoder.
- Vakuumbgrabben vil efterlade 'pletter' på bunden, som med fordel kan fjernes med en anden metode, f.eks. en dykker med et rør med vakuumb.

Priseksempel

50 – 60 kr/m³ for oprensning og transport til depot (ekskl. deponeringsafgifter) ved anvendelse af traditionel grab

Det har ikke været muligt at fremskaffe priseksempel for miljøgrab og vakuumbgrab.

6.3.2 Hydrauliske oprensningsmetoder

Ved den hydrauliske metode løsnes materialet fra havbunden ved hjælp af et roterende skærehoved eller ved hjælp af vand-jets eller sugehoved, såfremt det er løst lejret. Det løsnede materiale blandes med vand, og blandingen suges op ved hjælp af en pumpe og kan enten pumpes til opsamlings-, behandlings- og/eller deponeringsstedet, eller det kan midlertidigt opbevares i skibets lastrum.

Afstanden hvorover materialet kan pumpes er i første omgang bestemt af størrelsen på oprensningsfartøjets pumpe, men ved at indsætte ekstra pumper (booster stations) på strækningen, kan strækningen i princippet øges vilkårligt.

Eksempler på hydrauliske oprensnings- og gravemetoder:

- Undervands Arkimedesskrue fartøj (Underwater Archimedian Screw, UASV)
- Hvirvelpumpe (Eddy pump)
- Skære/sugefartøj med vandretliggende snegl
- Fejeoprensningsfartøj
- Sugeoprensningsfartøj
- Transportabel marin undervandspumpe (Submersible Transportable Utility Marine Pump, STUMP)

6.3.2.1 Undervands arkimedesskrue fartøj (UASV)

Eksisterende materiel og metode

Metoden anvendes bl.a. i USA

Oprensningsfartøjet er designet til at fjerne tynde lag af finkornede sediment med en nøjagtighed på 5 – 10 cm. Sedimentet løsnes ved hjælp af vandstråler fra en lavtrykspumpe (ca. 0,3 m³/min) og suges efterfølgende ind i en hætte, hvor materialer større end 120 µm (sand og grus) sorteres fra og falder tilbage på bunden. Metoden er derfor meget velegnet til at fjerne det øverste finkornede, forurenede sediment, hvorefter det underliggende sediment evt. kan fjernes med traditionel gravmetode. Fra hætten pumpes det opslemmede materiale videre til deponerings- eller opsamlingsstedet.

På et projekt i Californien blev der oprenset ca. 76 m³/h fra et vandreservoir med en hastighed på ca. 1.000 m²/h.

UASV maskinen er ca. 4,6 m lang, 2,4 m bred og 1,8 m høj. Den bevæger sig tæt hen over bunden og kan flytte sig i alle retninger ved hjælp af såkaldte Arkimedes skruer, der fungerer som fremdriftsmiddel. Den kan fjernstyres og forprogrammeres og er udstyret med DGPS (McLellan og Hopman. 2000).

Begrænsninger/forudsætninger for anvendelse

Materialet, som skal oprenses/uddybes, skal være finkornet og kunne løsnes ved hjælp af vandstråler.

Fordele/ulemper

Fordele:

- Den kan arbejde på begrænset plads og er fjernstyret
- Den fjerner det finkornede materiale og efterlader sandfraktionen på bunden
- Det opslemmede sediment kan pumpes direkte til deponerings-/afvandingsstedet

Ulemper:

- kan kun oprense ler- og siltfraktionerne
- kan kun operere i en afstand fra land, der tillader indpumpning til land

Priseksempel

Pris i USA for fartøjet, inkl. Trailer til transport af fartøjet og pumpeledning er opgivet til US\$ 750.000 – 1.000.000, svarende til ca. 6,0 – 8,0 mill. kr.

Det har ikke været muligt at fremskaffe et priseksempel på oprensning.

6.3.2.2 Hvirvelpumpe

Eksisterende materiel og metode

Metoden anvendes bl.a. i USA.

Princippet i en hvirvelpumpe er som i en tornado, hvor luften roterer med høj hastighed og derved skaber en central søjle, hvori trykket vokser ned mod jorden. I hvirvelpumpen genererer en central rotor en central strømning i pumpehuset, og der dannes en modsatrettet, hvirvlende strøm langs indersiden af pumpehuset, således at sedimentet suges op i pumpen.

Hvirvelpumpen er placeret på en ponton. Typisk pumpekapacitet er 140-150 m³/h. (Eddy Pump Corporation, 2001).

Hvirvel-pumpen er velegnet til at fjerne forurenede sediment, idet metoden generer minimal turbiditet, og idet den kan pumpe materiale med høj densitet. Pumpens konstruktion medfører, at den kan klare mindre stykker fast affald. Det oprensede sediment kan enten fyldes på klappramme, eller det kan pumpes op og videre til deponerings- og/eller behandlingsstedet på land.

Pumpen er bl.a. blevet anvendt til uddybning under og ved dokke (McLellan og Hopman, 2000).

Fordele/ulemper

Fordele:

- Kan arbejde på begrænset plads
- Medfører begrænset turbiditet
- Det opslemmede sediment kan pumpes direkte til deponerings-/afvandingsstedet

Ulemper:

- kan kun operere i en afstand fra land, der tillader indpumpning til land

Priseksempel

Det har ikke været muligt at fremskaffe et priseksempel på en oprensning.

6.3.2.3 Skære/sugefartøjer med vandretliggende gravesnegl

Eksisterende materiel

Metoden anvendes bl.a. i USA, Canada og Europa.

Et amerikansk og et finsk firma har uafhængig af hinanden udviklet oprensingsfartøjer, som er specielt velegnet til mindre oprensningsprojekter i floder, vandløb og søer. Fartøjerne er i de pågældende lande bedre kendt som hhv. MUDCAT og Water Master. Specielt i USA har fartøjet været foretrukket på mange projekter med oprensning af forurenede sediment. Men også svenske entreprenører har anvendt fartøjet i forbindelse med oprensning af stærkt PCB-forurenede sediment i en sø. På dette specifikke projekt i Sverige var der fremsat krav om maksimalt 1 % sedimentspild, og der blev fremstillet en speciel oprensningssnegl til formålet.

En vandretliggende snegl løsner materialet og fører det ind mod det centralt placerede indtag til pumpen. Materialet blandes med vand, og blandingen pumpes til opsamlings- eller deponeringsstedet. Oprensingsfartøjet er desuden i stand til at oprense planterester.

Fartøjet positioneres og flyttes ved hjælp af wirer spændt ud mellem spil på dækket og ankre på land eller nedborede ankre.

Fartøjerne fås i forskellige størrelser. Gravedybde for den mest almindelige type er på 6 m og fartøjet kan udstyres med DGPS, hvis stor præcision er påkrævet. Der er desuden udviklet en serie lignende oprensingsfartøjer, som kan operere på større vanddybder (Ellicott International, 2001; Aquamec, 2001).

Fartøjerne er alle af en sådan størrelse at de kan transporteres til oprensingsstedet på en lastbil.

I Danmark er fartøjet bl.a. anvendt ved oprensning af fint sediment med et højt indhold af organisk materiale. Ved oprensning af 500.000 m³ organisk materiale fra Brabrand Sø i perioden 1988-1996 blev der fjernet op til 60-80 m³ materiale pr. time.

Begrænsninger/forudsætninger for anvendelse

Det er en forudsætning at det oprensede materiale kan løsnes med sneglen.

Fordele/ulemper

Fordele:

- Oprensingsfartøjet kan nemt transporteres over land
- Metoden medfører begrænset turbiditet
- Det opslemmede sediment kan pumpes direkte til deponerings-/afvandingsstedet
- Kan oprense på små vanddybder

Ulemper:

- Problemer med at arbejde meget tæt på eksisterende konstruktioner på grund af sneglens længde
- Kan kun operere i en afstand fra land, der tillader indpumpning til land

Priseksempel

Baseret på erfaringer fra Norge og Sverige:

Mobilisering inkl. etablering af plads: 160.000 kr.

Oprensning inkl. pumpning 500 m: 40-100 kr/m³

Oprensning af ca. 500.000 m³ sediment indeholdende en stor mængde organisk materiale fra Brabrand Sø ved Århus i perioden 1988 - 1996 kostede 25 - 35 kr/m³ ekskl. mobilisering og deponering.

6.3.2.4 Transportabel marin undervandspumpe (STUMP)

Eksisterende materiel

Metoden anvendes bl.a. i USA.

Oprensningsfartøjet blev udviklet med henblik på uddybning og oprensning i farvande og områder, hvor traditionelle gravemetoder ikke kan anvendes på grund af vejrlig. Metoden anvendes ved bl.a. oprensning af sejlrender og tømning af sedimentationsbassin på 5.800 m³.

STUMP'en opereres fra en flåde ved hjælp af en kran og wirer, som bruges til at trække STUMP'en frem og tilbage over havbunden. STUMP'en er 1,2 m høj og klokkeformet med en nedre diameter på 1,5 m. Den er udstyret med en vand-jet pumpe til at løsne materialet med og en hydraulisk pumpe til at pumpe det opslemmede materialet op med. Begge pumper er elektriske og forsynes fra en motor, som står på dækket af flåden.

Klokken er foruden udstyret med et skørt, som medfører, at det løsnede materiale forbliver inde i klokken og suges med op (McLellan og Hopman, 2000; Batchelder, 1994).

Det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger om oprensningskapaciteten.

Begrænsninger/forudsætninger for anvendelse

Materialet skal kunne løsnedes ved hjælp af vandstråler.

Fordele/ulemper

Fordele:

- Kan operere i høj søgang
- Kan om nødvendigt efterlades på bunden
- Kan anvendes i områder med begrænset plads
- Begrænset turbiditet

Ulemper:

- STUMP'en kan 'grave' sig ned i havbunden, hvis den efterlades på samme sted med pumpen kørende
- Kan kun operere i en afstand fra land, der tillader indpumpning til land

Priseksempel

Det har ikke været muligt at fremskaffe et priseksempel på oprensning.

6.4 Priser

Ved oprensning med mere miljøvenlige metoder i forhold til de mere traditionelle metoder oplyser et svensk entreprenørfirma, at udviklingen går i retning af, at de miljøvenlige metoder er ved at have konkurrencedygtige priser.

Det ikke været muligt at fremskaffe priseksempler på flere af de metoder, der ikke anvendes i Danmark. Eftersom et oprensningsprojekt afhænger af mange faktorer, har tilkendegivelsen fra de udenlandske entreprenører været, at det ikke er muligt at fremkomme med et priseksempel. Det samme er gældende for priser på mobilisering/demobilisering. Det har heller ikke været muligt at fremskaffe eksempler på prisforskellen mellem en oprensning foretaget med en specifik metode, så som f.eks. hvirvlepumpen, og oprensning foretaget med traditionel gravemaskine med skovl.

7 Afvanding af sediment

7.1 Baggrund for valg af afvandingsmetode

I forbindelse med oprensning af havnesediment og efterfølgende behandling og genanvendelse/deponering kan det være nødvendigt eller ønskværdigt at afvande sedimentet. Formålet med afvanding af oprenset sediment er oftest at reducere volumen eller at forbedre den fysiske kvalitet af forurenset sediment der kræver videre behandling eller deponering.

I forbindelse med flere behandlingsmetoder indgår afvanding som en del af processen. Dette finder bl.a. sted når man i Hamburg, Tyskland fraktionerer oprenset sediment vha. den såkaldte METHA metode eller ved anvendelse af hydrocyclon til fraktionering. Sådanne metoder er ikke beskrevet nærmere her og der henvises i stedet til rapporten Nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam (Miljøstyrelsen 2001b).

Afhængig af den fysiske, kemiske og biologiske karakteristika af det oprensede sediment og afhængig af den ønskede bortskaffelsesmetode er der flere afvandingsmuligheder.

Afvanding kan finde sted ved naturlige fysiske processer eller processen kan hjælpes ved at der anvendes mekaniske afvandingsteknikker.

For at kunne foretage de fleste typer af afvanding eller anden forbehandling er det oftest nødvendigt at sikre sig, at sedimentet ikke indeholder større fremmedlegemer. Her tænkes på cykler, batterier, bildele, molekonstruktioner og andet materiel der kan være efterladt eller kastet i havnen. Sådanne genstande kan fjernes ved hjælp af dykkere, inden oprensningen finder sted eller af entreprenøren under oprensningen.

I forbindelse med oprensning af forurenset sediment kan det være problematisk at afvande sedimentet før bortskaffelse, da overskudsvandet oftest vil være af en sådan karakter, at det vil kræve rensning inden bortskaffelse. Overskudsvandet indeholder ofte forurenende stoffer der enten er bundet til fint suspenderet materiale eller som forekommer som opløste forbindelser. Ligeledes er der det forhold, at hvis slammet udtørres og dermed iltes, vil mikrobiologisk aktivitet øges. Hermed nedbrydes de organiske komponenter i sedimentet og nogle af de forurenende stoffer omdannes.

De foranstaltninger der er nødvendig for overfladeafløbet vil derfor afhænge af depotets opbygning, indkapslingsforhold af nedbørsforhold, samt af i hvilket omfang de forannævnte processer forekommer og af forureningsgraden af sedimentet. Det kan være nødvendigt at behandle afløbsvandet eller der kan for visse typer af forurenset havneslam eventuelt blive stillet krav om, at slammet skal holdes under anarobe forhold for at forhindre omdannelse af de forurenende stoffer.

Der er flere former for rensning af overskudsvand opsamlet efter afvanding af oprenset forurenede sediment, som kan nedbringe udledningen af forurenende stoffer til havnemiljøet. Mekanisk vandrensning giver kun en ringe tilbageholdelse af forurenede stoffer i vandet, mens biologisk rensning og kemisk fældning giver en langt bedre tilbageholdelse af tungmetaller og andre forurenende stoffer. Tilbageholdelsen af miljøfremmede organiske stoffer i rensningsanlæg er bl.a. afhængig af anlægstype og stoffernes bionedbrydelighed.

Afledningsbidraget for afledning af perkolat til kommunalt rensningsanlæg variere mellem 10-60 kr./m³. Ved afledning af perkolat med højt organisk indhold er priserne 2-4 gange højere end det normale afledningsbidrag.

Ved afvanding eller anden behandling af forurenede sediment er det væsentligt, at sedimentet kan transporteres uden væsentlig spild fra oprensningsspunktet til afvandingspladsen/anlægget.

I de tilfælde hvor oprenset sediment skal transporteres i lastbiler, er det vanskeligt at undgå spild på kajen. Lastbiler kan svine voldsomt, når de frakører havnen umiddelbart efter at sediment er blevet læsset i vandtæt boks/container. Dette er et problem specielt i de områder, hvor der er beboelse tæt på havnen, da spildt sediment kan give anledning til lugtgener og er æstetisk skæmmende. Problemet kan løses ved at der etableres en udkørselsvej af f.eks. halmballer, der kan fjernes til forbrænding umiddelbart efter at oprensningen, omlastningen og transporten er afsluttet. Halmen vil kunne opsamle spildt sediment og lugtgener vil mindskes. Alternativt kan der etableres grøft eller rende til at lede vandet bort fra udkørselsvejen og til opsamling i brønd.

Omkostninger forbundet med afvanding af forurenede sediment er derfor ikke kun til selve afvandingen men også til de ekstra håndteringsforanstaltninger der er involveret.

7.2 Jura i forbindelse med afvanding af sediment

Hvis der etableres et midlertidigt bassin, skal dette anmeldes til kommunen mindst 4 uger, inden anlægget tages i brug. Anlægget betegnes normalt som midlertidigt, hvis det er opstillet i op til et par måneder.

Hvis vandet fra afvandingen skal ledes tilbage til recipienten skal amtet meddele tilladelse hertil i henhold til "Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse" nr. 698 og "Bekendtgørelse om Spildevandsstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelsens kapitel 3 og 4" nr. 501 og "Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet" nr. 921. Hvis vandet kan ledes til det kommunale rensningsanlæg, skal kommunen meddele tilladelse hertil. Hvis vandet opsamles i tankbiler og køres til et velegnet rensningsanlæg i en anden kommune, skal kommunen hvor rensningsanlægget er beliggende godkende tillædningen og egen kommune skal orienteres i henhold til "Bekendtgørelse om spildevandsstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4" nr. 501.

Hvis der etableres et permanent anlæg til afvanding skal amtsrådet meddele en miljøgodkendelse hertil. Hvis sedimentet bliver på anlægget efter afvandingen, skal anlægget godkendes som et deponeringsanlæg efter "Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomheder" nr. 107 og "Bekendtgørelse om deponeringsanlæg" nr. 650. Der skal gennemføres en såkaldt VVM-screening som er en vurdering af om der skal gennemføres en VVM-procedure for deponeringsanlægget. Hvis anlægget ligger på land skal amtet foretage denne vurdering i henhold til "Bekendtgørelse om supplerende regler i medfør af lov om planlægning" nr. 428. Hvis anlægget etableres så det ændre på kystlinien er det Kystinspektoratet der foretager denne vurdering i henhold til "Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til kystinspektoratet og om kundgørelse af ordensreglementer for havne" nr. 1051. Lovgivningen i forbindelse med etablering af depoter er nærmere beskrevet i "Bortskaffelse af havnesediment" (Miljøstyrelsen, 2001a).

Hvis sedimentet afvandes og herefter transporteres til enten deponering et andet sted eller til genanvendelse, defineres anlægget som et affaldsbehandlingsanlæg og ikke som et depot. Dermed er anlægget ikke omfattet af "Bekendtgørelse om deponeringsanlæg" nr. 650 og der skal ikke foretages en VVM-screening. Hvis det samme sediment er oplagret 1 år på behandlingsanlægget betragtes oplaget som permanent deponeret i henhold til "Bekendtgørelse om deponeringsanlæg" nr. 650, og dermed er anlægget omfattet af samme lovgivning som det permanente anlæg.

7.3 Litteratur i forbindelse med afvanding

De nedenstående skemaer er udarbejdet på baggrund af information indhentet gennem samtale med danske entreprenører, informationsmateriale rekvireret fra maskinstationer, entreprenørfirmaer samt andre udbydere af udstyr. Ligeledes er der indhentet oplysninger fra relevante hjemmesider (Carylon Corporation, 2001; IADC, 2001; PIANC, 2001; Western Dredge Inc., 2001) og fra en række rapporter (Biener, E. *et al*, 1999; Dansk Hydraulisk Institut, 1989; Gentilomo, M. 1999; Gregersen, J. 1997; Gullbring *et al*, 1998; PIANC, 1977; PIANC 1986; PIANC 1996; US Army Engineer, 1988). Der er ikke opgivet kildehenvisning under de enkelt skemaer, men relevant litteratur er opgivet i litteraturlisten.

7.4 Beskrivelse af eksisterende materiel og metoder

7.4.1 Drænmarker/bassin

Eksisterende materiel

En drænmark/bassin etableres ved at der udgraves et areal svarende til det der skal kunne rumme et fastsat antal kubikmeter oprenset sediment. Bassinet beklædes med membran og der lægges et drænlag typisk bestående af et lag grus og sten med nedlagte drænrør og et lag fint grus som øverste lag. Drænlaget og membranen er af samme type som anvendes på lossepladser.

Eksisterende metoder

Det oprensede sediment pumpes eller overføres med grab eller skovl fra oprensningsfartøjet og direkte til marken/bassinet. Sedimentet fordeles i et jævnt lag og efterlades til naturlig afvanding gennem konsolidering og fordampning. Det er muligt at fremskynde afvandingen ved hyppigt at vende det oprensede sediment og ved at lave afvandingsgrøfter.

Det afvandede sediment fjernes ved hjælp af grab eller skovl og sendes til endelig deponering, afbrænding eller genanvendelse afhængig af forureningsgrad og fysisk/kemisk karakteristika af sedimentet. Alternativt kan bassinet når det er fyldt og stabiliseret indgå som en del af havnens areal (se afsnit 4.2).

Faser i tørreprocessen:

1. Oprenset sediment pumpes fra oprensningsfartøjet til tørrefelterne.
2. Vandet henstår et antal dage med henblik på sedimentering af suspenderet materiale.
3. Overskudsvandet udledes efter sedimentation. Derudover sker der en konstant udledning af drænvand fra tørrefelterne.
4. Fortsat dræning samtidig med udtørring via sol/vindpåvirkning. Der kan foretages en oplægning af sedimentet i miler eller lignende for at forstærke udtørringen.
5. Sedimentet transporteres til slutdepotet. Den afsluttende tørring kan kun foregå i løbet af sommermånederne og sedimentet transporteres derfor typisk væk i sensommeren.
6. Tørrefelterne kontrolleres inden ny indpumpning foretages.

Oftest er der ikke etableret drænbassiner i forbindelse med de mindre havne i Danmark og sediment til afvanding transporteres derfor fra oprensningsfartøjet til større depot et andet sted hvor det undergår afvanding inden endelig deponering. Typisk vil denne transport foregå i lastbil med vandtæt boks/container.

Forudsætninger og begrænsninger for anvendelse

Etableringen af drænbassin kræver, at der er arealer i umiddelbart nærhed af kajen, hvor bassinet kan etableres. Hvis sedimentet skal transporteres over længere distancer over land for at komme fra oprensningsfartøjet til bassinet, vil det blive forbundet med forholdsvis store omkostninger og fare for spild på havnearealerne. I de tilfælde hvor sedimentet er så vandholdigt, at det kan pumpes og hvor oprensningsfartøjet har pumpe monteret, vil sedimentet dog kunne pumpes over forholdsvis lange distancer uden fare for spild og uden ekstra omkostninger.

Fordele/ulemper ved pågældende metode

Fordele:

- Minimale drifts- og vedligeholdelsesudgifter
- Stor driftssikkerhed
- Ikke behov for mekanisk afvanding
- Ingen anvendelse af kemikalier
- Afvandet sediment kan afhængig af forureningsgraden genanvendes
- Mindsket volumen til deponering

- Det forurenede vand lukkes ikke direkte ud i havnen. Det kan analyseres og mest passende bortskaffelses/rensningsmetode kan vælges.

Ulempe:

- Metoden kan være forbundet med lugtgener og der kan opstå insektplager, hvis sedimentet ikke vendes jævnlige
- Udgift til opsamling og rensning af perkolat inden endelig bortskaffelse, hvis dette er forurenede.
- Afvanding inden deponering kræver ekstra håndtering modsat hvis det deponeres direkte
- Etableringsomkostningerne er forholdsvis store
- Pladskrævende
- Hvis sedimentet skal transporteres over længere distancer til afvandingsbassin, kan der være store transportudgifter og øget emission fra lastbilerne forbundet med transporten.

- Et landdepot er altid en potentiel trussel mod grundvandet, med mindre der er fuld kontrol med perkolatafløbet, som på en kontrolleret losseplads. Da der er oplagt at benytte kystnære lokaliteter, er problemet dog normalt mindre, idet grundvande i disse områder ofte ikke kan udnyttes på grund af risikoen for saltvandsindtrængning.

Priseksempel

Selve etableringen af et afvandingsbassin kan finde sted for omkring 500 kr./m³.

Hvis sedimentet skal pumpes til indpumpningsbassin fra oprensingsfartøjet, vil det ved omkring 500 m³ sediment/dagen blive 15-20 kr./m³.

Transport og læsning af lastbil koster omkring 500 kr./timen. Dette vil løbe op i en m³ pris på omkring 40 kr./m³ hvis man går ud fra at en lastbil kan rumme omkring 10 m³.

7.4.2 Kystdeponering

Eksisterende materiel

Der etableres en form for indelukke i forbindelse med havnen. Det kan laves som et indspulingsfelt med tilhørende bundfædningsbassin der minimerer tørstofindholdet i udløbsvandet. I tilfælde af deponering af forurenede havnesediment, hvor overskudsvandet ikke må ledes direkte til havnebassinet, skal der etableres opsamling af perkolat.

Etablering kan foretages med eller uden membran afhængig af forureningsgraden af det deponerede sediment.

Eksisterende metoder

Deponering i kystzonen er normalt karakteriseret ved, at det deponerede materiale pumpes ind på pladsen. Dette er dog ikke altid tilfældet og der er i Danmark eksempel på, at sediment sendes fra oprensingsfartøjet via en sliske til et depot.

Sediment deponeret i et sådan indelukke afvander ved naturlig afvanding på samme måde som det er tilfældet ved drænmarkerne (afsnit 7.4.1) og overskudsvandet ledes enten tilbage i havnebassin eller opsamles og analyseres med henblik på efterfølgende rensning på velegnet anlæg.

Afhængig af opholdstiden i depotet, slammets karakter og af vejrforholdene kan overskudsvandet indeholde større eller mindre mængder af tungmetaller og andre forurenende stoffer. Lang opholdstid kan reducere mængden af miljøfremmede stoffer væsentligt, idet de finere partikler, som disse stoffer som regel er bundet til, derved får mulighed for at sedimentere, således at de bliver på deponeringsstedet. Driftsmæssigt skal depoterne altså indrettes således, at overskudsvand kan rummes på depotet i så lang tid, at tilstrækkelig sedimentation finder sted, inden vandet ledes tilbage til recipienten.

For uforurenede indspulingsmateriale tillades ofte, at op til 10 % af silt/lerindholdet føres ud med udledningensvand. Perkolat fra forurenede materiale opsamles og renses før udledning.

Ved fordampning skrumper overfladen og den vil begynde at sprække. Sprækker vil lade luft trænge ned i jorden og skrumpeprocessen vil fortsætte og plante og dyre liv kan starte. Denne proces kan tage år, hvis den skal forløbe naturligt. Jo tyndere lag der lægges ud af gangen, jo hurtigere går processen. For at øge den naturlige fordampning fjernes regn og sne vha. overflade afvanding.

Miljømæssige fordele/ulemper

Fordele:

- Stor driftssikkerhed
- Ikke behov for mekanisk afvanding
- Ingen anvendelse af kemikalier
- Det oprensede sediment genanvendes direkte ved at indgå som del af havnen.
- Ingen transportudgifter til at deponere sedimentet i eksternt depot

- Forurenede vand kan analyseres og mest passende bortskaffelses/rensningsmetode kan vælges.

Ulemper:

- Udgift til rensning af perkolat inden endelig bortskaffelse hvis dette er forurenede.
- Etableringsomkostningerne er forholdsvis store
- Pladskrævende
- Kan forekomme spild og overløb af overskudsvand under deponeringen
- Kan forekomme lugtgener i forbindelse med deponeringen og tørring
- Udvasning af naturligt forekommende stoffer og miljøfremmende stoffer (via overfladeafløb eller til grundvand hvis der ikke opsamles perkolat)

Priseksempel

400-1500 kr./m³ deponeret materiale afhængig af depotets størrelse og udformning og om f.eks. dele af eksisterende moleanlæg kan finde anvendelse ved udformning af depotet.

7.4.3 Halmbassin og betonkar

Eksisterende materiel

Et halmbassin kan etableres som et midlertidigt afvandingsbassin på havnekajen tæt ved anløbspladsen for oprensningsfartøjet.

Der kan på samme måde etableres et midlertidigt kar opbygget af L-betonelementer.

Det er i begge tilfælde muligt at etablere bassinet/karret med presenning eller membran og at opsamle overskudsvandet.

Eksisterende metoder

Der etableres et midlertidigt firkantet bassin på havnekajen bestående af bigbatter, der er stablet i tilfældet med halmbassinet eller af L-betonelementer der er sat sammen i tilfældet af betonkarret. Sedimentet losses direkte op i bassinet/karret og det får lov at ligge til afvanding. Overskudsvandet løber afhængig af forureningsgraden direkte tilbage i havnen eller ledes til nærliggende renseanlæg.

Det afvandede sediment transporteres til endelig bortskaffelse/genanvendelse. I tilfældet med halmbassinet køres bigbatterne til forbrænding. Betonkarret deles ud i L-elementer der spules rene og leveres tilbage til entreprenør/vognmand til anden anvendelse.

Eksempel på anvendelse af halmbassin til afvanding er set i både Danmark og Sverige. Betonkarret har været anvendt i Danmark.

Begrænsninger /forudsætninger

Der skal være plads på havnekajen til at et sådan bassin/kar kan etableres. Der skal ikke tages specielle hensyn mht. lugtgener. Metoderne anvendes fortrinsvist til afvanding af sediment, hvor overskudsvandet kan ledes direkte tilbage til havnebassinet.

Miljømæssige fordele/ulemper

Fordele:

- Minimale drifts- og vedligeholdelsesudgifter
- Ikke behov for mekanisk afvanding
- Ingen anvendelse af kemikalier
- Reducerede transportudgifter i forhold til transport af ikke afvandet sediment, hvis sedimentet skal deponeres i eksternt depot, da sedimentets volumen mindskes efter afvanding
- Forholdsvis billigt at etablere bassin/kar

Ulemper

- Pladskrævende
- Det kan svine ret voldsomt på kajen
- Kan forekomme lugtgener i forbindelse med deponeringen og tørring
- Turbiditet skabes i vandet der hvor vandet ledes tilbage i havnebassinet.

Priseksempel

Omkostningerne for at opstille og fjerne det midlertidige halmbassin beløber sig til 30 –40.000 kr.

Hvis bassinet skal etableres med membran vil dette beløbe sig til omkring 35-40 kr./m².

Det har ikke været muligt at indhente en pris for etablering af betonkar. Hvis elementerne haves i forvejen er det dog oplyst at karret kan etableres for omkring 2000 kr.

Lastbil koster 500 kr./timen for at laste og transportere det afvandede sediment til endelig deponering eller genanvendelse.

7.4.4 Filterpresse

Eksisterende materiel

Kammerfilterpresse:

Kammerfilterpressen er opbygget af et antal enkeltkamre dannet ved sammenpresning af hule enkeltplader beklædt med filterdug. Antallet af kamre afhænger af den ønskede afvandingskapacitet.

Sibåndpresse:

Højtrykspresse med to horisontale sibånd der løber på en række valser.

Eksisterende metoder

Kammerfilterpresse:

Sedimentet tilføres under tryk og fordeles til de enkelte kamre. Vandet separeres fra sedimentet, når dette under tryk presses igennem filterdugen. Vandet opsamles i bassin under pressen. Det afvandede sediment fjernes fra kamrene og transporteres efterfølgende til endelig deponering /genanvendelse.

Dette er en diskontinuerlig proces med mindre output men med højere afvandingskapacitet end den åbne sibåndfilterpresse, da de lukkede kamre tillader større tryk og dermed større drivkraft end ved åbne filterpresser.

Sibåndpresse:

Slammet tilføres kontinuerligt ind til pressen. Båndet føres herefter omkring store perforerede valser, hvilket bevirker, at det er muligt at afvande på begge sider af båndene. Afvandingskapaciteten afhænger bl.a. af båndenes fremføringshastighed. Den initiale afvanding finder sted i en mellemtrykszone. I højtrykszonen foregår den egentlige presning. Slammet afvandes ved, at det vand der drænes gennem sibåndene føres væk ved hjælp af gravitation. Vandet kan eventuelt opsamles og videre behandles, før det udledes.

Sibåndet føres gennem et spulearrangement, hvor spuledyser sikrer, at det spules rent efter at sedimentet er fjernet.

Dette er en kontinuert proces med højt output men med lille afvandingskapacitet.

Begrænsninger / forudsætninger

Kammerfilterpressen kan kun håndtere meget vandholdigt sediment. Typisk kun det øverste sedimentlag. Da dette typisk er det forurenede lag, vil det oftest være nødvendigt med speciel oprensning og rensning af overskudsvandet.

Ligeledes kræves, at sedimentet der sendes til filtrering har en nogenlunde konstant sammensætning over tiden og det kan derfor være nødvendigt med polymertilsætning til et blandingskar, inden det sendes til kammerfilterpressen. Ligeledes vil det være nødvendigt med en frasortering af sten, metalrester og andre større partikler inden sedimentet ledes til pressen.

Sibåndspresen kan kun anvendes ved oprensning af mindre mængder meget vandholdigt sediment så som det øverste sedimentslag. Der er en kapacitetsbegrænsning på 10/16 m³/timen, men pressen kan køre i døgndrift uden at skulle overvåges konstant. Filteret skal dog checkes for tilstopning dagligt.

Miljømæssige fordele/ulemper

Fordele:

- Meget støjsvag drift
- Det forurenede vand lukkes ikke direkte i havnen. Det kan analyseres og mest passende bortskaffelses/rensningsmetode kan vælges.
- Sibåndspresen kræver ikke konstant overvågning under drift
- Kan fås som mobile anlæg.

Ulemper:

- Metoden kan være forbundet med lugtgener. Sibåndspresen er et åbent system og risikoen for lugtgener er stor.
- Udgift til rensning af perkolat inden endelig bortskaffelse, hvis dette er forurennet.
- Pladskrævende, sibåndspresen dog mindre pladskrævende end kammerfilterpressen
- Kammerfilterpressen kræver overvågning under drift
- Filtermediet på sibåndspresen kan tilstoppe
- Kræver ensartet sediment
- Tilsætning af polymer ofte nødvendigt

Priseksempel

Priserne er for et transportabelt anlæg. Samlede udgifter til en entreprenør, der skal varetage afvandingen vil være omkring 70-80 kr./m³ for sibåndspresen og omkring 100 kr./m³ for kammerfilterpresse.

7.4.5 Centrifuge

Eksisterende materiel

Dekantercentrifugen er opbygget af tromler med primære og sekundære centrifugeskruer, der kører med forskellig hastighed i forhold til hinanden. Tromlen er typisk cylindrisk i starten og munder derefter ud i en konisk form.

Kapaciteten går fra 10-20 m³/time, 50 m³/time op til centrifuger med kapacitet på 270 – 500 m³/time.

Eksisterende metoder

Oprensset sediment pumpes med jævnt flow til centrifugen. Sedimentet centrifugeres, hvorved de tunge partikler slynges mod væggen og vandet presses ud og opsamles eller ledes direkte tilbage til havnen. Det afvandede sediment opsamles kontinuerlig fra den konisk formede ende af centrifugen.

Centrifugen kan monteres direkte på båd og vandholdigt oprenset sediment vil således kunne pumpes fra lastrum til centrifuge. Hvis sedimentet er forurenset og overskudsvandet ikke kan ledes direkte tilbage til havnen, vil det kræve, at vandet kan renses direkte på skibet inden udledningen eller at der er mulighed for at vandet kan opbevares, indtil det kan renses andet steds. Ved oprensninger i små havne med begrænset manøvreforhold kan det være vanskeligt at anvende et skib der er stort nok til at kunne have disse aktiviteter om bord og man kan så anvende et mobilt anlæg på kajen.

I det tilfælde hvor centrifugen skal etableres på kajen, skal sedimentet pumpes fra lastrummet til centrifugen og det afvandede sediment opsamles i container, der efterfølgende afhentes og køres til endelig deponering eller genanvendelse.

Centrifugen har været anvendt i Sverige og Finland, hvor sediment fra laguner er blevet oprenset og pumpet til bassin med omrøring for at holde sedimentet i suspension, inden det er pumpet videre til centrifugen.

Begrænsning/ forudsætning for anvendelse

Det oprensede materiale skal være vandholdig. Sediment der oprenses med grab eller skovl vil derfor typisk være for tørt til at kunne sendes til centrifugen.

Forudsætningen for driften af centrifugen er, at sedimentet tilføres med et jævnt flow.

Sedimentet må ikke indeholde sten, metaldele eller andre større genstande når det ledes til centrifugen.

Det kan i visse tilfælde være nødvendigt at holde sedimentet i suspension, før det pumpes til centrifugen for at det sediment der tilføres kan være af en ensartet karakter under hele forløbet.

Det kan være nødvendigt at tilsætte polymer til det fracentrifugerede vand, inden det ledes ud afhængig af sediments karakteristika og afhængig af krav til udledningssvandet og recipientens kvalitetskrav.

Miljømæssige fordele/ulemper

Fordele:

- En centrifuge er et lukket system
- Kræver ingen særlige tilsyn
- Ingen spild under drift
- Kan betjenes af en enkelt person
- Billig i drift
- Effektiv afvanding
- Kan fås som mobilt anlæg
- Kan monteres på skib

Ulemper:

- Bruger strøm
- Kapacitetsbegrænsning
- Kræver at sedimentet ristes eller sigtes inden det centrifugeres eller at der på anden måde fjernes sten, metalgenstande og andre større genstande.
- Kræver at der er jævn tilførsel til centrifugen.
- Vandet ledes direkte til havnebassin, hvis der ikke laves speciel opsamlingsstank
- Hvis centrifugen skal etableres på kajen kan der forekomme mange "mellemlinjer" i forbindelse med en evt. sining før centrifugering og opsamling af afvandet materiale i container før afhentning til deponering
- Det kan blive ret pladskrævende.
- Det kan lugte.
- Dyr i indkøb
- Nødvendigt at tilsætte polymer

Priseksempel

Ved køb af centrifugen i Danmark:

- Centrifuge med kapacitet til 10-20 m³/time koster omkring 600.000 kr.
- Centrifuge med kapacitet til 50 m³/time koster omkring 1.5 mill. kr.

I tilfælde af at centrifugerne skal ændres eller der skal laves tilføjelser, vil dette komme ud over de nævnte priser.

Leje af centrifuge inklusiv en person til at betjene centrifugen:

- Centrifuge med kapacitet til 10-20 m³/time koster omkring 25.000 – 30.000 kr./uge
- Centrifuge med kapacitet til 50 m³/time koster omkring 45.000 – 55.000 kr./uge

Dansk forhandler oplyser, at etablering af et udlejningssystem kun vil blive aktuelt, såfremt der er mange havne der har behov for afvanding. Prisen vil i sådan et tilfælde være omkring 70-80 kr./m³ for at få en entreprenør til at varetage afvandingen.

8 Udnyttelse af store deponeringsanlæg

8.1 Beskrivelse af muligheder

Flere store danske havne har anlagt store depoter til deponering af oprenset havnesediment. Alternativt kan oprenset forurenede sediment deponeres på losseplads. Udfra den betragtning, at det volumenmæssigt er billigere at etablere store depoter end små depoter, vurderes deponering af forurenede havnesediment i store deponeringsanlæg som en mulighed. Det er ligeledes mere hensigtsmæssigt at kontrollere samt evt. rense/genanvende sediment deponeret i store depoter frem for i mange små depoter.

For deponering i store havnes deponeringsanlægning er det en betingelse, at de store havne er villige til at modtage oprenset sediment fra andre havne. Der er eksempler på, at store havne ikke er interesseret i at afgive kapacitet, da det vil betyde, at deres restkapacitet reduceres og de afkorter dermed perioden til et nyt modtageanlæg skal etableres.

Hvis små havne benytter store depoter, skal sedimentet transporteres til deponeringsanlægget. Der vil være en transportudgift forbundet hermed. Denne udgift kan være betragtelig, afhængig af afstand og om transporten foregår via havet eller ad vej. Den totale pris for transport af sediment vil afhænge af mængden af sediment. Afvandet sediment fylder langt mindre end vådt sediment. Ved oprensning af ler- og siltholdigt sediment vil der typisk være næsten lige så meget vand som sediment i det oprensede materiale. For at holde transportudgifterne på et minimum, er det således nødvendigt, at sedimentet er forholdsvist afvandet før transport. Der vil også være omkostninger forbundet med at afvande sediment. For metoder til og priser på afvanding henvises til afsnit 7 om midlertidig oplag til afvanding.

Omkostninger til transport med lukket pram er 12-13 kr./m³ (inkl. 2-3 sømil) plus 1-2 kr./m³ pr. sømil, mens transport i lastbil er 15-30 kr./m³ plus 2-4 kr./m³ pr. kilometer (Miljøstyrelsen, 2001a).

Benyttes gennemsnitspriser betyder det, at transport af 2000 m³ slam med pram over 30 sømil vil koste ca. 115.000 kroner, mens 2000 m³ i lastbil over samme afstand (54 kilometer) vil koste ca. 370.000 kroner. På baggrund af forespørgsel af flere små havne fremgår det at 50 kroner pr. m³ er det maksimale beløb mange havne kan acceptere at betale for deponering og transport af havnesediment. Dette beløb svarer til en ekstraudgift på 20-35% i forhold til hvad der pt. betales for traditionel klappning. Hvis det eksempelvis antages, at store deponeringsanlæg vil/kan modtage oprenset sediment med et tørstofindhold på 30% til en pris af 35 kroner pr. m³ sediment, vil sediment kunne transporteres ca. 4 sømil, før den samlede pris for transport og deponering overskrider 50 kr./m³. Det vil ikke kunne transporteres ad vej inden for en samlet pris af 50 kroner pr. m³.

8.1.1 Spulefelt og tørreanlæg

<p><i>Eksisterende metode</i> Aflevering på havnes anlæg. Havnene rundt om i Danmark har forskellige typer anlæg som enten kan være spulefelter eller tørreanlæg.</p>
<p><i>Nødvendig organisation</i> Det vil være hensigtsmæssigt, hvis der fandtes en organisation eller en database, hvor der kunne findes oplysninger om hvilken type sediment de enkelte havne er indstillet på at modtage.</p>
<p><i>Fordele og ulemper</i></p> <p><i>Fordele</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Anlæggene er miljøgodkendt og lever derfor op til lovgivningens krav om miljøhensyn både for så vidt angår støj, lugt og behandling af overskudsvand. Ved etablering af få store anlæg i stedet for mange små vil der blive bedre muligheder for at håndtere overskudsvandet mere hensigtsmæssigt, både ud fra en miljømæssig og en økonomisk betragtning.• Der findes eksisterende anlæg, så det vil være muligt at lægge op til en løsning som umiddelbart kan sættes i værk, eventuelt som et forsøgsprojekt, hvis en havn vil være indstillet på at gå ind i projektet. <p><i>Ulemper</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ved etablering af få store depoter i stedet for mange små vil transportudgifterne blive forøget.
<p><i>Priseksempler</i> Fra spørgeskemaundersøgelse:</p> <p>Havn Etableringsomkostninger kr./m³ Deponeringsomkostninger kr./m³</p> <p>Lynetten Ikke oplyst 200</p> <p>Rærup Havn 1 40-50</p> <p>Vester Hassing Ikke oplyst 40-50</p> <p>Frederikshavn Havn 22 Ikke oplyst</p>

Vejle Havn
22
Ikke oplyst

Kolding Havn
68
Ikke oplyst

Rønland
Ikke oplyst
65

Fra interview med Havnesammenslutningen:

Antal havne
Deponeringsomkostninger
kr./m³

12
≤50

2
50 - 100

2
100 - 200

4
400 - 500

1
2.325

(Miljøstyrelsen, 2001d)

Jura

Nye spulefelter skal godkendes som depoter og dermed skal de være offentligt ejede.

Nye tørrefelter skal godkendes som affaldsbehandlingsanlæg og må gerne være privatejede.

Eksisterende depoter skal bringes i overensstemmelse med krav i Bekendtgørelse nr. 650, ellers skal de lukkes senest i 2009.

Det er ikke muligt indenfor den eksisterende lovgivning for havne at eje og drive spulefelter. Hvis det skal være muligt, skal der ændres i den eksisterende lovgivning.

8.1.2 Offentlig ejet losseplads

Eksisterende metode

Aflevering på offentligt ejet losseplads. Det er ikke ofte, at der afleveres havnesediment på danske lossepladser. Lossepladser kan kun modtage havnesedimenter uden et tillæg til statsafgift på 375 kr./ton, såfremt der er indrettet et specialdepot for havnesediment (Told og skat skal acceptere adskillelsen fra den øvrige del af lossepladsen).

Nødvendig organisation

Det vil være hensigtsmæssigt, hvis der etableres en organisation eller en database, hvor der kan findes oplysninger om, hvilke typer sedimenter landets specialdepoter har tilladelse til at modtage.

Fordele og ulemper

Fordele

- Anlæggene vil leve op til lovgivningens krav om miljøhensyn både for så vidt angår støj, lugt og behandling af overskudsvand. Ved etablering af få store anlæg i stedet for mange små vil der blive bedre muligheder for at håndtere overskudsvandet mere hensigtsmæssigt, både ud fra en miljømæssig og en økonomisk betragtning. Desuden vil det give mulighed for behandling af forurenede sediment. Driftsomkostningerne pr. m³ forventes også at blive mindre end på små anlæg.
- Ved etablering af et specialdepot på lossepladsen skal der ikke betales afgift til staten.

Ulemper

- Ved etablering af få store depoter i stedet for mange små vil transportudgifterne blive forøget.

Priseksempler

Tungmetal og PAH forurenede afvandet sediment kan deponeres på losseplads. Prisen afhænger af indhold af forureningskomponenter. Lettere forurenede sediment kan bortskaffes for under 200 kr. pr. ton (ingen statsafgift), hvorimod deponering af mere forurenede sediment vil koste mere end 800 kr. pr. ton. Ved deponering på losseplads vil der blive stillet krav til tørstofindhold.

Jura

Nye specialdepoter skal godkendes som depoter og dermed skal de være offentligt ejede, hvis der modtages affald fra andet end egen virksomhed.

Nye tørrefelter skal godkendes som affaldsbehandlingsanlæg og kan være ejede af både offentlige og private.

9 Bortskaffelse af sediment uden afgift

9.1 Deponering i anlæg som alene modtager oprenset sediment

I henhold til Skatteministeriets "Bekendtgørelse af lov om afgift af affald og råstoffer" nr. 570 af 3. august 1998, skal der betales afgift af affald der tilføres en registreringspligtig virksomhed (§9).

Anlæg til deponering af oprensningssedimenter er ikke registreringspligtige, hvis de ikke modtager andet anvisningspligtigt affald (§11 stk.7 og 8).

Derfor skal der ikke betales afgift af affald der afleveres på denne type depoter, som alene modtager oprenset sediment.

Øvrig lovgivning omkring etablering af sådanne depoter er beskrevet i "Bortskaffelse af havnesediment" (Miljøstyrelsen, 2001a).

9.2 Genanvendelse

Det er begrænsede mængder af forurenset sediment som genanvendes i dag.

Hvis sedimentet har tilstrækkelig god kvalitet kan det genanvendes til bygge- og anlægsarbejde og hvis det er tilstrækkeligt rent kan det nogle steder anvendes til jordforbedring i henhold til "Bekendtgørelse om afvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål" nr. 49. I projektet "Nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam" (Miljøstyrelsen, 2001b) er forskellige nyttiggørelsesprojekter beskrevet.

Generelt gælder, at når sedimentet genanvendes er det ikke forbundet med afgifter, men afhængigt af hvad nyttiggørelsen består i reguleres dette af forskellige lovgivninger.

10 Organisering af samlet oprensning og bortskaffelse

Omkostninger forbundet med etablering af et kystnært depot direkte i forbindelse med en mindre havn er af en sådan størrelsesorden, at det er uoverkommeligt for de fleste mindre havne. Da det primært er den tætte afgrænsning af depotet mod det omgivende miljø, der er omkostningskrævende, kan der opnås "mere miljø for pengene" ved etablering af større fællesdepoter.

En mulig løsning for de små havne kunne være, at flere små have går sammen om:

- at udbyde oprensningen
- transportere det oprensede sediment til et centralt depot
- at anlægge et kystnært depot sammen

Fælles eller samdrevne depoter skal være offentlig ejede.

10.1 Oprensning

Hvis oprensningen skal udbydes samlet skal følgende forudsætninger være opfyldt:

1. Flere havne i nærheden af hinanden skal have behov for oprensning på samme tid og det skal være muligt at anvende samme oprensningsmateriel i havnene
2. Hvis det samlede udbud også skal omfatte transport til slutdeponering skal sedimentet kunne bortskaffes til samme slutdisponeringssted. Hvis sedimentet har forskellige forureningsgrader skal det kunne opbevares adskilt frem til deponeringsenheden. Endelig skal deponeringsenheden kunne modtage forskellige typer sediment.

Ad 1

Oprensningsbehovet varierer betydeligt fra et geografisk område til et andet, ofte også fra havn til havn indenfor samme geografiske område.

På baggrund af opgørelser fra Fyns Amt (Fyns Amt 2000) og Storstrøms Amt (Skov og Naturstyrelsen, 1994) kan det ofte ses, at de små havne sjældent renses op. Der må dog forventes at der vil være et sammenfald mellem nogle havne i samme region.

Mange steder i Nordjyllands Amt er der behov for hyppige oprensninger (mange renses op hvert år). En række af disse havne har slået sig sammen og har lavet et samlet udbud for oprensning og transport af havnesediment. Derved har de fået en samlet aftale med et oprensningsfirma. Dette har givet - især de små havne - en betragtelig besparelse (op til ca. 25 % på oprensningen og mobiliseringen blevet delt ud på flere havne).

Hvis der skal etableres samarbejde imellem de danske havne, er det imidlertid en nødvendighed at der etableres et samarbejdsforum, hvor mindre havne kan melde ind at de forventer at have behov for en oprensning af en given mængde inden for de næste 1 til 5 år. Dette samarbejdsforum kan også stå for centrale udbud for oprensning og transport. Det vurderes at være mest hensigtsmæssigt, at dette samarbejdsforum bliver landsdækkende eller at landet opdeles i 2 regioner, sådan at små havne som ligger tæt på hinanden men i forskellige amter også kan koordinere en eventuel oprensning. Hvis der etableres centrale depoter, kan disse eventuelt forestå denne koordinering.

Fordele og ulemper ved at gå sammen om at oprense havnesedimenter er opstillet i nedenstående skema

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Økonomisk besparelse idet mobiliserings- og transportudgiften kan reduceres, og der kan forhandles en bedre optagningspris (kr./m³). • Der skal kun laves ét udbudsmateriale 	<ul style="list-style-type: none"> • Forureningskomponenter og -niveau er måske ikke ens i nabohavne. Desuden er havne rent fysisk udformet forskelligt. Disse parametre kan have indflydelse på oprensningsmetode

Fordele og ulemper hvis flere små havne går sammen om at udbyde oprensningen.

Af ovenstående skema ses, at det vil være en økonomisk fordel for de små havne at gå sammen om at udbyde oprensningen.

Det vil sandsynligvis blive nødvendigt at udarbejde flere årlige udbud, da forureningsgraden af sedimentet som skal oprenses, vil være forskelligt og der skal anvendes forskellige oprensningsmetoder.

Mange små havne oprenser sjældent (nogle hvert fjerde år, andre hvert tiende år, andre har ingen behov) og nabohavne vil mange steder i Danmark ikke have behov for at oprense samme år

Hvis nabohavne har behov for at oprense omtrent samtidigt, har de ikke nødvendigvis økonomiske midler til at gøre det, når behovet opstår. Nabohavne har måske ikke midler samtidigt

I nogle tilfælde er forureningskomponenter og -indhold så forskellige at havne, der ligger relativt tæt på hinanden ikke har behov for samme type fartøj. En havn skal måske have sedimentet sejlet til en klapplads, mens andre skal have sedimentet trukket til en lossekaj ved et depot. Der er desuden pladsmæssige forskelle fra havn til havn. Der er således ikke nødvendigvis brug for samme type oprensnings- og transportudstyr.

Det vurderes at med mindre havnene ligger i et område, hvor der ofte er behov for oprensning af havnesedimenter, vil det ikke nødvendigvis være nogen fordel for de små have at gå sammen om at udbyde oprensning.

10.2 Fælles depoter

Hvis der skal etableres og drives fællesdepoter, skal disse være offentligt ejede i henhold til Miljøbeskyttelsesloven.

Formålet med etablering af større fællesdepoter skal være, at de små havne kan komme af med forurenede sediment til et eksisterende miljøgodkendt depot. Herved undgås at hver enkelt havn skal bruge penge på at etablere og drive et specialdepot. Det er billigere både at etablere og drive større depoter end små, når omkostningerne opgøres i kr./m³. Der opnås "mere miljø for pengene" i de store depoter. Dertil kommer, at der vil blive væsentligt mindre myndighedsarbejde med VVM-procedurer, miljøgodkendelser og udledningstilladelser. Det vil ofte tage ½ til 1 år at få godkendelse til at etablere og drive et depot.

11 Små havne – Cases

Da mange danske havne har problemer med at få klaptilladelse i forbindelse med oprensning i havne og sejløb har Sammenslutningen af Danske Havne gennemført en undersøgelse blandt 50 havne af forskellig størrelse for at afdække behovet for oprensning.

Undersøgelsen viser, at nogle havne aldrig har behov for oprensning, mens andre er nødt til at foretage løbende oprensninger. Cirka 1/4 af de godt 3 millioner m³, der årligt oprenses i danske havne, vurderes at kunne blive problematiske i den forstand, at der fremover kan blive stillet krav om landdeponering.

I forbindelse med ansøgning om klaptilladelse kan amterne opstille krav om udtagning og analyse af materialets forureningsgrad. Næsten alle amter kræver undersøgelse for indhold af tungmetaller, mens nogle amter desuden kræver analyser for indhold af TBT og eventuelt analyserer for andre miljøfremmede stoffer (afsnit 5).

Mange havne står overfor et akut behov for at rense op og man frygter, at det vil have uoverskuelige konsekvenser, hvis sedimentet ikke kan klappes.

Da omkostninger ved landdeponering kan være op til 10 gange så høje som ved klapping (Sammenslutningen af Danske Havne, 2000).

Da ansøgning om klaptilladelse og etablering af depoter skal rettes til amterne, har disse kontakt til mange små havne. Kommunerne er ligeledes ofte i kontakt med flere havne. På baggrund af samtale med amt, kommuner og havne tyder det på, at mange små havne med behov for oprensning p.t. lader stå til og afventer retningslinier og økonomisk støtte. Augustenborg Yachthavn, der er privatejet, har haft behov for oprensning siden 1997, hvor der blev søgt om klaptilladelse. Der blev givet afslag, hvorfor alternative muligheder blev undersøgt i 1998. Deponering i spulefelt i Aabenraa blev afslået. Deponering på losseplads ville koste 5,4 mio. kroner. Hertil kommer udgifter til oprensning, afvanding og transport af sediment. Augustenborg Yachthavn har ikke de nødvendige økonomiske midler og i august 2001 er oprensning endnu ikke udført og der er heller ingen planer om, hvornår det skal gøres. Kunderne forsvinder, fordi de er utilfredse med de lave vanddybder i havnen. De seneste år har der været en kundenedgang på ca. 10% pr. år.

På baggrund af nærværende undersøgelse tyder det på, at det koster de små havne fra 500 kr./m³ til flere tusinde kroner pr. kubikmeter at oprense og deponere forurenede sediment. Jo mindre mængde sediment, der skal deponeres, jo dyrere bliver det at oprette depot. Da kystnære depoter typisk anlægges i forbindelse med eksisterende eller nye mole-/kajanlæg, afhænger prisen meget af om den eksisterende mole kan indgå som en del af depotet.

Udover de økonomiske konsekvenser forbundet med oprettelsen af depoter er det desuden ofte svært at finde en egnet lokalitet enten pga. kyst- og naturbeskyttelse, eller fordi havnen af æstetiske årsager ikke ønsker at have et depot. Det tyder på, at i de tilfælde, hvor et depot bliver oprettet, etableres dette, så det efter lukning kan fungere som en kaj- eller moleudvidelse.

I det følgende gives tre eksempler fra små havne, der netop har rensset op eller har planer om det. Eksemplerne er baseret på oplysninger fremkommet ved kontakt med havnefogeder, kommuner og/eller havnerådgivere. Eksemplerne indeholder ikke økonomi for oprensning og deponering pr. kubikmeter sediment, da depoterne endnu ikke er fyldt op, og da endelige oprensningsomkostninger samt omkostninger til eventuel lukning og afdækning af depoterne ikke kan forudsiges.

11.1 Bagenkop Havn

Bagenkop Havn, der ejes af Sydlangeland Kommune, har i foråret 2001 oprenset forurenede sediment fra to havnebassiner. Det er den første oprensning Bagenkop Havn har foretaget i de forurenede bassiner.

I forundersøgelsen, der blev sammensat og udført af Fyns Amt, blev det konstateret, at havnesedimentet var forurenede med PAH'er og der kunne derfor ikke gives klaptilladelse.

Sydlangelands Kommune ansøgte og opnåede tilladelse til at oprette et kystnært depot. Der blev således opført et depot/bassin på i alt 1.700 m³ til deponering af 630 m³ havnesediment og samme mængde vand. Konstruktionen består af en indhegning med en grusmole, der delvis består af den eksisterende mole. På havsiden af grusmolen er der store sten og på indersiden og i bunden er der lagt en lermembran. Der er etableret en brønd til opsamling af perkolat. Det har dog indtil nu vist sig, at fordampning som eneste afvandingsmetode er tilstrækkelig. Såfremt der på et senere tidspunkt vil komme for store nedbørsmængder til, at depotet kan rumme det, vil der blive foretaget pumpning og udledning af overfladevand. Myndighederne har opsat vilkår, såfremt der udledes perkolat og overfladevand.

I forbindelse med oprensningen blev det øverste forurenede sediment deponeret, mens det dybereliggende uforurenede sediment blev klappet. Der blev givet en engangsklaptilladelse til dette.

Sedimentet blev optaget med almindelig grab. Den hydrauliske gravemaskine var monteret på en flåde på ca. 6x18 m med støtteben og gravekasse på 60 m³. Når kassen var fuld, blev flåden trukket til en kaj, hvorfra det via slisker blev losset over i depotet. Losningen til depotet gav anledning til en del spild på havnekajen

Økonomi

Undersøgelser i forbindelse med ansøgning om klaptilladelse:	Kr.	20.000
Oprensning inkl. siltgardiner:	Kr.	390.000
Depot:	Kr.	410.000
Rådgiver	Kr.	80.000
Total	Kr.	900.000

Der er ingen driftsomkostninger, såfremt der ikke skal udledes perkolat eller overfladevand.

Udgifterne er finansieret hovedsageligt af EUs regional fund men også af Sydlangelands Kommune. Midlerne fra EU blev givet, fordi Bagenkop Havn er en fiskerihavn, der var udpeget til at få tilskud. Den pågældende ordning eksisterer ikke længere.

11.2 Fåborg havn

Fåborg Havn, der ejes af Fåborg Kommune, har behov for at oprense havnen indenfor overskuelig fremtid. Pga. et tidligere garveri i Fåborg er sedimentet bl.a. forurenet med krom og der kan derfor ikke gives klaptilladelse.

Fåborg Værft har foretaget oprensning af deres bassin, og i den forbindelse har de fået tilladelse til at oprette et depot på ca. 15.000 m³. Fåborg Kommune har købt plads i dette depot til at deponere sediment fra Fåborg Havn. Over en periode på 6 år må kommunen deponere 4000 m³ sediment med tørstofindhold på 30%. Der vil ske en forholdsmæssig regulering ved tørstofindhold mindre end 30 %.

Økonomi

Oprensning udføres, når kommunen har penge dertil	Kr.	Ikke prissat endnu
Plads til 4000 m ³ i depot:	Kr.	1.600.000
Total	Kr.	> 1.600.000

11.3 Nysted havn

Med henblik på oprensning af Nysted Havn (lystbådehavn) er de første sedimentprøver udtaget i 1996. Der blev konstateret et indhold af kobber, bly og krom over grænseværdierne. Der blev ikke undersøgt for indhold af TBT. I forbindelse ansøgningen om klaptilladelse opsatte Storstrøms Amt et prøvetagningsprogram, der omfattede udpegning af prøvetagningssteder samt analyseprogram. Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen forestod prøvetagningen og analysearbejdet. Der blev forsøgt at finde steder i havnen, hvor tungmetallindholdet ikke overskred grænseværdien, så uforurenet materiale evt. kunne blandes med forurenet materiale. Da dette ikke lykkedes, fik havnen i 1997 ikke klaptilladelse.

Havnen ansøgte og fik tilladelse til at oprette et depot. Der blev opført et 55x15 meter depot i forlængelse af molen. Mod havet er der nedrammet en stålspons og mod land er der etableret en lermembran. Der er i år 2001 oprenset 2.700 m³ sediment. Sedimentet afvander i depotet, hvor perkolat opsamles og ledes til kloak. Det er hensigten, at såfremt sedimentet er tilstrækkelig tørt, vil der oprensnes og tilledes yderligere 1.000-1.500 m³ sedimenter i efteråret 2003 og to år senere det samme. Depotets totale kapacitet er 5.500 m³.

Det var en betingelse for miljøgodkendelsen, at sedimenter blev oprenset med grab, så selve oprensningen blev foretaget med grab monteret på hydraulisk gravemaskine. Sedimentet blev grabbet over på et fartøj og herfra grabbet over i depotet..

Med henblik på at lade depotet indgå i moleanlægget er der allerede nu lavet en overdækning (læg) af træ.

Økonomi

Undersøgelser i forbindelse med ansøgning om klaptilladelse:	Kr.	30.000
Oprensning (opstart 30.000 kr. + 42 kr. pr. m ³):	Kr.	150.000
Depot:	Kr.	1.400.000
Overdækning:	Kr.	400.000
Total	Kr.	1.970.000

Der er ingen driftsomkostninger.

Udgifterne er finansieret delvis af EUs regional fund (kr. 800.000), Indenrigsministeriet (kr. 500.000), samt kommunen (kr. 700.000).

12 Litteraturliste

Grundlaget for indholdet af afsnit 1 er resultater af artikler, søgninger på internettet, opringninger til havne, kommuner og enkelte amter.

12.1 Referencer

Bartos, M.J. (1974): Containment Area Management to Promote Natural Dewatering of Fine-Grained Dredged Material. Prepared by U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. Technical Report D-77-19, NTIS No. AD-A047 514.

Batchelder, G.W. (1994): The STUMP – a new Dimension in Dredging. Bennett, B.G., Hill, I.K., and Erzinclioglu, A.Z. (1994): Cleanup of a Coal Tar Deposit Using Vacuum Clam. Proc. 2nd Int. Conf. on Dredging and Dredged Material Placement. Dredging '94.

Biener, E.; Sasse, T og Arnold, J. (1999). New treatment of harbour sludge in Bremen and Bremerhaven. 12th International Harbour Congress. September 15-17, 1999. Antwerpen. Edited by De Schutter, G.

Dansk Hydraulisk Institut (1989). Aftapningsmetoden. Afsnit 14. Dansk Vandbygningsteknisk Selskab. Havnesediment – Seminar i Ebeltoft, 17. maj 1989.

Fyns Amt (2000), Opgørelse over behov for oprensning af sediment, 2000.

Gentilomo, M. (1999) Mechanical Treatment of Dredged Material. The Malcontenta Plant in the Lagoon of Venice. Terra et Aqua. 1999.76 – 4.

Gregersen, J. (1997). Erfaring med tørring og landdeponering af havnesediment i Esbjerg. Copenhagen Waste and Water 97. Conference proceeding.

Gullbring, P.; Hammar, T.; Helgée, A.; Troedsson, B.; Hansson, K.; Hansson, F. (1998); Remediation of PCB-contaminated Sediments in Lake Järnsjön: Investigations, Considerations and Remedial Actions.

Hartmann, L.W. (2000). NCC Danmark: Miljørigtig oprensning af forurenede havnesedimenter. Foredrag til Havnekonferencen Dynamic Ports, Oktober 2000.

McLellan, T.N., and Hopman, R.J. (2000): Innovations in Dredging Technology: Equipment, Operations, and Management. ERDC TR-DOER-5. U.S. Army Corps of Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Pelletier, J.-P., Santiago, R., and Lajeunesse, J. (1994): Evolution of Cable Arm Clamshell Bucket. Proc. 2nd Int. Conf. on Dredging and Dredged Material Placement. Dredging '94.

PIANC (1977): Final report of the International Commission for the study of environmental effects of dredging and disposal of dredged materials. Annex to bulletin No 27. Vol. II, 1977.

PIANC (1986): Disposal of Dredged Material at Sea. Report of a working group of the Permanent Technical Committee II, PIANC, Supplement to Bulletin No. 52, 1986.

PIANC (1996): Handling and Treatment of Contaminated Dredged Material for Ports and Inland Waterways "CDM". PTC 1. Report of Working Group no. 17. Supplement to Bulletin no. 89.

PIANC (1998): Management of aquatic disposal of dredged material, Report of Working Group I.

PIANC-AIPCN (1996): Handling and Treatment of Contaminated Dredged Material from Ports and Inland Waterways "CDM". Volume 1. Report of a working group No. 17 of the Permanent Technical Committee I, Supplement to Bulletin No. 89, 1996.

PIANC-AIPCN (1997): Dredged material management guide. Special Report of the Permanent Environmental Commission. Proc. 2nd Int. Conf. on Dredging and Dredged Material Placement. Dredging '94.

Prøpping, K. (1997). Dredged material management at the Port of Rotterdam. Copenhagen Waste and Water 97. Conference proceeding. Sammenslutningen af Danske Havne (2000): Nyhedsbrev nr. 6. December 2000.

Skov- og Naturstyrelsen (1994), Erfaringer fra udarbejdelse af 5årig klapplan for Storstrøms Amt, 1994.

Statshavnsadministrationen Frederikshavn (1989) Bortskaffelse af havneslam. Udredningsrapport. Rapport udarbejdet af RAMBØLL & Hannemann; COWIconsult og Carl Bro Gruppen as.

US Army Engineer Waterways Experiment Station (1988): Environmental Effects of Dredging. Technical Notes.

12.2 Litteraturliste for sedimentprojekter

12.2.1 Fase 1 projekter (udført i år 1999-2000)

Miljøstyrelsen 2001a. Bortskaffelse af havnesediment. Miljøprojekt nr. 633, 2001.

Miljøstyrelsen 2001b. Nyttiggørelse, rensning og fraktionering af havneslam. Miljøprojekt nr. 632, 2001.

Miljøstyrelsen 2001c. Vurderingsstrategier i forbindelse med håndtering af forurenede sedimenter. Miljøprojekt nr. 631, 2001.

Miljøstyrelsen 2001f. Havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser. Miljøprojekt nr. 627, 2001.

12.2.2 Fase 2 projekter (udført i år 2001)

Miljøstyrelsen 2001d. Forurenede havnesedimenter - Fælles deponerings- og behandlingsanlæg. Miljøprojekt nr. xxx

Miljøstyrelsen 2001e. Havnesedimenter - Prøvetagning og analyser. Miljøprojekt nr. xxx

12.3 Personlige kontakter fra hvilke der er kommet væsentlige oplysninger

.
Alfa Laval A/S (juli 2001), Jensen, Kragh M.
Augustenborg Yachthavn (juli 2001), Dahl, P.
Bagenkop Havn (august 2001), Vinding, K.E.
Dansk Sejlunion (august 2001), Højenvang, J.
Erik Høj (juli 2001), Høj, E
Fåborg Havn (juli 2001), Olsen, L.
Fåborg Kommune (august 2001), Nielsen, R.
Fåborg Kommune (august 2001), Terp, P.
Hirtshals Havn (juli 2001)
Hirtshals Kommune (august 2001), Thomas
Mogens Pedersen (juli 2001), Storgaard, E.
NCC Danmark (august 2001), Hartmann, L.
Nordjyllands Amt (juli 2001), Rasmussen, L.
Nysted Havn (august 2001), Svend Erik H
Nysted Kommune (juli 2001), Johnsen, H.E.
Peter Madsen (juli 2001), Lund, R.
Storstrøms Amt (august 2001), Aagaard, S.
Sydlangelands Kommune (juli 2001), Andreasen, P
Sæby Havn (august 2001), Isaksen, B.
Zickert Miljø A/S (august 2001), Kristensen

12.4 Internet

Aquamec (august 2001): www.aquamec.fi

Cable Arm Inc. (juli 2001): www.cablearm.com

Carylon Corporation (2001): www.caryloncorp.com

Central Dredging Association CEDA (juli 2001). www.dredging.org

Ellicott International (2001). www.ellicott.com

Ellicott International (juli 2001): www.mudcat.com

EUROSEP (august 2001): www.eurosep.dk

Hydrotech (august 2001): www.hydrotech.se

IADC, International Association of Dredging Companies (juli 2001).
www.iadc-dredging.com

KD-Group (august 2001): www.kd-group.dk

Marine Sand and Gravel Information Service (2001).
www.sandandgravel.com

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (juli 2001). www.waterland.net

PIANC-AIPCN (2001): www.pianc-aipcn.org

United States Environmental Protection Agency (2001). www.epa.gov

US Army Corps of Engineers (2001): www.wes.army.mil/el/dots/doer.

Western Dredge Inc. (august 2001): www.westerndredge.com

www.abug-ca-gov

www.wes.army.mil/el/dots

www.wrsc.usace.army.mil/piane/

12.5 Lovmateriale

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, nr. 698 af 22. september 1998

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål, nr. 49 af 20. januar 2000.

Miljø- og Energiministeriet, Bekendtgørelse om deponeringsanlæg, nr. 650 af 29. juni 2001

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om dumpning af optaget havbundsmateriale, nr. 975 af 19. december 1986

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, nr. 107 af 1. februar 2000

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet, nr. 921 af 8. oktober 1996

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, nr. 501 af 21. juni 1999.

Miljø- og energiministeriet, Bekendtgørelse om supplerende regler i medfør af lov om planlægning, nr. 428 af 4. juni 1999

Miljø- og energiministeriet, Lov om beskyttelse af havmiljøet, nr. 476 af 30. juni 1993

Miljø- og energiministeriet, Lov om planlægning, nr. 368 af 2. juni 1999

Skatteministeriet, Bekendtgørelse af lov om afgift af affald og råstoffer, nr. 570 af 3. august 1998

Skatteministeriet, lov om afgift af spildevand, nr 636 af 21. oktober 1998

Trafikministeriet, Bekendtgørelse om henlæggelse af opgaver til Kystinspektoratet og om kundgørelse af ordensreglementer for havne, nr. 1051 af 16. december 1999

Trafikministeriet, Bekendtgørelse om miljømæssig vurdering af anlæg på søterritoriet (VVM), nr. 128 af 11. marts 1999