



Svensk översättning av

Den grønne manual

Norske erfaringer av forurenade
sediment – åtgärdsmetoder och sanering

Rapport från projekt Hav möter Land

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

FAX 010 850 10 10

WWW cowi.se

JANUARI 2013
ØSTFOLD FYLKESKOMMUNE, NORGE – HAV MÖTER LAND

SVENSK ÖVERSÄTTNING AV

"DEN GRØNNE MANUAL"

NORSKA ERFARENHETER AV FÖRORENADE SEDIMENT- ÅTGÄRDSMETODER OCH
SANERING



Hav møter Land

Rapportnummer: 10

Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:26

ISSN: 1403-168X

Utgivare: Hav møter Land, Länsstyrelsen i
Västra Götalands län

Omslagsfoto: bakgrund Claes Hillén

Rapporten finns på www.havmoterland.se

PROJEKTNR.	A 036846/164743
VERSION	Svensk
UTGIVNINGSDATUM	15 feb 2013
UTARBETAD	Roger M Konieczny
ÖVERSÄTTNING	Lena Holm, Henriette K Rudhag
GRANSKAD	Stein Broch O Isen (norsk version), Kristina Bernstén (svensk version)
GODKÄND	Stein Broch O Isen (norsk version), Kristina Bernstén (svensk version)

INNEHÅLL

1	Inledning	7
1.1	Val av kompetens	7
1.2	Mål och syfte	8
1.3	Innehåll och omfång	8
2	Historik och miljöstatus i Norge	10
2.1	Kartläggningsarbetet	10
2.2	Brist på kunskap	11
2.3	Ambitioner och prioriteringar	11
2.4	Spridning av föroreningar -utlösande faktorer	12
2.5	Olika typer av problemområden	14
3	De fem pilotprojekten	15
4	Regionala åtgärdsplaner	16
4.1	Inledande kartläggning, Fas 1	16
4.2	Riskutvärdering och åtgärdsplan, Fas 2	17
4.3	Uppföljning av åtgärdsplanen, Fas 3	17
4.4	Hälsö- och miljöfarliga kemikalier	18
4.5	Riktlinjer OSPAR	18
5	Uppföljande handlingsplan	20
6	Det nationella sedimentrådet	23
7	Den nationella kunskapsbasen	24
7.1	Havsområden med varvsverksamhet	25
7.2	Småbåtshamnar	27

8	Modell för åtgärdsplaner	30
8.1	Steg 1 - åtgärdsområdet	32
8.2	Steg 1B – Miljömålsättningar	33
8.3	Steg 1C – Gällande lagstiftning	34
8.4	Steg 1D – Historisk genomgång	38
8.5	Steg 1E – Kommunikation	39
8.6	Steg 1F – Finansiering av projektet	39
8.7	Steg 2A – Problemformulering	40
8.8	Steg 2B – Åtgärdsalternativ	41
8.9	Steg 3 – Miljövärdering	41
8.10	Steg 4 – Tester och beslut	43
8.11	Steg 5 – Åtgärdsplan	44
8.12	Nationell status – detta är genomfört	44
9	5 huvudprinciper för en åtgärd	46
9.1	Nollalternativet	47
9.2	In situ behandling	49
9.3	Isolera in situ	52
9.4	Avlägsna och behandla	58
9.5	Avlägsna och isolera	64
9.6	Åtgärdsalternativ – Topp 5	71
10	Muddringsmetoder	72
10.1	Muddring idag	73
10.2	Mekanisk muddring	74
10.3	Hydrauliska muddringsmetoder	79
10.4	Kombinerade tekniker	82
10.5	Grumling i samband med muddring	85
10.6	Transport av sediment	88
10.7	Spill av massor vid sanering	88
10.8	Deponering av sediment	90
11	Sedimentprovtagning	92
11.1	Manuell insamling	94
11.2	Bottenhuggare	94
11.3	Rörprovtagare	96
12	Analyser i åtgärdsarbetet	98
12.1	Kemiska analyser	98
12.2	Biologiska analyser	100
12.3	Fysikaliska analyser	100
13	Norska pilotprojekt	101
13.1	Sandefjord hamn	101

13.2	Kristiansand hamn	103
13.3	Trondheim hamn	105
13.4	Tromsø hamn	107
13.5	Horten hamn	108
14	Åtgärdsprojekt i tidiga faser	110
14.1	Harstad hamn	110
14.2	Ramsunds Örlogsstation	111
14.3	Sanering i Laksvågen	113
15	Fullskaliga norska åtgärdsprojekt	114
15.1	Eitrheimsvågen – Odda	114
15.2	Haakonssvern Örlogsstation	115
15.3	Aker Stords Varv	116
15.4	Oslo hamn	117
15.5	Hammerfest hamn	119
15.6	Kadettangen - Bærum hamn	121
15.7	Kongsgårdbukta, Kristiansand	122
16	Internationella projekt	124
16.1	New Bedford Harbor Capping	124
16.2	Palos Verdes Shelf Capping	126
17	Efterord	128

1 Inledning

Østfold Fylkeskommune¹ i Norge har via Temagrupp 3.6 i det nordiska samarbetsprojektet "Hav møter Land"², efterfrågat expertkompetens för att kunna utarbeta en översikt av statusen i arbetet med förorenade marina sediment i Norge. Arbetet har benämnts "Redogörelse för hantering av förorenade sediment i Norge". Syftet är att beskriva olika relevanta metoder för hantering av förorenade sediment, olika åtgärds- och saneringsalternativ, kontroll och övervakning av åtgärdsprojekt samt de myndighetskrav som är relevanta i samband med saneringsprojekt.

Projektet "Hav møter Land" har som övergripande mål att bidra till ett långsiktigt hållbart nyttjande av de värden som finns i Kattegatts och Skagerraks havs- och kustområden. Projektet är ett samarbete mellan 26 parter i Norge, Sverige och Danmark.

1.1 Val av kompetens

Roger M. Konieczny, senior rådgivare vid avdelningen för Vattenmiljö, COWI AS i Oslo, har genomfört sammanställningen tillsammans med sina kollegor. Roger M. Konieczny innehar en Cand. scient. i maringeologi från Universitetet i Oslo. Vidare har han arbetat inom området i 30 år och har bred erfarenhet av problemställningarna i det nationella arbetet med sediment och med saneringstekniker generellt. Under perioden 1991-2001 var han involverad i arbetet med kartläggning av miljösituationen i sediment i Norge.

Deltagande i flera åtgärdsutredningar, pilotprojekt och fysiska saneringsprojekt som Haakonssvern, Aker Stord, Kollevågen, Kristiansand, Sandefjord, Hammerfest, Harstad och Kadettangen i Bærum är relevant information för denna utredning. I de avslutade stora muddrings- och deponeringsarbetena i Oslo hamn fungerade Konieczny som ansvarig för uppföljning av miljökonsekvenser (2005-2008).

¹ Motsvarar ungefär ett svenskt landsting

² www.havmoterland.se

Mycket av den tidigare nämnda kartläggningen av hamnområden och marina områden längs kusten i början av 90-talet har legat till grund för de nationella och regionala åtgärdsplanerna (se kapitel 4). Via statliga åtaganden (1992-1996 och 1999-2001), har Konieczny också haft ett direkt inflytande på delar av den nationella utvecklingen inom arbetet med förorenade sediment.



Fra Hav Møter Land

1.2 Mål och syfte

Syftet med översynen av de valda frågeställningarna är främst att skapa ett öppet och användarvänligt digitalt verktyg som kan användas av statliga och kommunala myndigheter, konsulter och initiativtagare till en åtgärd inom det framtida arbetet med förorenade sediment. Det har därför ansetts lämpligt att använda elektroniska länkar, både inom dokumentet och till annan relevant extern information på Internet.³ Vid Temagruppens möte den 31 augusti 2012, beslutades det om vissa avgränsningar i det önskade resultatet. Sammanställningen bör utformas som en rapport, där delar av innehållet på sikt skall kunna omvandlas till elektronisk information som kan läggas på projektets webbplats. Det var också önskvärt att det användes mycket illustrationer och bilder i rapporten för att göra informationen mer lättillgänglig.

1.3 Innehåll och omfång

Mot bakgrund av ovanstående kommer en översikt av de mest relevanta åtgärderna för förorenade sediment att utarbetas. Stor vikt kommer att läggas på BAT⁴, PEB⁵ och nuvarande nationell miljöstatus i sedimenten längs med norska kusten. Vidare skall det läggas vikt på att framhäva fördelar och nackdelar med de olika åtgärdesmetoder som kan bli betydelsefulla i framtiden.

³ I den svenska översättningen av dokumentet har länknings inom dokumentet utelämnas. Externa länkar har angetts som fotnoter.

⁴ BAT, Best Available Technology, används ofta för att beskriva de bästa tillgängliga metoderna eller State-of-the-Art.

⁵ BEP, Best Environmental Practice, omfattar implementering med minimal påverkan på arter, populationer och habitat

Det kommer även att redogöras för hur eller i vilken grad riktlinjerna från OSPARCOM⁶ (OSPAR 2009) är implementerade i myndigheternas åtgärds- och sedimentarbete, som en del av gällande lagstiftning. I de fall dessa riktlinjer inte används i praktiken skall alternativa regelverk, vägledningar och beslutsunderlag beskrivas. Även en redogörelse av de villkor och riktvärden som används i Norge skall ingå.

Vidare har det framkommit önskemål om att framhäva två alternativa åtgärdsalternativ, nämligen deponering av muddermassor i strandzonen samt deponering på land. Dessa två alternativ kommer inte att beskrivas separat, men den efterfrågade informationen kommer att framgå i den generella genomgången av de 5 principer för åtgärder som beskrivs i detta dokument. För att få en helhetsbild av problematiken har det ansetts nödvändigt att inleda rapporten med en genomgång av historiken och utvecklingen av problemområdet i Norge. Även grunderna för att planera och genomföra framgångsrika saneringsprojekt är inkluderade i rapporten, samt hur utvecklingen ser ut med avseende på norsk lagstiftning inom området för förorenade sediment.



Deponiet på Langøya Foto: NOAH

I den svenska översättningen har texter i figurer, figurtexter och tabeller inte översatts.

⁶ OSPARCOM, Oslo-Paris Commission, <http://www.ospar.org/>

2 Historik och miljöstatus i Norge

För 20 år sedan publicerades "Handlingsplan for opprydding" (SFT rapport 92:32, TA-884/1992), ett dokument som sammanfattade över 10-15 års kartläggning och miljöövervakning av landarealer samt Norges mest förorenade, industrialiserade fjordområden. Visserligen avslutades den första riktiga sedimentsaneringen i Eitrheimsvågen i slutet av 1992. Handlingsplanen anses dock ändå vara startpunkten för det efterföljande, mer specifika sedimentarbetet i Norge.

Vidare beskrivs i föreliggande rapport den nationella ansatsen att förbättra arbetet med förorenade sediment. Det bör påpekas att utvecklingen över tid inte nödvändigtvis varit optimal med hänsyn till de val och de beslut som är fattade i processen, på väg mot en hållbar hantering av problemet.

2.1 Kartläggningsarbetet

Handlingsplanen innefattar flera långsiktiga, övergripande miljömål för sediment i marina områden. Arbetet inleddes med en sammanställning av data från förorenade marina sediment i Norge (SFT 1994a)⁷. Sammanställningen visade att det fanns stora brister i dataunderlaget, och en omfattande kartläggning av föroreningshalter i sediment och organismer i hamn och kustområden påbörjades.

Sedimentundersökningarna inom Fas 1⁸, Fas 2⁹ och Fas 3¹⁰ var en del av detta arbete. Kartläggningen utfördes under perioden 1993-1996 och var ett tillägg till den nationella övervakningen av kust och hav som redan hade pågått sedan sent 1970-tal, inom det så kallade "Statlig Program for Forurensningsovervåking" (SPFO). Förutom denna kartläggning finns även data från två decennier, som togs

⁷ <http://www.nb.no/utlevering/nb/d90b09dc62828fab8ec7a73db97c105b>

⁸ <http://ask.bibsys.no/ask/action/show?pid=95231696x&kid=biblio>

⁹ <http://www.klif.no/37587>

¹⁰ <http://www.klif.no/no/Tema/Miljoovervakning/Statlig-miljoovervakning/Miljogifter-i-havner/Rapporter/Sonderende-undersokelser-i-norske-havner-og-utvalgte-kystomrader--fase-3-Miljogifter-i-sedimenter-pa-strekningen-Ramsund-Kirkenes/?print=true>

fram inom övervakningsprogrammet JAMP¹¹, vilket utgör Norges bidrag till övervakningsprogrammet inom ramen för OSPAR.

2.2 Brist på kunskap

Kunskaperna kring saneringsmetoder var sparsam i början av 1990-talet. Därefter tog STF (Klif¹²) initiativ till att utpeka en inofficiell expertgrupp år 1993. Gruppen bestod av ett antal utvalda rådgivare som hade arbetat inom området i Norge (NIVA¹³, NGI¹⁴, DNV¹⁵ och AQT¹⁶). Gruppen fick i uppgift att införskaffa aktuell internationell kunskap om hantering av sediment och åtgärdsmetoder.

Gruppen arbetade under 1990-talet i ett nära samarbete med nyckelpersoner inom dåvarande och framtida initiativtagare till saneringsprojekt såsom SFT (Klif), Oslo hamn och Försvaret. Under den tid som gruppen var verksam utarbetades flera nationella kunskapsdokument och internationella publikationer. Dokumenten baserades på erfarenheter från internationella konferenser och studiebesök i bland annat USA, Kanada, Japan och Nederländerna. Det finns referenser till expertgruppens arbete, men de flesta rapporterna och publikationerna är inte tillgängliga i digitalt format.

- › Rapport från deltagande vid ASCE Dredging '94, Orlando, USA (DNV, ed.)¹⁷
- › Rapport från deltagande vid Internasjonal Sediment Konferanse, Canada (DNV, ed.)
- › Rapport från Försvarets studieresa till Japan 1994 (ENCO, ed.)
- › Rapport från SFTs studieresa till Nederländerna 1995 (NGI, ed.)
- › Rapport från deltagande vid ICCS '97, Rotterdam, Nederland (AQT, ed.)¹⁸
- › Rapport till Oslo hamn angående strandnära deponier i Oslo hamn (NGI, ed.)
- › Internationell publikation¹⁹ från expertgruppen 1998

2.3 Ambitioner och prioriteringar

Norges hamnar och fjordområden har under lång tid tillförts föroreningar från olika verksamheter och aktiviteter såsom industriella processer och avfallshantering. Föroreningarna avsätts på havsbotten och de förorenade sedimenten (sekundär

¹¹ JAMP, Joint Assessment Monitoring Programme,
http://www.klif.no/program_37037.aspx

¹² Klif, Klima- og forurensningsdirektoratet, före detta SFT, Statens forurensningstilsyn

¹³ NIVA, Norsk institutt for vannforskning

¹⁴ NGI, Norges Geotekniske Institutt

¹⁵ DNV, Det Norske Veritas

¹⁶ AQT, Aquateam Norsk Vannteknologisk Senter AS

¹⁷ http://books.google.no/books?id=3O5RAAAAMAAJ&hl=no&source=gbs_similarbooks

¹⁸ http://www.nb.no/utlevering/contentview.jsf?um=URN:NBN:no-nb_digibok_2010021900028

¹⁹ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027312239800211X>

källa) utgör tillsammans med dagens utsläpp (primär källa) en betydande belastning på organismer och ekosystem.

Utläckaget av miljögifter från sedimenten på havsbotten kommer att kunna pågå under lång tid. Detta kan bidra till att miljöproblemet fortsätter att existera även om tillförseln av miljögifter avstannar. För att minska, eller eliminera, miljöproblemen är det därför nödvändigt att sanera sedimenten. Resultaten från den samlade kartläggningen, där höga koncentrationer av miljögifter i mer än 100 områden upptäcktes, sammanställdes i ett strategiskt dokument med prioriteringar och riktlinjer (SFT 1998)²⁰.

Nästan överallt där det provtas i sediment i närheten av industriverksamhet och större urbaniserade områden påträffas föroreningar i sedimenten (exempelvis vid hamnar, varvsindustri, fiskehamnar och småbåtshamnar).

Den första fasen, Fas 1, avslutades med ett dokument där samhällets aspekter av förorenade marina sediment värderades noggrant, de största utmaningarna diskuterades, och de nationella ambitionerna med hänsyn till sanering avhandlades. Rapporten med prioriterade områden för åtgärder bildade en viktig grund för Miljödepartementets strategiska arbete med sedimentproblematiken (SFT 2000)²¹.

2.4 Spridning av föroreningar -utlösande faktorer

De miljögifter som över tid har ackumulerats i havsbotten (sekundär källa), blir kontinuerligt utsatta för kemiska och biologiska processer. Detta leder till utläckage och spridning av miljögifter från sedimenten i de mest belastade områdena. Primärt är det dock fysiska störningar i sedimenten som är av betydelse och som kan leda till ett behov av åtgärder. Utöver vågor och strömmar är båt- och fartygstrafik och tillhörande verksamheter inom grunda områden de viktigaste faktorerna, och därför blev detta tema särskilt behandlade i ovan nämnda rapport. En riktad studie kring fartygstrafik och propellererosion startades.

Äldre och ny information om detta finns bland annat i rapporterna:

- NIVA 1995²² – Oppvirvling fra ferger i Bjørvika, Oslo havn
- SFT 2002 (TA-1869/2002)²³ – Oppvirvling i Kristiansandsfjorden
- NIVA 2002 – Oppvirvling ved kaiene i Skienselva
- DNV 2005²⁴ – Oppvirvling og spredning fra Color Line kaia, Sandefjord havn

²⁰ <http://www.nb.no/utlevering/nb/118e94037e00049e3b1da7d5d0f44c79>

²¹ <http://www.klif.no/publikasjoner/kjemikalier/1774/ta1774.pdf>

²²

[http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv2.nsf/URL/C125730900345D9BC1256FB800530E46/\\$FILE/3218_72dpi.pdf](http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv2.nsf/URL/C125730900345D9BC1256FB800530E46/$FILE/3218_72dpi.pdf)

²³ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1869/ta1869.pdf>

- › DNV 2007²⁵ – Oppfølgende undersøkelser fra Color Line kaia, Sandefjord havn
- › DNV 2009²⁶ – Oppvirvling ved Pronova/Oleon industrier, Sandefjordsfjorden
- › NIVA 2010²⁷ – Oppvirvling ved Rafnes industriområde, Frierfjorden
- › NIVA 2012a²⁸ – Oppvirvling ved Herøya industriområde, Frierfjorden
- › NIVA 2012b²⁹ – Oppvirvling ved Hydro Sunndal kaiområde, Sunndalsfjorden

Grumling, spridning och upptag av miljögifter i organismer och mer direkt exponering genom näringskedjorna påverkar organismer negativt och till slut hamnar miljögifterna i vår föda. I många områden är halterna i fisk så höga att myndigheterna avråder från konsumtion. I vissa områden finns även restriktioner kring försäljning. Kostråd och försäljningsrestriktioner³⁰ leder till en önskan eller ett behov att rensa upp i sedimenten, med målsättningen om att på sikt eliminera problematiken (se även Miljøstatus i Norge³¹). Kostråden blev också styrande för de prioriteringar som gjordes i samband med Fas 1 av de regionala åtgärdsplanerna.

²⁴ http://www.sandefjordsfjorden.no/2005_DNV_DNV_rapport_nr_2005-0656_rev_01_18_mai_2005_Oppvirvling_og_spredning_avforurensed_sediment_fra_ColorLine_0NhMw.pdf.file

²⁵ http://www.sandefjordsfjorden.no/2007_DNV_DNV_Rapport_Nr_2007-0739_Oppfølgende_undersøkelser_av_forurensning_i_Propellerrosjon_i_Sandefjordsfjorden_2QG6R.pdf.file

²⁶ http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=dnv%202009%20oppvirvling&source=web&cd=3&ved=0CC0QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.sandefjordsfjorden.no%2F2009_DNV_Undersøkelser_av_propelloppvirvling_utenfor_Pronova_og_Oleon%2C_Rapportnr_2009-1912_XY0Ja.pdf.file&ei=uGCIUJrjH6ai4gSB0YCoCA&usq=AFQjCNFWLClq1VwjBDMgnz4k026lVCA Yhw

²⁷ [http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv8.nsf/URL/A6FABD62258631E1C1257A24003BA4D7/\\$FILE/5924-2012_200dpi.pdf](http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv8.nsf/URL/A6FABD62258631E1C1257A24003BA4D7/$FILE/5924-2012_200dpi.pdf)

²⁸ [http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv7.nsf/URL/24DDBF4513514719C125798700370854/\\$FILE/6280-2012_72dpi.pdf](http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv7.nsf/URL/24DDBF4513514719C125798700370854/$FILE/6280-2012_72dpi.pdf)

²⁹ [http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv8.nsf/URL/FF9B28F192CC36B5C12579AB003E4C86/\\$FILE/6305-2012_72dpi.pdf](http://rapp.niva.no/symfoni/RappArkiv8.nsf/URL/FF9B28F192CC36B5C12579AB003E4C86/$FILE/6305-2012_72dpi.pdf)

³⁰ http://www.miljostatus.no/Tema/Hav-og-kyst/Miljogifter_marint/Kostholdsråd/

³¹ <http://www.miljostatus.no/>

2.5 Olika typer av problemområden

I det fortsatta arbetet var det nödvändigt att dela in problemområdena i kategorier med olika egenskaper.

○ Högriskområden

Mindre områden, höga koncentrationer av miljögifter, ofta med stor risk för spridning och få ansvariga.

● Hamnar

Medelstora områden, relativt höga koncentrationer, stor risk för spridning, stort antal olika förorenande verksamheter, men vanligen med en huvudansvarig för området.

○ Hela kust- eller fjordområden

Stora områden, varierande koncentrationer (inkluderar bland annat områden med högriskområden och hamnar), mindre risk för spridning från området, stort antal ansvariga.

● Industrifjorðar

Specialfall av fjordområden; stora områden, höga koncentrationer, mindre antal ansvariga.



[Lenke til originalkart](#)

Figuren ovan är utarbetad av SFT (KLIF) och visar kartlagda problemområden längs kusten, samt fördelningen mellan de olika områdeskategorierna. Fördelningen är förhållandevis jämn mellan de fyra olika kategorierna. Dock finns det även områden som består av fler än en kategori. Förelägganden har använts som ett verktyg i åtgärdsprocessen. Föreläggandena har riktats mot exempelvis skeppsvarv, hamnar och småbåtshamnar. Se *Pålegg mot 11 havner*³². Exempel från detta finns i tabell 1, se kapitel 5.

³² <http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/havner-paalegg.htm>

3 De fem pilotprojekten

Före år 2000 genomfördes få storskaliga saneringsprojekt i Norge. Internationellt har dock miljösanering av sediment pågått sedan 1960-talet. Erfarenheter från andra länder har dock inte ansetts direkt överförbara till norska förhållanden. Kunskapsluckor vad gäller tekniska lösningar, resultaten av åtgärderna och föroreningars påverkan på miljön utgjorde stora utmaningar inom det nationella saneringsarbetet. Det beslutades därför att starta upp fem pilotprojekt i Norge år 2001/2002. Målet med projekten var att införskaffa mer kunskap om hur sanering av förorenade sediment bäst kan organiseras och genomföras. Dessutom fanns ett behov av att få mer praktisk erfarenhet från olika typer av projekt. Norska staten bidrog med ca 28 miljoner norska kronor till dessa projekt. Förutom ytterligare bidrag från SFT, bidrog projekten själva med ekonomiska medel. Projekten pågick olika lång tid, men de flesta var avslutade före utgången av år 2004. Samtliga projekt beskrivs mer utförligt i kapitel 13 i manualen. Följande projekt valdes ut efter en nationell urvalsprocess:

- › Sandefjord hamn³³ – Sugmuddring och etablering av grundvattendeponi
- › Kristiansand hamn³⁴ – Övertäckning vid dumpning och miljöövervakning
- › Trondheim hamn³⁵ – Storskalig muddring och masstabilisering
- › Tromsø hamn³⁶ – Utredning om åtgärder i områden med mycket strömmar
- › Horten hamn³⁷ – Muddring och utläckage av TBT från landdeponi

³³ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_02_02.html#sandefjord

³⁴ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_02_02.html#kristiansand

³⁵ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_02_02.html#trondheim

³⁶ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_02_02.html#tromso

³⁷ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_02_02.html#tromso

4 Regionala åtgärdsplaner

I och med Stortingsmelding nr. 12 – "Rent og rikt hav" (2001-2002)³⁸, inleddes en ny fas i det nationella sedimentarbetet. I meldingen föreslogs att så kallade "Fylkesvise tiltaksplaner", (i denna översättning benämna "regionala åtgärdsplaner") skulle utarbetas inom de områden längs kusten där havsbotten var som mest förorenad. Målet vara att säkra och samordna en omfattande insats för att minska problemen med miljögifter, samt att på sikt etablera hållbara saneringsprojekt i alla de utpekade områdena. Arbetet, som skulle genomföras i etapper, påbörjades år 2003. I samband med uppstarten utarbetades ett vägledande dokument med principer och riktlinjer för arbetet, "Veiledning til Fylkesmennene"³⁹.



Foto: Erling Svensen

4.1 Inledande kartläggning, Fas 1

Den inledande fasen, Fas 1, innefattade kartläggning av potentiella föroreningskällor på land samt värdering av vilka områden som borde prioriteras för framtida sanering. Totalt 29 kustområden, där det redan fanns kostråd gällande intag av fisk och skaldjur, pekades ut i en första omgång. Föroreningssituationen i

³⁸

<http://www.regjeringen.no/Rpub/STM/20012002/012/PDFA/STM200120020012000DDDPDFA.pdf>

³⁹ http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/sedimentveiledning_fylkesvise_tiltaksplaner.htm

havsområdet, källor till föroreningar på land, samt kunskapsnivån kartlades i alla dessa områden.

4.2 Riskutvärdering och åtgärdsplan, Fas 2

I totalt 17 av de ursprungliga 29 kustområdena bestämdes det under 2003 att åtgärdsplaner, Fas 2, skulle utarbetas. Flera olika orsaker gjorde att de resterande 12 inte prioriterades i denna omgång. I vissa av dessa områden visade kartläggningen att föroreningsituationen var mindre allvarlig än vad man först befarat. I andra områden krävdes det sanering av föroreningskällor på land innan man kunde genomföra effektiva åtgärder i sedimenten till havs. Prioriteringen gjordes också utifrån ett resursperspektiv. Föroreningsituationen i de 17 prioriterade områdena utvärderades mot önskad miljösituation i respektive område. Kompletterande undersökningar och riskvärderingar av de förorenade sedimenten genomfördes, och förslag till åtgärder togs fram. Kostnaderna och effekten av de föreslagna åtgärderna värderades, och tidsplaner för arbetet togs fram. Åtgärdsplanerna inom Fas 2 slutfördes under år 2005.

4.3 Uppföljning av åtgärdsplanen, Fas 3

Miljöskyddsavdelningarna på länsnivå⁴⁰ har haft huvudansvaret för att utarbeta de regionala åtgärdsplanerna för förorenade havssediment. Tillsammans med Klif blev de även ålagda ansvaret för genomförande och uppföljning av åtgärdsplanerna.

Uppföljningen av åtgärdsplanerna görs bland annat genom att underlätta samarbetet mellan lokala aktörer, med syfte att se till de som är ansvariga för föroreningarna sanerar sina områden eller bidrar med medel där ansvarig inte är känd.

Klif tillsammans med de regionala miljöskyddsavdelningarna handlägger ansökningarna om åtgärder i förorenade havssediment, och kan även kräva ytterligare undersökningar och utredningar. Som ett komplement till den första vägledningen utarbetades även "Veileder for håndtering av forurensede sedimenter" (2004)⁴¹ och "Veiledningen for fullføring av Fase 2" (2005)⁴².



⁴⁰ I originaltexten "Miljøvern avdelingene hos Fylkesmannen"

⁴¹ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1979/ta1979.pdf>

⁴² http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tiltaksplaner/veiledning_fase2.pdf

År 2005 avslutades arbetet med åtgärdsplanerna och totalt 41 planer (Fas 1 och Fas 2) finns samlade på Klif:s hemsida. Handlingsplanerna diskuteras inte vidare här, men några av dem nämns i genomgången av utvalda exempel på åtgärder senare i manualen.

4.4 Hälso- och miljöfarliga kemikalier

Enligt Stortingsmelding nr. 21 (2004-2005)⁴³ behandlar Regeringen miljöskyddspolitik och miljötillståndet i Norge. I medingen återfinns målen för minskad påverkan från hälso- och miljöfarliga kemikalier. Målen är indelade på följande vis:

Strategiskt mål:

Utsläpp och användning av hälso- och miljöfarliga kemikalier skall ej leda till skador på hälsa eller miljö eller orsaka skador på naturens eller dess förmåga till självförnyelse. Koncentrationerna av de farligaste kemikalierna i miljön skall minskas till bakgrunds nivåer för naturligt förekommande ämnen och till nära noll för antropogent tillverkade substanser.

Nationella resultatmål:

- Utsläpp av vissa miljögifter (jämför prioritetslistan och kriterierna) skall elimineras eller minskas betydligt före 2000, 2005 och 2010.
- Utsläpp och bruk av kemikalier som utgör ett allvarligt hot mot hälsa och miljö skall minskas kontinuerligt, med syftet att stoppa utsläppen inom en generation (dvs före 2020).
- Risken för att utsläpp och användning av kemikalier som kan orsaka skada på hälsa och miljö skall minska kraftigt.
- Spridning av miljögifter från förorenad jord elimineras eller minskas betydligt. Spridning av andra hälso- eller miljöfarliga kemikalier skall minskas genom en särskild riskbedömning.
- Sediment som är förorenade med hälso- eller miljöfarliga kemikalier skall ej medför risk för allvarliga föroreningsproblem.

4.5 Riktlinjer OSPAR

Efter möte med "OSPAR Biodiversity and Ecosystems Committee" år 2009, lanserades "The OSPAR Guidelines for the Management of Dredged material"⁴⁴ som ett hjälpmedel i hanteringen av muddrings- och deponeringsprojekt. Det primära syftet var att säkerställa att muddring och deponering inte stred mot

⁴³ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/20042005/stmeld-nr-21-2004-2005-7.html?id=407032>

⁴⁴ http://www.ospar.org/documents/dbase/decrecs/agreements/09-04e_guidelines_on_dredged_material.doc

*"Articles and Annexes to the 1992 OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic"*⁴⁵. Emellertid var de föreslagna riktlinjerna inte nödvändigtvis anpassade till de lokala förutsättningarna i respektive land.

Riktlinjerna är mycket omfattande och beskriver i detalj vikten av att genomföra kemisk, fysikalisk och biologisk karakterisering av åtgärdslokalerna, muddermassorna, påverkansområden osv. Detta har även påpekats i flera av underkapitlen till kapitel 8 i föreliggande rapport. I Norge är man av den uppfattningen att det nationella kartläggningsarbetet inte är utfört med ovan nämnda detaljnivå, men att det på senare år har drivits åtgärdsarbete i linje med detta. Norge har därför med tiden utvecklat egna riktlinjer vilka på de flesta punkter harmoniserar med OSPAR:s riktlinjer.

I de nationella vägledningsdokumenten som används i Norge, har med tiden de flesta av OSPAR:s krav på metoder och omfattning implementerats, utan särskild fördjupning. Ett fall där man har fördjupat sig är OSPAR:s krav på vilka analysparametrar som skall ingå i åtgärdsarbetet. Detta regleras idag i den nationella föroreningsföreskriften § 22⁴⁶ som reglerar muddring och dumpning i hav och vattendrag. Utöver detta är det svårt att säga till vilken grad de olika aktörerna som har drivit utvecklingsarbetet i Norge, eller hur beslutsfattarna har tagit hänsyn till OSPAR:s krav i sina projekt.

Vid en allmän översyn av 49 regionala åtgärdsplaner i Fas 1-3, vilka på många sätt är ett mått på "the-stat-of-the-art" och är skriven av de regionala miljömyndigheterna, har inga direkta referenser som pekar på att OSPAR Guidelines skulle ha varit styrande. Detsamma gäller det mesta av den dokumentation som kan knytas till genomförande av åtgärder och som det hänvisas till i detta dokument.

45

http://www.ospar.org/html_documents/ospar/html/ospar_convention_e_updated_text_2007.pdf

⁴⁶ <http://www.lovdata.no/for/sf/md/td-20040601-0931-073.html>

5 Uppföljande handlingsplan

Som en del av Stortingsmelding nr. 14⁴⁷ - ”Sammen for et giftfritt miljø” (2006-2007), lade regeringen denna gång fram en ny handlingsplan för förorenad havsbotten⁴⁸. Handlingsplanen bygger i hög grad på det omfattande arbetet som fram till dess var nedlagt i de regionala åtgärdsplanerna i Fas 2.

I den nya planen valdes det på nytt ut vilka områden från Fas 2 som skulle prioriteras för åtgärder. Detta gäller områden där undersökningarna har kommit långt och där föroreningskällorna i hög grad är under kontroll. På de platser där föroreningskällorna är kända har regeringen haft som mål att nödvändiga åtgärder skall vara genomförda inom en 5-årsperiod från det att de blivit utpekade.

De flesta av dessa prioriterade områden har idag gått in i Fas 3 av saneringsarbetet, dvs genomförande av slutgiltiga och mer åtgärdsinriktade undersökningar. Innan en åtgärd kan genomföras måste flera frågeställningar besvaras, exempelvis:

- › Vilken åtgärd skall genomföras var?
- › Vilken metod skall användas?
- › Hur mycket sediment skall eventuellt tas bort?
- › Var skall man göra av sedimenten?
- › Vem är ansvarig för genomförandet?

I några av ovan nämnda områden har saneringsarbetet redan påbörjats eller är på gång att avslutas. I dessa områden finns också lokala krafter som önskar påskynda processen. I havsområden såsom Drammen, Sandefjord, Bergen, Farsund, Kristiansand och Hammerfest, är åtgärder påbörjade och avslutade i delar av de planerade åtgärdsområdena.

⁴⁷ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006-2007/Stmeld-nr-14-2006-2007-.html?id=441267>

⁴⁸ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006-2007/Stmeld-nr-14-2006-2007-/10/2.html?id=441330>

I Oslo och Tromsø är saneringsarbetet i dag i det närmaste avslutat. I Harstad planeras ett stort saneringsprojekt i hamnområdet med uppstart år 2012. Tabell 1 ger en grov översikt över status i 10 åtgärdsprojekt vid utgången av år 2012. Översikten har utarbetats av Klif och bedöms vara förhållandevis uppdaterad.

Inom andra områden är osäkerheterna större avseende källorna till föroreningarna, och i vissa fall också oklart om det finns en miljönytta med storskaliga åtgärder. För dessa områden utreder man med vilka kompletterande undersökningar som krävs, samt vem som skall vara ansvarig för genomförandet.

Tabell 1 Status i arbetet med uppföljningen av handlingsplanen

Områder med planlagte utbygginger	
Hammerfest	Utbygginger i strandkanten har gitt kontroll med noen av de viktigste kildene. Storvannet som kilde til spredning av forurensning i havnen utredes sammen med andre mulig kilder i strandsonen.
Harstad	Tiltaksplan skal gjennomføres i forbindelse med Kystverkets farledsutdyping i 2012-2013. Gjennomføring av kildekontroll.
Farsund	Boligutbygging i tilknytning til mindre sedimentlokalitet. Tildekking av sjøbunnen er fullført vinteren 2011.
Flekkefjord	Undersøkelser og risikovurdering er gjennomført og det er vurdert tiltak i strandsonen ved fire utbyggingsområder i Tjersvågen. Supplerende undersøkelser i sjøen er nødvendig før tiltak.
Kristiansand	Omfattende tiltak ferdigstilt, videreføring i nye delområder. Revisjon av tiltaksplanen i 2010. Overvåkingsprogram for fjorden ble igangsatt i 2010.
Oslo	Tiltak samordnet med bygging av ny E18, utbygging av Fjordbyen og omlegging av havn. Opprydningen er hovedsakelig fullført.
Tromsø	Opprydningen er avsluttet og rapporteres til Fylkesmannen i Troms i 2012.
Områder med særlig tiltaksbehov	
Bergen	Arbeid med ytterligere kildekontroll pågår. Uttesting av tildekkingsmetoder. Tiltak må tilpasses vern av kulturminner.
Grenland	Sterkt forurensset i store områder, særlig av dioksiner. Grundig dokumentert i langsiktige overvåkingsprogrammer. Uttesting av tynntildekking som mulig tiltaks-metode er gjennomført. Trenger ytterligere overvåking av testfelt før beslutning om metoden egner seg.
Sandefjord	Oppryddingstiltak på land og i sjøbunnen utført ved Jotun og ved fergekaiene. Undersøkelser og risikovurderinger er gjennomført i hele fjorden og tiltaksplan er ferdig utarbeidet pr juni 2011.
Drammen	Overvåking av fjorden for å undersøke effekten av naturlig forbedring. Arbeid med kildekontroll og tiltak på land pågår.
Fedafjorden	Undersøkelser og risikovurderinger er gjort. Behov for tiltak i Indrevika.
Områder med utredningsbehov	
Ranafjorden	Kildesporing, rensing av utslipp og tiltak på land. Overvåket naturlig forbedring i sjø.

Trondheim	Bystyret i Trondheim og Trondheim Havn IKS har vedtatt opprydding av sjøbunnen i Trondheim havneområde. Tiltaksplan er utarbeidet. Planen innebærer opprydding i perioden 2012-2015.
Sunnalsfjorden	Området overvåkes i forhold til naturlig forbedring.
Ålesund	Kartlegging av kilder på land pågår. Sedimenttiltak må vurderes på sikt.
Sørfjorden	Kartlegging, reduksjon og stans av landkilder før ytterligere tiltak i sjø.
Stavanger	Behov for ytterligere kartlegging av kilder til spredning fra land, og undersøkelser av sjøbunnen for avgrensing av oppryddingsomfanget i sjø.
Arendal	Undersøkelser pågår for å undersøke om naturlig sedimentering vil føre til forbedring av tilstanden utenfor Arendal. Større tiltak skal gjennomføres ved Eydehavn i Tromøysundet. Øvrige tiltak blir vurdert gjennomført ved eventuelle utbygginger.

6 Det nationella sedimentrådet

Regeringen upprättade år 2003 ett vetenskapligt råd – ”Nasjonalt råd for sedimentsaker”⁴⁹, vars uppgift var att sammanställa kunskap om effekter av förorenade sediment samt att vara rådgivande vid genomförande av undersökningar och åtgärder. Rådet skulle följa med i utvecklingen av ny kunskap om förekomster och effekter av miljögifter i sediment, och om nya möjliga tekniska lösningar som kan minska hälso- och miljöproblemen vid förorenade marina sediment. På rådets webbplats⁵⁰ finns en samlad översikt över tre års mötesverksamhet (exempelvis protokoll från möten⁵¹) och övriga arbeten. Se även beslutsdokument⁵² från 2006 om avveckling av det nationella rådet och eventuell fortsättning.



Dert nasjonale sedimentrådet -
sluttrapport 2006

I slutrapporten från år 2006⁵³ sammanställer rådet status på det nationella åtgärdsarbetet och ger rekommendationer inför fortsatt arbete i Norge. Rapporten lanserades på ett stort möte i SFT (Klif), där även departementen (MD og FKD)⁵⁴ medverkade. Sammanställning av mötet och vad som sagts där angående framtida vägval för sedimentarbetet finns bland annat på miljöorganisationen Bellonas' webbplats⁵⁵.

⁴⁹ http://www.klif.no/seksjonsartikkel_40759.aspx

⁵⁰ <http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/sedimentrad/>

⁵¹ http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/sedimentrad/140206/referat1_06.pdf

⁵² <http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/sedimentrad/130905/videreforingradet.pdf>

⁵³

http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/sedimentrad/sedimentradet_oppsummeringsrapport2006.pdf

⁵⁴ MD, Miljøverndepartementet og FKD, Fiskeri- og kystdepartementet

⁵⁵ http://bellona.no/nyheter/nyheter_2006/Rapport_fra_Sedimentradet

7 Den nationella kunskapsbasen

Den nationella kunskapsbasen består av ett antal rapporter från myndigheternas uppdaterade kartläggning och övervakning av Norges hamnar, fjordar och kustområden, samt uppföljande miljöundersökningar i specifika områden. Materialet finns samlat på SFT:s (Klif) webbsida under ”Miljøovervåking”⁵⁶.



Ett urval av dessa rapporter, vilka är utvalda för att illustrera bredd och omfång, redovisas nedan. Rapporterna finns att hämta antingen via Klifs hemsida, www.klif.no, eller via Forskningsrådet, www.forskningsradet.no. Inom ramen för denna rapport kommer dessa ej att redovisas i detalj, men flera av dem innehåller grundläggande och nyttig information vad gäller utveckling och hantering av framtida åtgärdsplaner.

SFT (Klif) har beskrivit delar av den kompletterade nationella forskningen och de utredningar som pågick under 2000-talet i samband med insamlandet av kunskap inom olika frågeställningar knutna till marina sediment⁵⁷. Flera av projekten har

⁵⁶ http://www.klif.no/program_37068.aspx

⁵⁷ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_04_02.html

varit finansierade av Forskningsrådets program ”Föroreningar: källor, spridning, effekter och åtgärder (PROFO)”⁵⁸. Nedan följer ett urval av relevanta projekt.

- › Utlekking, transport, omdanning og akkumulering av miljøgifter fra deponier til marint miljø (2001-2004)⁵⁹.
- › Stabilitet av forurensede sedimenter (2003-2007)⁶⁰
- › Overdekking av forurensede sedimenter (2002-2004)⁶¹
- › Oppvirvling, spredning og sedimentasjon av forurensete havne-sedimenter (2002-2004)⁶²
- › Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter – med fokus på Kristiansandsfjorden (2002)⁶³
- › Undersjøisk deponering av forurensede muddermasser i marine anoksiske bassenger – effekter av tildekking (2000-2004)⁶⁴
- › Tildekking av forurensede sjøsedimenter (2002)⁶⁵

7.1 Havsområden med varvsverksamhet

Både i havsområden och i anslutning till skeppsvarv i Norge, är havsbotten i de flesta fall förorenade av miljögifter. Runt år 2000 sattes fokus på detta problem och som tidigare nämnts inledde SFT (Klif) då arbetet med ett "Föreläggande om miljöåtgärder i några hamnområden i Norge". Detta var ett föreläggande mot 11 hamnar⁶⁶ för att utarbeta en åtgärdsplan före 1 oktober samma år. Genom de regionala åtgärdsplanerna intensifierades arbetet under de påföljande åren.

År 2003 utförde Norconsult den första nationella kartläggningen av aktiva och nedlagda varv i Norge. Varven ordnades med hänsyn till deras potential till att lokalt förorena närliggande sedimenten.

Miljödepartementet ålade SFT (Klif) att utreda föroreningssituationen vid varven för att värdera behovet av eventuella åtgärder. En ny översikt över existerande och nedlagda varv längs hela Norges kust sammanställdes därefter år 2005.

⁵⁸ Forurensninger: kilder, spredning, effekter og tiltak (PROFO),
http://energi21.com/prognett-profo/Om_programmet/1231248921579

⁵⁹

<http://energi21.com/servlet/Satellite?c=Prosjekt&cid=1193731564414&pagename=profo/Hovedsidemal&p=1231248921603>

⁶⁰ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_04_02.html

⁶¹ http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1957/ta1957_04_02.html

⁶² <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1869/TA1869.pdf>

⁶³ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1864/ta1864.pdf>

⁶⁴

<http://energi21.com/servlet/Satellite?c=Prosjekt&cid=1193731554294&pagename=profo/Hovedsidemal&p=1231248921603>

⁶⁵ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1865/TA1865.pdf>

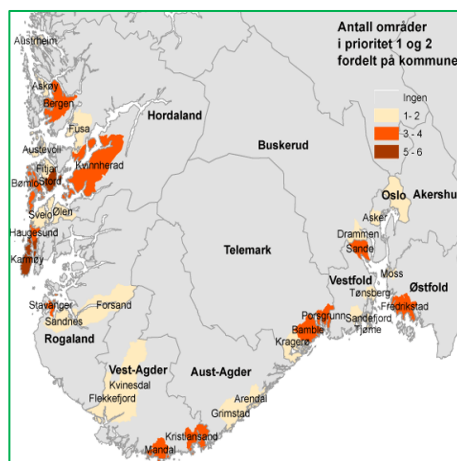
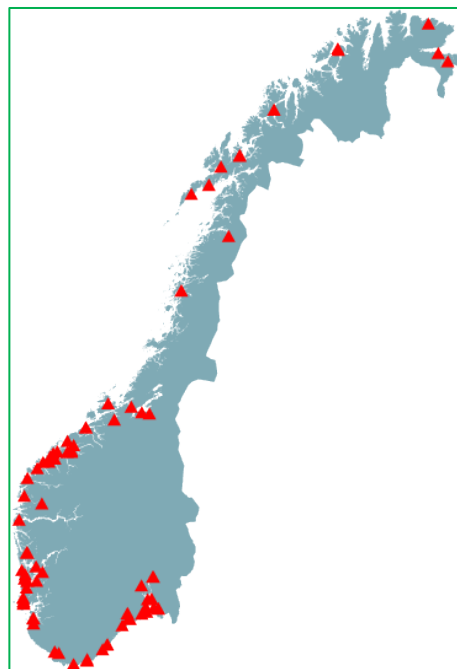
⁶⁶ <http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/havner-paalegg.htm>

Databasen innehåller upplysningar om 430 skeppsvarvsområden, och utgjorde en grund för att värdera den reella potentialen för spridning av föroreningar från varven. Nya insamlade data kopplades till tidigare insamlad data i SPFO (Statlig Program for Forurensningsovervåking) och JAMP¹¹ samt från lokala och regionala miljömyndigheter. Totalt utgörs det relevanta datamaterialet av ca 900 prover och 20 000 enskilda analyser. Totalt 40 av varven bedömdes tillhöra kategori 1⁶⁷ (av SFT/Klif värderad till att ha högst föroreningspotential) och totalt 70 i SFT/Klif:s kategori 2.

I rapport TA-2145/2006⁶⁸ värderas föroreningssituationen kring 144 varvsområden. Resultatet utgjorde grund för det vidare regionala arbetet med att lista områden med skeppsvarv⁶⁹, vilket gjordes 2007, och som resulterade i 109 prioriterade områden⁷⁰.

År 2007 ålades de nedlagda skeppsvarven att genomföra miljötekniska undersökningar samt risk- och åtgärdsvärderingar inom sina påverkansområden. Mot bakgrund av dessa undersökningar har miljömyndigheterna värderat behovet av saneringsåtgärder, och 2010 ålades skeppsvarven att utarbeta åtgärdsplaner för sanering av föroreningar på land och/eller i sedimenten.

Trots att skeppsvarvsbranschen är en dominerande källa till dagens föroreningssituation har få saneringar genomförts. Aker Stord sanerades på eget initiativ år 2001-2002, men flera andra



Detalj kart over områder med skipsverft



Brattevaag skipsverft (foto Aker Yards)

⁶⁷ <http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/dbafile12765.html>

⁶⁸ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/2145/ta2145.pdf>

⁶⁹ http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/skipsverft_prioriterte_fylkesvis2007.pdf

⁷⁰ <http://www.klif.no/Aktuelt/Nyheter/2007/Februar-2007/Undersoker-sjobotnen-ved-skipsverft/>

varv är ännu i ett tidigt skede avseende åtgärder. Detta beror till stor del på att Klif:s tidsfrist gällande slutligt föreläggande av sanering är satt till 1 februari 2016.

7.2 Småbåtshamnar

Klif genomförde under våren 2011 en undersökning i anslutning till småbåtshamnar⁷¹ för att få större kunskaper om miljötillståndet i dessa områden. Undersökningen innefattade endast 13 av de många hundra norska småbåtshamnarna, och endast ett begränsat antal prover togs per hamn. Likväl tyder resultatet på att höga halter av föroreningar är ett problem för många småbåtshamnar, både i marken på land och i sedimenten till havs. Den främsta källan till föroreningar är båtbottnfärger och underhållet av båtskroven.

Senare under hösten 2011 beslutade Klif därför att fokusera starkare på problematiken och flera hundra marinor och småbåtshamnar underrättades brevledes⁷² om deras plikter att förhindra ytterligare spridning av föroreningar. Dessutom påmindes och underrättades alla kommuner om sitt ansvar att förhindra spridning av föroreningar från småbåtshamnarna⁷³.

På grund av ovanstående undersökningar och det allmänna antagandet om att småbåtshamnar alltid har betraktats som potentiella källor till miljögifter, har småbåtshamnar inkluderats i de regionala åtgärdsplanerna som har utarbetats i Norge.

I detta sammanhang kan nämnas att svenska miljömyndigheter har kommit längre i denna fråga än Norge. År 2012 utarbetades en rapport från Havs- och vattenmyndigheten⁷⁴ med krav och riktlinjer för tvättning av fritidsbåtar i



Paddehavet, Oslofjorden (foto Ren Marina)



Foto Klif

⁷¹ <http://www.klif.no/no/Aktuelt/Nyheter/2011/Mars-2011/Mange-smabathavner-er-forurensset/>

⁷² http://www.klif.no/nyheter/brev/2011-1472_smabathaver_batforeninger.pdf

⁷³ http://www.klif.no/nyheter/brev/2011-1472_smabathaver_kommuner.pdf

⁷⁴

https://www.havochvatten.se/download/18.b62dc9d13823fbe78c800015210/B%c3%a5tbotentv%c3%a4tt+HaV+rapport+2012_10.pdf

hamnområden. Ett exempel på en grundläggande svensk studie är rapporten från Sannäsprojektet⁷⁵. Klif hänvisar också till en broschyr som har utarbetats av det Nordiska ministerrådet⁷⁶, där nordiska båtägares och småbåtshamnars miljöansvar beskrivs närmare.

Det norska projektet ”Ren Marina”⁷⁷, som stöts av norska Miljøverndepartementet samarbetar med ”Hav möter Land” och arbetar för att farligt avfall från båtar i marinor och uppläggningsplatser samlas in och omhändertas. Förebyggande arbete för att förhindra föroreningsspridning har genomförts i ett antal norska marinor, men själva arbetet med sanering lär dröja. Ett antal saneringsprojekt har dock genomförts i Norge. Flera av dessa projekt utfördes innan fokus lades på problematiken med just småbåtshamnar, vilket visar att problematiken har varit känd länge. Några exempel på lyckade genomförda projekt är:

- Sanering i småbåtshamnar⁷⁸; Hovedøya⁷⁹, Bestumkilen⁸⁰, Frognerkilen⁸¹ och Paddehavet⁸², som en del av den omfattande saneringen i Oslo hamnområde (Ren Oslofjord), 2006.
- Sanering i Kristiansandsfjorden; Auglandsbukta, Christiansholm och Justvik småbåtshamnar, 2006.

Marinor och småbåtshamner, vilka ofta är starkt förorenade både inom landområden och i sedimenten, utgör generellt en betydande, och ofta en dominerande källa till föroreningar i sedimenten. Kraftigt förorenad havsbotten på grunt vatten, många aktiva föroreningskällor och en återkommande störning av havsbotten leder till att åtgärder ofta är nödvändiga. I åtgärdssammanhang är det viktigt att inte enbart tänka lokalt och per enskild småbåtshamn, utan istället utveckla regionala lösningar på problemen. Enskilda hamnar har heller inte möjlighet att ensamma stå för den ekonomiska kostnaden för genomförandet av hållbara åtgärder. Ett bra exempel på detta är åtgärderna i Kristiansandsfjorden. Det arbetet visar vikten av att tänka regionalt, exempelvis vid etableringen av en central deponi som en del av den heltäckande saneringen. Detta var också en av de grundläggande idéerna med saneringen i Oslo hamnområde, men där var det istället kajområdena som utgjorde problemområdena. Utvecklingen med de regionala åtgärdesplanerna i Norge har varit ett stort steg på vägen. I planerna har man

⁷⁵ http://www.science.gu.se/digitalAssets/1379/1379843_sann--sprojektet-rapporten.pdf

⁷⁶ http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2005-746/at_download/publicationfile

⁷⁷ <http://renmarina.no/hjem/>

⁷⁸ http://www.klif.no/nyheter/brev/oslo_smabathavner_sjobunnoppyrdding151206.pdf

⁷⁹ http://www.renoslofjord.no/s/files/04/35/4/file/oslohavn-brosjyre-a4_mai2008_lores.pdf

⁸⁰ http://www.renoslofjord.no/s/files/24/35/4/file/renoslofjord_a4.pdf

⁸¹ <http://www.renoslofjord.no/s/files/73/35/4/file/frognerkilen.pdf>

⁸² <http://www.renoslofjord.no/smabathavner/>

synliggjort situationen, identifierat källor, påtalat behov mm, och med detta som bakgrund föreslagit olika möjliga lösningar.

I framtiden kommer geografiska regioner (större områden än i de regionala åtgärdsplanerna) med många åtgärdsområden att utforma regionala strategier i form av gemensamma metoder, gemensamma lösningar och gemensamma upphandlingar för att på så vis fördela kostnaderna på fler användare. Det första steget i regionala eller lokala åtgärder är dock att uppnå kontroll över föroreningskällorna samt att eliminera tillförseln av nya föroreningar till sedimenten.

Till exempel kan ett åtgärdsprojekt genomföras så att flera småbåtshamnar saneras och muddras succesivt. På så vis minskas transportbehovet för muddermassor (både på land och till havs), i motsats till att småbåtshamnarna skall genomföra projekten själva. Samordnat bruk av gemensamma resurser, ökad kostnadseffektivitet och färre bieffekter bör vara drivkraften i framtidens projekt.

Vidare bör större fokus läggas vid nyttiggörande av muddermassor ("beneficial use of dredged material"). Muddermassor kan i vissa fall användas direkt i vägarbeten, bullerskydd, täckmassor osv, eller efter behandling. En metod som inte begränsas speciellt av sedimentens föroreningsgrad är till exempel STSO och speciellt HPSS, genom vilken byggmaterial och säljbara produkter kan genereras (se kapitel 9). Genom dessa metoder kan de ansvariga för åtgärderna uppnå ekonomiska vinster knutna till åtgärdsarbetet. Oavsett storleken på en eventuell åtgärd eller antalet åtgärdsområden inom en region, bör modellen med samordnade åtgärdsplaner implementeras.

8 Modell för åtgärdsplaner

Baserat på erfarenheter från internationella aktörer (US EPA⁸³, US ACE⁸⁴, Environment Canada⁸⁵, TNO⁸⁶ med flera) och stora saneringsprogram (ARCS⁸⁷, NJDEP SRP⁸⁸ och FCSAP⁸⁹), har en stegvis modell för framtagandet av åtgärdsplaner för sanering på land och i havsområden utvecklats. I tabell 2 listas de viktigaste delar som en komplett åtgärdsplan bör innehålla. Motellen visar även på vilken nivå i processen du befinner dig vid en viss tidpunkt.

Schemat är uppbyggt så att fördelarna med ett stegvis tillvägagångssätt tydligt framgår, även om de olika huvudelementen i princip kan hanteras för sig eller parallellt. Dock framkommer nedan, där modellen beskrivs tydligare, att huvudelementen fortfarande är starkt knutna till varandra. Exempelvis är det olämpligt att starta värderingen av olika åtgärdslösningar för områden där varken problemet eller området är definierat, eller miljömålen är satta. Det finns många exempel på att viktiga delar såsom ansvarsförhållanden och finansiering diskuteras mycket sent i projekten. I kommande avsnitt kommer de viktigaste punkterna i åtgärdslösningarna att behandlas. Det inledande steget i åtgärdsplanen är avsiktligt relativt omfattande och alla delar bör ges lika stor vikt. Komplexiteten tvingar fram ett behov av att hantera informationen systematiskt.

⁸³ <http://www.epa.gov/>

⁸⁴ <http://www.usace.army.mil/>

⁸⁵ <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=en>

⁸⁶ TNO, Dutch Organization for Applied Scientific Research,
<http://www.tno.nl/index.cfm?Taal=2>

⁸⁷ ARCS, US EPA - Assessment and Remediation of Contaminated Sediments
Program <http://www.epa.gov/glnpo/arcs/EPA-905-B94-003/EPA-905-B94-003.html>

⁸⁸ NJDEP SRP, New Jersey Department of Environmental Protection Site Remediation
Program, <http://www.state.nj.us/dep/srp/>

⁸⁹ FCSAP, The Federal Contaminated Site Action Plan, Canada,
<http://www.federalcontaminatedsites.gc.ca/index-eng.aspx#tab6>

Tabell 2 Stegvis modell för framtagande av åtgärdsplan för miljösanering på land och i havsområden

TRINNVIS MODELL FOR UTVIKLING AV EN TILTAKSPLAN FOR OPPRYDDING		
TRINN 1A - Tiltaksområdet	TRINN 1B - Miljømålsettinger	TRINN 1C - Rammebetingelser
• Tiltaksareal • Matrikkel • Kartverk • Infrastruktur	• Miljømål • Ambisjoner • Pålegg • Restriksjoner	• Loververk • Retningslinjer • Ansvarsforhold • Myndigheter
TRINN 1D – Historikken	TRINN 1E - Kommunikasjonen	TRINN 1F – Finansieringsplan
• Aktivitet utvikling • Kart, plan og foto • Dokumenter • Personmeddelelse	• Allmenheten • Interessenter • Informasjonsplikt • Media	• Egne finanser • Myndighetsbidrag • Fondsmidler • Finansieringsplan
TRINN 2A – Problemformulering		TRINN 2B – Tiltaksalternativer
• Forurensningsstatus • Kilderelasjoner • Supplerende prøver • Lukke datamangler		• Vurdere 5 prinsipper • Utvalg 2-4 metoder • Metodeutvikling • Egnethetsstudium
TRINN 3 – Miljøvurderingsfasen		
• Kost-nyttevurdering • Risiko og effekter • Side-effekter • Gjenbruksalternativer		
TRINN 4 - Testing og beslutning		
• Lab-skala test • Pilot-/demoskala test • Valg av tiltaksalternativ		
TRINN 5 - Tiltaksplanleggingen		
• Lage tiltaksplanen • Entreprise og leverandører • Prosjektorganisasjon		
TRINN 6 - Tiltaksgjennomføring		
• Implementering • Overvåking • Sluttdokumentasjon		

8.1 Steg 1 - åtgärdsområdet

I Norge är inte havsområden knutna till en fastighet, förutom själva strandlinjen vilken är en naturlig del av angränsande markarealer. Det är viktigt att de aktuella åtgärdsområdena definieras och att kartor upprättas. Kartmaterialet bör innehålla all den information som kan ha betydelse för saneringsåtgärden. Områden där de olika åtgärderna skall genomföras i havet, i strandzonen eller i angränsande landtytor bör definieras, och kartorna kommer att ha många funktioner i processen. Speciellt kommer kartorna att underlätta informationen mellan alla de intressenter som är involverade i åtgärdsarbetet, exempelvis konsulter, myndigheter och entreprenörer. Temakartor används vidare i planarbetet och kartorna kan exempelvis omfatta teman såsom:

- › Föreningar indelade i zoner på land och till havs
- › Botten typer, botten- och sedimentförhållanden
- › Hydrografi, vattendjup, strömförhållande
- › Tidvatten och vattenståndsdata
- › Fastighetskartor
- › Infrastruktur, rör, kablar på land och till havs
- › Undervattensinstallationer
- › Ankringsplatser
- › Fisk- och lekområden, skyddade områden



Karttjänster för information, kommunikation och positionering finns bland annat på följande webbsidor:

- › Kystverkets sjökart⁹⁰
- › Statens kartverk⁹¹
- › Norgeskart⁹²
- › Vannstand.no⁹³
- › Mareano temakart⁹⁴
- › NGU temakart⁹⁵
- › Google Maps⁹⁶
- › BLAST prosjektet⁹⁷



⁹⁰ <http://kart.kystverket.no/default.aspx?gui=1&lang=2>

⁹¹ <http://www.statkart.no/>

⁹² <http://www.norgeskart.no/adaptive2/default.aspx?gui=1&lang=2>

⁹³ <http://vannstand.no/>

⁹⁴ <http://www.mareano.no/>

⁹⁵ <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/>

⁹⁶ <https://maps.google.no/maps?hl=no>

⁹⁷ <http://www.blast-project.eu/index.php>

8.2 Steg 1B – Miljömålsättningar

En central del i en åtgärdsplan är att ha tydliga och uppnåbara mål för åtgärden. Målsättningen styrs ofta av regionala och nationella mål och ambitioner såsom:

- › ”Regjeringens Handlingsplan 1992”
- › ”Ambisjoner og prioriteringer” (2000)
- › ”Stortingsmelding nr. 12” (2001-2002)⁹⁸
- › ”Stortingsmelding nr. 14” (2006-2007)⁹⁹



Behovet av hållbar samhällsutveckling har på senare år varit drivkraften för beslut gällande verkställande av saneringsåtgärder. Projekt som leder till att saneringsåtgärder blir aktuellt kan exempelvis vara:



- › Hamnutveckling och fartygstrafik¹⁰⁰
- › Vägprojekt och andra transportprojekt¹⁰¹
- › Näringsliv och kommersiell utveckling¹⁰²
- › Bostadsutveckling samt rekreation och estetisk utveckling¹⁰³

Hittills har miljöproblemen i sig i alltför liten grad varit det som har aktualiserat frågan om eventuella åtgärder.

- › Kostråd från myndigheter¹⁰⁴
- › Förelägganden i enlighet med de regionala åtgärdsplanerna
- › Föreläggande i relation till bransch och industriella utsläpp

⁹⁸ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/20012002/stmeld-nr-12-2001-2002-.html?id=195387>

⁹⁹ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/2006-2007/Stmeld-nr-14-2006-2007-.html?id=441267>

¹⁰⁰ <http://www.oslohavn.no/no/fjordbyen/sydhavna/>

¹⁰¹ <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/Bjorvika>

¹⁰² <http://www.statsbygg.no/Byggeprosjekter/Opera/>

¹⁰³ http://www.oslohavn.no/no/nyheter/2012/Ny+park+og+strand.b7C_wljM4l.ips

¹⁰⁴

http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00018/Ny_rapport_Kosthold_18114a.pdf

I det vidare arbetet med åtgärdsplaner bör miljöaspekterna ha mycket större betydelse och initiativtagarna ska i högre grad själva kunna utforma uppnåbara mål.

Miljömålen i en åtgärdsplan är bland de viktigaste faktorerna. Om målen är vaga eller obefintliga kommer det inte att vara möjligt att genomföra tänkt saneringsåtgärd.

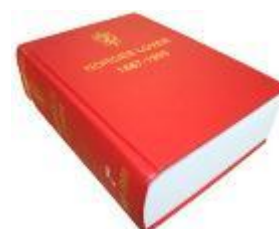


8.3 Steg 1C – Gällande lagstiftning

Föroreningslagen¹⁰⁵ utgör den övergripande lagstiftningen för alla miljöaspekter i Norge. Den är ett miljöpolitiskt styrmedel som används för att motverka utsläpp. Miljörelaterade plikter, ansvar och ägarförhållanden regleras i denna lag. Vidare regleras miljöarbetet av en lång rad föreskrifter, där den viktigaste är Föroreningsföreskriften¹⁰⁶. I kapitel 22 i föreskriften regleras muddring och dumpning. Deponering av muddermassor som slutgiltig lösning regleras även i deponiföreskriften samt i plan- och bygglagen. Åtgärdsarbeten i hav, strandzonen eller på intilliggande landtyr regleras dessutom i ytterligare nationella och internationella lagar, föreskrifter och avtal. Ett urval av dessa listas nedan.

Nationella lagar som är tillämplbara vid åtgärder:

- › LOV 1978-06-09-50 - Kulturminneloven¹⁰⁷
- › LOV 1981-03-13-06 - Forurensningsloven¹⁰⁸
- › LOV 2003-05-09-31 - Miljøinformasjonsloven¹⁰⁹
- › LOV 2008-06-27-71 - Plan og bygningsloven¹¹⁰
- › LOV-2009-06-19-100 - Naturmangfoldloven¹¹¹



Nationella föreskrifter som reglerar åtgärder inom miljöarbetet:

- › FOR-2004-04-05-614 - Oppryddingsforskriften¹¹²
- › FOR 2004-06-01-930 - Avfallsforskriften (m/deponiforskriften)¹¹³



¹⁰⁵ Forurensningsloven, www.lovdata.no

¹⁰⁶ http://www.klif.no/seksjonsartikkel_29296.aspx

¹⁰⁷ <http://www.lovdata.no/all/hl-19780609-050.html>

¹⁰⁸ <http://www.lovdata.no/all/hl-19810313-006.html>

¹⁰⁹ <http://www.lovdata.no/all/hl-20030509-031.html>

¹¹⁰ <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/all/nl-20080627-071.html>

¹¹¹ <http://www.lovdata.no/all/nl-20090619-100.html>

¹¹² <http://www.lovdata.no/ltavd1/filer/sf-20040405-0614.html>

¹¹³ <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20040601-0930.html>

- › FOR 2004-06-01-931 - Forurensningsforskriften¹¹⁴
- › FOR-2006-12-15-1446 - Vannforskriften¹¹⁵

Internationella regelverk som Norge är skyldiga att följa

- › OSPAR-Konventionen (1992)¹¹⁶, se även OSPARCOM¹¹⁷
- › EU:s Vattendirektiv¹¹⁸, se även EU kommissionen¹¹⁹
- › IPPC-direktivet (EU/EØS)¹²⁰, se även EU kommissionen¹²¹
- › EU/EØS Vattendirektiv¹²², se även Vannportalen¹²³



Kapitel 22 i Föroreningsföreskriften, i vilken alla muddringsarbeten regleras, återges i sin helhet nedan:

*Kapittel 22. Mudring og dumping i sjø og vassdrag*¹²⁴

§ 22-1. Virkeområde

Bestemmelsene i dette kapitlet gjelder all mudring fra skip. De gjelder videre all dumping og plassering av materiale fra skip, innretninger og fly samt dumping og plassering av skip. Kapitlet gjelder ikke dumping av innretninger. Bestemmelsene i dette kapitlet gjelder i sjø og vassdrag her i riket. Innen folkerettens grenser gjelder den også i norsk økonomisk sone og på norsk kontinentalsokkel. Kapitlet gjelder i alle farvann for dumping fra norske skip.

§ 22-2. Definisjoner

I dette kapitlet betyr

- a) skip: ethvert sjøgående fartøy uavhengig av om fartøyet har egen drivkraft. Dette omfatter i innretninger,
- b) innretning: installasjon eller annet anlegg som benyttes i petroleumsvirksomheten, uavhengig av om konstruksjonen er fast eller flyttbar. Innretning omfatter også rørledning og kabel benyttet i petroleums-virksomheten,
- c) fly: ethvert luftfartøy, uavhengig av om det har egen drivkraft,
- d) mudring: enhver forsettlig forflytning av masser fra bunnen, herunder slamsuging, forskyvning eller fjerning av bunnsedimenter. Mudring omfatter ikke oppvirvling som følge av normale aktiviteter i sjø eller vassdrag, herunder normal skipstrafikk,
- e) dumping: enhver forsettlig disponering av avfall eller annet materiale i sjø eller vassdrag

¹¹⁴ http://www.klif.no/seksjonsartikkel____29296.aspx

¹¹⁵ <http://www.lovdato.no/ltavd1/filer/sf-20061215-1446.html>

¹¹⁶

http://www.ospar.org/html_documents/ospar/html/ospar_convention_e_updated_text_2007.pdf

¹¹⁷ <http://www.ospar.org/>

¹¹⁸ <http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:EN:HTML

¹¹⁹ <http://ec.europa.eu/>

¹²⁰ http://www.klif.no/artikkel____33840.aspx

¹²¹ <http://ec.europa.eu/>

¹²² <http://www.vannportalen.no/hoved.aspx?m=31139>

¹²³ <http://www.vannportalen.no/hoved.aspx?m=31139>

¹²⁴ <http://www.lovdato.no/for/sf/md/td-20040601-0931-073.html>

med det formål å bringe det av veien, herunder senking av ammunisjon samt senking og etterlatelse av skip. Dumping omfatter ikke disponering av avfall eller annet materiale som er knyttet til eller skriver seg fra vanlig drift av skip, innretning eller fiskeri- og oppdrettsnæring, unntatt når avfallet eller materialet er fraktet bort fra avfallskilden med det formål å bringe det av veien,

- f) plassering av materiale: enhver forsettlig disponering av materiale i sjø eller vassdrag med et annet formål enn materialet opprinnelig er bygd eller konstruert for, og som ikke regnes som dumping.

§ 22-3. Forbud mot mudring

Mudring er forbudt, unntatt når tillatelse er gitt i medhold av § 22-6.

§ 22-4. Forbud mot dumping

Dumping er forbudt. Det kan likevel gis tillatelse i medhold av § 22-6 til dumping av:

- muddermasser, løsmasser og stein,
- skip med metallskrog frem til 31. desember 1998,
- andre skip frem til 31. desember 2004,
- fiskeavfall fra fiskeforedling/prosessering på land,
- annet avfall/materiale i helt spesielle situasjoner hvor deponering på land medfører uakseptabel fare eller skade.

§ 22-5. Plassering av materiale

Det er forbudt å plassere materiale i sjø eller vassdrag for et annet formål enn det opprinnelig ble bygd eller konstruert for, unntatt når tillatelse er gitt i medhold av § 22-6.

§ 22-6. Tillatelse til mudring, dumping og plassering av materiale

Fylkesmannen kan gi tillatelse til mudring, samt dumping som nevnt i § 22-4 første ledd bokstavene a til d, i sjø og vassdrag her i riket. Klima- og forurensningsdirektoratet eller den departementet bemyndiger kan gi tillatelse til dumping som nevnt i § 22-4 første ledd e i sjø og vassdrag her i riket, til plassering av materiale som nevnt i § 22-5, samt til mudring og dumping i norsk økonomisk sone.

Søknad om tillatelse til mudring, dumping eller plassering av materiale skal inneholde de opplysninger som er nødvendig for å vurdere om tillatelse bør gis og hvilke vilkår som skal settes, herunder opplysninger om avfallet/materialet som skal dumpes/plasseres og om bunnforholdene på mudre- og/eller dumpestedet. Ved avgjørelse av søknaden skal det legges vekt på de forurensningsmessige ulemper ved tiltaket sammenholdt med de fordeler og ulemper som tiltaket for øvrig vil medføre. 0 Endret ved forskrift 21 juni 2010 nr. 1073.

§ 22-7. Rapportering

Dersom den myndighet som ga tillatelsen ikke bestemmer annet, skal det innen 6 uker etter avsluttet mudre- eller dumpeoperasjon eller plassering av materiale sendes rapport til denne myndigheten.

§ 22-8. Unntak fra forbudet mot dumping

Forbudet mot dumping gjelder ikke i tilfeller av force majeure på grunn av værmessig belastning eller annen årsak, når menneskeliv er i fare eller sikkerheten til skip, fly eller innretning er truet. Slik dumping skal snarest meldes til Klima- og forurensningsdirektoratet.

0 Endret ved forskrift 21 juni 2010 nr. 1073.

§ 22-9. Tilsyn

Fylkesmannen, Klima- og forurensningsdirektoratet eller den Miljøverndepartementet bemyndiger, jf. § 22-6, fører tilsyn med gjennomføringen av bestemmelsene i dette kapitlet eller vedtak truffet i medhold av disse bestemmelsene.

0 Endret ved forskrift 21 juni 2010 nr. 1073.

Inom ramen för åtgärdsarbeten finns även en rad vägledande dokument som innehåller riktlinjer, riktvärden/klassificeringar och riskvärderingsverktyg. Internationellt förankrade rekommendationer av den här typen är till exempel riktlinjerna från OSPAR (exempelvis konventionens bilaga II, artikel 3 och 9), har

med tiden inarbetats i de nationella norska dokumenten (jämför även kommentarer till muddrings- och dumpningsföreskriften¹²⁵).

Nationella vägledningsdokument:

- › TA-2850/2011 – Forurensset sjøbunn, herunder¹²⁶
- › TA-1979/2004 – Håndtering av forurensede sedimenter¹²⁷
- › TA-2143/2005 – Testprogram for masser for tildekking av forurensede sedimenter¹²⁸
- › TA-2229/2007 – Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (erstatte TA-1467/1997)¹²⁹
- › TA-2802/2011 – Risikovurdering av forurensset sediment (erstatte TA-2230/2007)¹³⁰
- › TA-2803/2011 – Bakgrunnsdokument del A og B med vedlegg¹³¹
- › TA-2817/2012 – Nøkkellindikatorer – Retningslinjer for bruk av beregningsverktøyet¹³²
- › Beregningsverktøyet for risikovurdering¹³³
- › TA 2844/2011 – Forurensset sjøbunn (erstatte 2430/2008)¹³⁴
- › TA 2960/2012 – Håndtering av forurensede sedimenter (erstatte TA-1979/2004)¹³⁵

Vägledningen TA-2802/2011¹³⁰ för riskvärdering av förorenade sediment är utarbetad för att kunna användas av bland annat handläggare på myndigheter, de ansvariga för föroreningen, konsulter med flera. Vägledningen är ett verktyg för att bedöma risken för miljöskada eller risken för spridning av föroreningar från ämnen i sediment i deras nuvarande tillstånd. Riskvärderingen utgör en viktig grund inför beslut om miljöåtgärder i sedimenten. Vägledningen utgör också ett viktigt hjälpmedel för att avgränsa och särskilja olika förorenade områden när konkreta planer för eventuell sanering skall utarbetas. Den inledande, informativa beskrivningen av hur vägledningen är uppbyggd och hur den skall användas, kan användas av alla inblandade. Själva genomförandet av riskvärdering i enlighet med vägledningen kräver dock vanligen att expertkompetens tillkallas.

¹²⁵ http://www.klif.no/artikkel____34881.aspx

¹²⁶ <http://www.klif.no/publikasjoner/2850/ta2850.pdf>

¹²⁷ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1979/ta1979.pdf>

¹²⁸ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/2143/ta2143.pdf>

¹²⁹ <http://www.klif.no/publikasjoner/2229/ta2229.pdf>

¹³⁰ <http://www.klif.no/publikasjoner/2802/ta2802.pdf>

¹³¹ <http://www.klif.no/publikasjoner/2803/ta2803.pdf>

¹³² <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2012/Januar/Nokkelindikator-for-det-nasjonale-arbeidet-med-forurensset-sjobunn/>

¹³³ http://www.klif.no/skjema/ta2817_beregningsverktoy.XLSM

¹³⁴ <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Okttober/Forurensset-sjobunn/>

¹³⁵ <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2012/September/Veileder-for-handtering-av-sedimenter/>

Vägledning TA 2960/2012¹³⁵ för hantering av sediment ger en översikt över arbetssätt och gällande regelverk, och beskriver hur åtgärder i sediment bör planeras med hänsyn till resultat av undersökningar och övervakning, vilka åtgärdsmetoder som kan vara aktuella och hur förorenade sediment kan omhändertas.

Vägledningen gäller alla sediment, och metoderna är likartade såväl för stora saneringsprojekt i förorenade sediment som för mindre muddringar. Principerna gäller även för arbeten i insjöar och vattendrag. Vägledningen är i hög grad uppbyggd med hjälp av elektroniska länkar och består av tre delar där:

- Del 1 ger en kort översikt över arbetsgång och processen med arbeten i sediment
- Del 2 beskriver de olika stegen i processen
- Del 3 ger fördjupning i de centrala frågorna i processen

Saneringsansvar regleras i lagen och knyts framför allt till markägaren. Som tidigare nämnts kan man i Norge vanligen inte äga ett vattenområde, vilket leder till att ansvars- och ägarförhållanden ofta är otydligt. I princip kan ansvar för farleder och havsområden (varvsområden, småbåtshamnar, hamndistrikt) läggas på de som brukar områdena, eller till staten. Ofta är intresset för att använda ett havsområde som aktualiserar frågan om eventuella åtgärder.

Olika typer av områden kräver olika metodik och åtgärder, bland annat beroende på hur stort de förorenade området är, vilken skada miljögifterna orsakar i området, i vilken grad föroreningarna sprids vidare till nya områden, samt vilka tekniska lösningar som är bäst lämpade för området och hur tydliga ansvarsförhållandena är.

Avsaknad av riktvärden kan göra det svårt att sätta upp resultatmål för en sanering. Även i situationer när de juridiska förhållanden samt ägar- och ansvarsförhållandena är oklara är det viktigt att ha en god dialog med miljömyndigheterna.

8.4 Steg 1D – Historisk genomgång

Den fjärde delen av Steg 1 innefattar en genomgång av åtgärdsområdets historik, där alla aktiviteter inkluderas såsom verksamhetsutövare, infrastruktur, utsläppshistorik osv. Ofta har strandlinjen förändrats genom åren, speciellt i stads- och hamnområden. Ofta deponerades avfall i strandzonen, vilket så klart



Bjørvika på 1800-tallet. Bordtomta i forgrunnen, "Brinchekrana" til venstre og T ollbodbrygga og Langbrygga med sjøboder til venstre (Maleri fra 1890).

innebär potentiella föroreningskällor. Sådana förhållanden kan påverka möjligheterna för val av strandkantdeponi som åtgärdslösning.

Inom ramen för den historiska redogörelsen är en viktig del att studera äldre kartor över området, ritningar, foton och eventuella flygfoton. Särskilt viktigt är det i de fall de planerade åtgärderna har slutgiltiga lösningar som berör landområden.

Syftet med den historiska genomgången är att avslöja områden med potentiella källor och potentiella områden med förhöjt föroreningsinnehåll. Mycket av den information som krävs för att klarlägga ett områdes historia finns i kommunernas arkiv (plankartor, bygglov osv).

8.5 Steg 1E – Kommunikation

Kommunikation, såväl internt som externt, är en viktig del av ett åtgärdsprojekt. En plan för hur information skall förmedlas bör därför utarbetas.

En plan av denna typ innehåller rutiner för dem som förmedlar informationen, projektets mål, status, framsteg, resultat osv. Det är viktigt att klargöra vem som pratar med myndigheter, vem som talar med media osv. Det är särskilt viktigt att alla berörda som önskar information, såsom allmänheten och de närboende, får den informationen på bästa möjliga sätt. Detta regleras även i lagen om miljöinformation.

Ett bra exempel på hur informationsflödet kan organiseras är Bjørvikaprojektet¹³⁶ där E18 lades om genom en sänktunnel i Oslo hamn. Verksamhetsutövare för åtgärden var Statens vegvesen, som upprättade en webbplats där all relevant information lades ut fortlöpande (planer, miljödokument, dokumentarkiv osv.) Webbplatsen hade också en egen sida för de närboende.

Ett enkelt men mycket effektivt sätt att informera på är genom att utforma informationsbroschyrer eller faktablad för ett åtgärdsprojekt. En karta och ett par illustrationer kan vara ett bra sätt att förmedla miljöinformationen på. Ett exempel på detta är miljöinformationen¹³⁷ från pilotprojektet i Trondheims hamn.

8.6 Steg 1F – Finansiering av projektet

Inom arbetet med förorenade områden gäller principen ”förorenaren betalar”. Denna princip gäller även för föroreningar i sediment. I de flesta fall kan de företag som hålls ansvariga för ett utsläpp också utpekas som förorenare. Verksamheter som leder till att förorenade sediment virvlar upp och möjliggör föroreningsspridning kan dock även definieras som förorenare.

¹³⁶ <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/Bjorvika>

¹³⁷ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Brosjyre.pdf>

Ofta är det svårt att klargöra vem som är ansvarig för en förorening. Verksamheten i området är kanske nedlagd, eller så är flera verksamhetsutövare oeniga om vem som är ansvarig för föroreningen. Att reda ut ansvarsförhållanden är därför en stor utmaning (se Steg 1C - gällande lagstiftning). I de fall det inte är möjligt att utreda vem som är ansvarig, eller där det endast klarläggs vem som är ansvarig för delar av föroreningen, kan staten vara med och finansiera saneringsåtgärderna.

Oavsett vem som ska betala ett saneringsprojekt, bör en finansieringsplan påbörjas tidigt i processen. Det är viktigt att klargöra ansvarsfördelning, vem som skulle kunna vara bidragsgivare, samordning av finansieringen ("multi client – multi purpose"), möjligheterna till lån och andra anslag, den egna finansieringen osv.

Principen Superfund¹³⁸ som utvecklades för att hanteras av centrala miljömyndigheter (jämför US EPA superfund) är en bra modell för att hantera kostsamma saneringsprojekt.

8.7 Steg 2A – Problemformulering

Den historiska genomgången i fas 1 i modellen, med bakgrundsinformation, tidigare rapporter och annat material, ger en första inblick i omfånget av föroreningsproblematiken i det planlagda åtgärdsområdet. Detta kan verka självklart, men vid närmare eftertanke harmoniserar detta väl med det nationella tillvägagångssättet.

När besluten om att öka antalet saneringar i havsområden togs för ca 10 år sedan förstod man att dataunderlaget var bristfälligt och långt från tillräckligt. På grund av detta utarbetades de regionala åtgärdsplanerna.

Det existerande informationsunderlaget och kompletteringar av detta är centralt i åtgärdsplaneringsmodellen. Följande delar skall utvärderas:

- › Källor och sambandet mellan olika källor
- › Biologisk data
- › Kemisk data
- › Fysisk data
- › Kunskapsluckor

Behovet av att lokalisera och kontrollera föroreningskällorna inom ett område behöver ingen närmare förklaring och kommer inte att tas upp vidare här. Däremot skall behovet av kompletterande data värderas enligt ovanstående. Avsikten med detta att täppa till alla kunskapsluckor så att man kan formulera en slutgiltig problemställning. En tendens i Norge fram till nu har kanske varit att fatta viktiga beslut avseende miljösaneringar, utan att basera besluten på kemisk data. Detta har

¹³⁸ Superfund , Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act of 1980 (CERCLA), <http://en.wikipedia.org/wiki/Superfund>

skett exempelvis när miljöförhållandena är den motiverande faktorn. Det kan till exempel leda till att ett stort saneringsprojekt genomförs utan att någon egentlig positiv effekt uppnås.

Det kan också tänkas att de miljögifter som man väljer att analysera i sedimenten inte tas upp av organismer i området. Därigenom blir exponeringen för människor liten, exempelvis via intag av fisk. Höga koncentrationer av ej ackumulerbara miljögifter i sediment behöver därför inte per automatik leda till att kostsamma saneringar är nödvändiga.

Ändå kan sediment innehålla miljögifter som ej har kvantifierats och som kan ge andra typer av biologiska effekter. Kunskapsluckorna bör därför i högsta möjliga mån täppas till genom att tillräckliga kemiska, fysiska och biologiska undersökningar genomförs. En metod är att använda så kallade Bio Assays, där sedimentens giftighet för organismerna testas, istället för enbart kvantifiering av kemiskt innehåll. Metoden kan jämföras med den norska metoden hel-sedimenttest. Metoderna presenteras nedan.

När tillräckligt mycket data finns insamlat skall problemställningen värderas mot de preliminära miljömålen som formulerades i Steg 1, samt mot gällande lagstiftning. När den slutgiltiga problemställningen är definierad kan miljömålen justeras så att de förefaller som rimliga, acceptabla och nåbara. Därefter kan valet av bästa möjliga åtgärdslösning ske, så att önskat resultat och effekt kan uppnås.

8.8 Steg 2B – Åtgärdsalternativ

Detta steg i modellen omfattar en inledande, detaljerad genomgång av alla potentiella åtgärdsalternativ som kan leda till att målsättningarna med åtgärden uppnås. I detta skede skall ingen hänsyn tas till begränsande faktorer såsom metodens kostnadsnivå, tillgänglighet eller behov av justering av metoden.

De olika åtgärdsalternativens lämplighet beror i hög grad på den föreliggande värderingen av miljön, vilken utgår från den så kallade Risktriaden, se nedan.

De olika åtgärdsalternativen behandlas inte här då det tas upp i detalj senare i denna rapport. Genomgången bör mynna ut i att 2-4 likställda åtgärdslösningar har valts ut.

8.9 Steg 3 – Miljövärdering

I det inledande skedet av en åtgärdsplan bör alltid Risktriaden alltid gås igenom. Risktriaden består av tre delar:

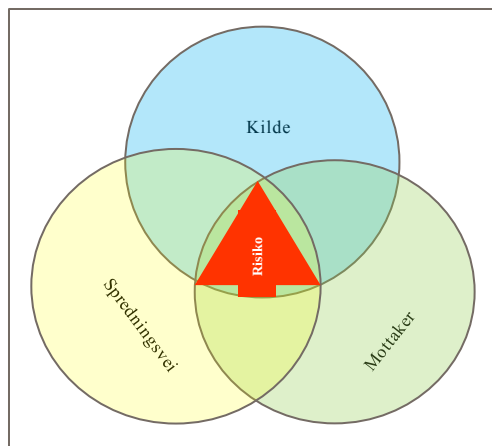
- › Föroreningskälla
- › Spridningsväg
- › Skyddsobjekt

När alla tre delarna finns inom ett objekt finns också en miljörisk. Om en av

delarna tas bort, exempelvis att källan elimineras eller att spridningsvägarna stryps, så försvinner också risken.

Likasa om skyddsobjekt saknas så finns per definition ingen miljörisk. I det fall skyddsobjekt saknas så bör det nog övervägas huruvida saneringsåtgärder är nödvändiga. Följande delar skall dessutom ingå i en miljövärdering, Fas 3.

- Risker och effekter
- Sidoeffekter
- Möjligheterna för återvinning
- Kostnad kontra nytta



Ett nationellt riskverktyg för förorenade sediment¹³⁹ har utarbetats, vilket nämndes kort under Steg 1C - gällande lagstiftning. Analysen bör genomföras inom Steg 3 i processen och resultaten kan ligga till grund för utvärdering av behovet av ytterligare biologiska effektstudier. Själva riskvärderingen och de norska hel-sedimenttesterna kan i sig själva ses som delstudier av förväntade effekter, men behovet av ytterligare data kan i praktiken vara större. Exempel på studier är försök med upptag och utsöndring av miljögifter, akut och kronisk förgiftning samt biomarkörer. Även omfattningen av sidoeffekter bör utredas. Sidoeffekter är allt som kan ha negativ inverkan på åtgärdsområdet under genomförandet. Detta kan exempelvis vara hur lång tid åtgärden tar, buller, försämrad framkomlighet, luktproblem, damning, avrinning eller transporttekniska faktorer. Ett exempel på hur en negativ sidoeffekt kan minskas är att man istället för att köra 1000 lastbilar med sediment genom ett samhälle kör 20 pråmar med samma mängd sediment sjövägen.

En positiv sidoeffekt kan vara möjligheten att återvinna sedimenten. Förorenade sediment som genomgår kemisk, biologisk eller mekanisk behandling kan i vissa fall nyttjas som en resurs. Alternativa lösningar som innefattar återvinning kan vara avgörande för val av åtgärds metod.

De preliminära åtgärdsalternativen skall slutligen värderas med hänsyn till kostnadseffektivitet och nytta för miljön. En enkel analys av kostnaderna kontra nytta innefattar en värdering av huruvida en åtgärds lösning är allmänt accepterad, miljömässigt motiverad och ekonomiskt försvarbar. Avgörande för rangordning och val av metod kommer att vara miljönyttan med att genomföra åtgärden, men också hur stora sidoeffekterna blir samt möjligheterna till återvinning. Ett exempel på en teoretisk analys av kostnad kontra nytta visas i tabell 3 nedan.

¹³⁹ <http://www.klif.no/publikasjoner/2802/ta2802.pdf>

Tabell 3 En teoretisk analys av kostnad kontra nytta samt rangordning av fyra åtgärdsalternativ

Tiltaksløsning	Allment aksept	Miljømessig aksept	Økonomisk forsvarlig	Miljøgevinst %-løsning	Side- effekter	Gjenbruks- verdi	Rang
Nullalternativet, la ligge og overvåke, naturlig overdekking over tid	Nei	Nei	Ja	0 %	Ingen	Ingen	4
Tildekke der sedimentene ligger, transport overdek-kingsmasse, overvåking	Ja	Ja	Tja	80 %	Få	Ingen	1
Mudring, transport sjø, dypdeponering i sjø, overdekking, overvåking	Ja	Tja	Tja	90 %	Moderat	Ingen	2
Mudring, transport sjø og land, pumping og av-vanning, deponi, mm.	Ja	Ja	Nei	100 %	Mange	Ja	3

Teoretisk sett så är övertäckning av de förorenade sedimenten i exemplet ovan det alternativ som är bäst. Alla förutsättningar har dock inte värderats i analysen, exempelvis entreprenaderna, användning av resurser och utrustningskostnader.

Åtgärdslösningar som ges en eller flera nej i analysen ovan skall helst inte väljas.

8.10 Steg 4 – Tester och beslut

När de första tre stegen i modellen är genomförda skall man normalt ha kommit fram till ett alternativ som uppfyller målen med åtgärden. Det förorenade området är tydligt avgränsat, ansvarsförhållandena är utredda, en kommunikationsplan är upprättad, finansieringen klarlagd och projektledningen tydlig.

I de fall det finns behov av att utveckla eller anpassa metoden, om erfarenheterna av metoden är liten eller om metodens lämplighet fortfarande är oklar, skall tester av metoden genomföras. Testerna kan genomföras på tre olika nivåer:

- › Laboratorietester eller småskaliga test
- › Pilottest eller medelstora test
- › Demonstrationer eller storskaliga tester

Laboratorietester kan exempelvis vara tester knutna till avvattnings av sediment, läckage av föroreningar, dosering och sammansättning av bindemedel vid stabilisering eller val av bakteriekultur. Pilottester görs vanligen på en mer övergripande nivå och omfattar vanligen mer praktiska förutsättningar såsom pumpegenskaper eller avvattningshastighet.

Demonstrationer omfattar storskaliga tester, såsom muddring och dumpning av ett specifikt sediment, där målsättningen är att se att arbetet fungerar som det är tänkt. De fem nationella pilotprojekten var alla kombinationer av pilottest och demonstrationsprojekt. En annan storskalig demonstration genomfördes i Oslo hamn. Där testades övertäckningsproceduren innan själva deponeringen påbörjades. Ytterligare ett exempel på tester beskrivs i det internationella projektexemplet från åtgärderna som gjordes vid Palos Verdes i USA.

8.11 Steg 5 – Åtgärdsplan

Detta steg i modellen innefattar utarbetandet av själva åtgärdsplanen, dvs ett dokument där det i detalj redogörs för hur åtgärden skall genomföras från början till slut. Vem som skall göra vad, var, hur och när skall framgå. Alla nödvändiga akademiska och tekniska data, kartmaterial och specifikationer till entreprenören skall biläggas åtgärdsplanen. Planen skall också innehålla kontrollprogram vilket skall kunna löpa före, under och efter åtgärden.

Åtgärdsplanen skall vara slutgiltig och baseras på noggranna analyser, undersökningar och värderingar knutet till alla delar av åtgärden.

I de nationella fullskaleprojekten som beskrivs senare i detta dokument finns goda exempel på hur en åtgärdsplan kan se ut.

8.12 Nationell status – detta är genomfört

I följande kapitel sammanfattas miljömyndigheternas åtgärdsarbete fram till och med idag. Denna information har tagits med i manualen för att visa till vilken grad detta genomförda arbete överensstämmer med modellen som är beskriven i ovanstående kapitel.

Arbetet med förorenade marina sediment i hamnar och fjordar längs Norges kust har pågått och intensifierats de senaste 10-15 åren. Sanering av förorenade sediment är dyrt och ansvarsfördelningen är ofta svår, om en ansvarig ens kan pekas ut. På grund av kostnaderna ställs höga krav på dokumentation av problem och effekter av genomförda åtgärder.

Hittills har myndigheternas arbete med förorenade sediment därför i hög grad inneburit att få en överblick över problemets omfång och att öka kunskaperna kring värderingar och genomförande av åtgärder. Ett fåtal saneringar har genomförts, bland annat i de pågående pilotprojekten. De aktiviteter som fram till nu har genomförts kan grovt delas in i tre delar:

- › Kartläggning av problemet
- › Förbättra beslutsunderlaget
- › Genomföra sanering

8.12.1 Kartläggning av problemet

En omfattande generell kartläggning av föroreningsnivåer i sediment och marina organismer längs Norges kust har genomförts. Undersökningen har bland annat lett till att kostråd avseende intag av fisk och skaldjur har tagits fram för en del områden.

Genom arbetet med de regionala åtgärdsplanerna har dataunderlag från kartläggningen kompletterats och jämförts med information om källor i områdena, och vidare uppföljning kommer i en första omgång att riktas mot de områden där föroreningsproblemen är som mest allvarliga.

8.12.2 Förbättra beslutsunderlaget

För att utnyttja resurser så effektivt som möjligt och få största möjliga miljövinst med valda åtgärder, är det viktigt att ha goda kunskaper om effekter av miljögifter samt effekterna av olika åtgärder. Ett antal forsknings- och utredningsprojekt har genomförts för att få bättre kunskap inom dessa områden. Pilotprojekten har varit viktiga i denna bemärkelse. Kunskapsbasen som de har bidragit med har och kommer, vid flera tillfällen, att vara en förutsättning för att komma från undersökningsfas till saneringsfas.

8.12.3 Genomföra sanering

Fram till nu har endast ett mindre antal saneringsprojekt genomförts med enda avsikten att minska miljöbelastningen från de förorenade sedimenten. Flera mindre saneringar har istället kommit i stånd i samband med utbyggnadsprojekt, där man har varit tvungen att ta bort förorenade sediment för att kunna genomföra projekten.

9 5 huvudprinciper för en åtgärd

Alla kända åtgärdsalternativ för förorenade sediment kan klassas in under 4 av de 5 huvudprinciperna:

- › Nollalternativet
- › Isolera in situ
- › Behandla in situ
- › Avlägsna och isolera
- › Avlägsna och behandla

Under var och en av dessa principer finns en rad olika tekniker, där flera tekniker i grund och botten är en alternativ lösning under flera av principerna. Nedan beskrivs de olika teknikerna i detalj.

Tekniker och metoder är huvudsakligen utvecklade i andra länder än i Norge, och långt ifrån alla de tekniker som presenteras här är tillämpbara i norska förhållanden. Ändå tas dessa tekniker upp i manualen, eftersom det anses viktigt att de som läser manualen får en inblick i det breda spektra av åtgärdsmetoder som finns. Det begränsade antal av praktiskt tillämpbara tekniker i Norge stämmer väl överrens med myndigheternas ståndpunkter inom det nationella åtgärdsarbetet.

Följande text är ett utdrag från Klifs webbsida:

"I dag benyttes i hovedsak to metoder for opprydding i forurensede sedimenter:

- *De forurensede sedimentene fjernes fra sjøbunnen ved mudring og plasseres i et godkjent deponi.*
- *De forurensede sedimentene tildekkes med rene masser, slik at det dannes en ny, ren sjøbunn over dem.*
- *Rensing av sedimenter i et typisk norsk oppryddingsprosjekt vil i dag være omtrent dobbelt så dyrt som et tildekkings- eller mudrings- og deponeringsprosjekt.*

En rekke teknologier for rensing av sedimenter er under utvikling. Slike tiltak er foreløpig mye mer omfattende og kostnadskrevenne enn de nevnte metodene som brukes i dag.

Det nationella åtgärdsarbetet innefattar kartläggningsprogram, de regionala åtgärdsprogrammen, det nationella sedimentrådet, forskning och utveckling, de strategiska pilotprojekten och fullskaliga saneringsprojekt. Resultatet har mynnat ut i att det i Norge kan sägas finnas fyra olika principer för åtgärder, nämligen:

- › Övertäckning
- › Muddring
- › Deponering
- › Rening

Enligt detta norska system beskrivs muddring som en egen åtgärdsprincip, men muddring är egentligen bara en del av en åtgärd som innebär transport av massor till en annan plats, samt vanligen dumpning, och innebär därför ingen slutgiltig lösning. Därför behandlas muddringsmetoder i ett eget avsnitt i detta kapitel.

9.1 Nollalternativet

Nollalternativet¹⁴⁰ beskriver en situation där utgångspunkten är att ingen åtgärd vidtas. Föroreningssituationen är känd, men av olika anledningar väljer man att låta de förorenade sedimenten ligga där de ligger.

Trots det kan det under nollalternativet definieras en lång rad aktiviteter och villkor som kan genomföras utan fysiska ingrepp i sedimenten. Dessa kan på kort eller lång sikt hindra oönskad exponering av miljögifterna som lagras i sedimenten. Exempel på ”åtgärdslösningar” som passar in under nollalternativet är bland annat

- › Kontroll över källan
- › Natural Attenuation (Naturlig nedbrytning)
- › Naturlig sedimentation
- › Trafikrestriktioner
- › Kostråd
- › Övervakning

Alla alternativ ovan är relaterade till Risktriaden, på så vis att riskelementen kontrolleras eller på sikt elimineras. Nedan beskrivs vad de olika ”åtgärderna” innebär.

9.1.1 Kontroll över källan

Den viktigaste åtgärden för att hindra problemen med förorenade sediment är att stoppa utsläppen till havet, dvs uppnå kontroll över källan, eller genomföra sanering av källan. Det är också en förutsättning att man har kontroll över källorna på land innan man startar eventuella saneringar till havs om området inte skall

¹⁴⁰ Internationellt motsvarar denna princip "No Further Action"

återkontamineras. I arbetet med kontroll av källan och sanering används följande grupperingar (exempel eller definition inom parentes):

- Punktkällor (utsläpp från avlopp)
- Diffusa källor (avrinning från ett kajområde)
- Primära källor (punktutsläpp)
- Sekundära källor (ett lager i sedimentet)
- Aktiva källor (ett fysiskt utsläpp)
- Passiva källor (en potentiell framtida mobilisering)

9.1.2 Övervakad naturlig nedbrytning

I vissa fall kan det vara i princip omöjligt att ta bort, isolera, eller behandla förorenade sediment på ett tillfredställande sätt. Exempelvis kan det vara omöjligt att genomföra en traditionell åtgärd under ett kajområde eller kring en installation i kajområdet. I dessa fall kan ”saneringen” istället genomföras genom naturlig nedbrytning. Naturlig nedbrytning kan också tillämpas för de resterande föroreningarna efter en genomförd sanering. Begreppet innefattar en lång rad naturligt styrda processer såsom:

- Naturlig biologisk nedbrytning
- Dispergering
- Utspädning
- Sorption
- Avdunstning
- Radioaktiv nedbrytning
- Kemisk eller biologisk stabilisering
- Naturlig omvandling
- Naturlig destruktion



Sedimenter fra Kristiansandsfjorden

Övervakad naturlig nedbrytning har haft ett stort fokus i USA efter det att stora saneringsprojekt som genomfördes under 1980-talet avslutades. För mer information om dessa processer (dock ej uteslutande gällande sediment) rekommenderas följande webbsidor och dokument:

- US Geological Survey (webbplats inklusive 35 referenser)¹⁴¹
- US Environmental Protection Agency, (webbplats inklusive 37 referenser)¹⁴²
- US Army Corps of Engineers¹⁴³

¹⁴¹ http://toxics.usgs.gov/definitions/natural_attenuation.html

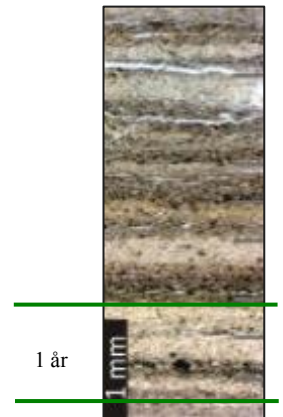
¹⁴² <http://www.epa.gov/ada/gw/mna.html>

¹⁴³ <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/crirr96-1/crirr96-1.pdf>, och <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/trserdp99-1.pdf>

9.1.3 Naturlig sedimentation

Koncentrationen av ett miljögift i ett sediment bestäms i hög grad av utspädningen och sedimentationshastigheten. Förorenade sediment i områden med naturligt hög sedimentationshastighet har därmed endast en moderat potential som föroreningskälla.

I de norska fjordområdena är den naturliga sedimentationshastigheten dock låg, enbart ca 1-5 mm/år. Orsaken till den låga sedimentationshastigheten är bland annat att bäckar och älvar utgör stora sedimentationsfällor längs vattnets väg från erosionsområden längre in i landet.



9.1.4 Trafikrestriktioner

Ett effektivt sätt att minska potentiell exponering av miljögifter är att införa restriktioner för trafik genom det förorenade området. På land kan ett förorenat område stängslas in och tillträde förbjudas. Trafikrestriktioner i ett havsområde hindrar fysiska effekter på de förorenade sedimenten på så sätt att uppvirvling från båt- och fartygstrafik minskar. Restriktionerna behöver inte begränsas till trafik, utan kan även omfatta restriktioner om bad och annan rekreation.

9.1.5 Konsumtionsråd

Råd om konsumtion av fisk och skaldjur som fångas inom ett åtgärdsområde kan vara ett effektivt styrmedel för att förhindra att miljögifter överförs till människor, se även avsnitt 2.4.

9.1.6 Kontrollprogram

I samband med genomförandet av en saneringsåtgärd är det viktigt att se till att föroreningarna inte sprids så att nya föroreningskällor uppstår. Risken för den typen av spridning måste värderas noga inför en saneringsåtgärd. Om risken för spridning vid en åtgärd är stor, men risken för spridning är liten när sedimenten ligger kvar kan det givetvis vara lämpligt att inte genomföra någon åtgärd. I sådana fall kan ett löpande kontrollprogram inom ligga till grund för nya beslut om risken för spridning ändras eller om saneringstekniken förbättras.

9.2 In situ behandling

In situ behandling innebär att sedimenten behandlas på platsen där de ligger, men utan att stora fysiska ingrepp sker. Kemiska eller biologiska komponenter kan tillsättas för att på olika sätt förändra miljögifternas sammansättning. Metoderna kan antingen främja någon form av nedbrytning (kemisk eller biologisk), eller ändra miljögifternas sammansättning genom mineralisering, komplexbildning eller minskad mobilitet.

Med specifika kemiska komponenter kan man genom stabilisering och solidifiering¹⁴⁴, tillsättande av polymerer eller genom att konsolidera sedimenten, binda föroreningarna hårdare till sedimenten eller öka sedimentens viskositet. Exempel på in situ behandlingar listas nedan. Olika typer av behandlingar av förorenade sediment beskrivs även i avsnitt 9.4 nedan.

- › Biologisk nedbrytning (mikrobiell)
- › Kemisk omvandling (mineralisering, komplexbildning)
- › Kemisk nedbrytning (oxidation)
- › Kemiska bindemedel (stabilisering och solidifiering)
- › Tillsättande av ytaktiva ämnen (aktivt kol, olivin mm)
- › Jonisk gitterstabilisering (zeoliter)
- › Konsolidering
- › Tillsättande av polymerer

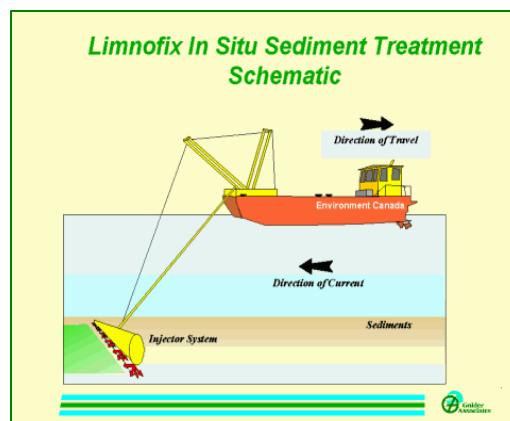
Med undantag av STSO-metoden så har kunskaperna kring olika in situ-tekniker varit begränsad i Norge. Det europeiska nätverket SedNet¹⁴⁵ där Norge deltog (Work Group No. 3, 2002), kom vid det tillfället fram till att biologiska och kemiska behandlingsmetoder endast hade dokumenterats på laboratorienivå, trots att det internationellt finns beskrivningar av många sådana tekniker.

De mer mekaniska metoderna, såsom konsolidering, stabilisering och solidifiering beskrivs däremot av SedNet som framtida lösningar för hantering av förorenade sediment. Detta stämmer bra så här 10 år i efterhand, med den utvecklingen som har skett av STSO-teknologin i de nordiska länderna. Dock har kunskaperna och möjligheterna till alternativa metoder också ökat markant under samma tidsperiod.

9.2.1 Biologisk och kemisk behandling

En väldokumenterad metod är Limnofix¹⁴⁶, även kallad LIST¹⁴⁷. Metoden utvecklades ursprungligen i Kanada med syfte att använda i insjösediment (The Great Lakes).

Metoden går i princip ut på att traditionella näringsämnen såsom konstgödsel, oxidationsmedel eller aktiva bakterier injiceras direkt i sjöbotten. Genomförandet är förhållandevis enkelt och kan användas över stora områden.



¹⁴⁴ STSO-metoden, Stabilisering och solidifiering av sediment

¹⁴⁵ www.sednet.org

¹⁴⁶ www.rtdf.org/public/sediment/minutes/031102/senefelder2.pdf

¹⁴⁷ LIST, Limnofix In Situ Sediment Treatment Technology

Metoden kan med stor sannolikhet lätt implementeras i både lågsalina och marina områden i Norge. Havsvattens höga buffertkapacitet kan dock innebära utmaningar i arbetet med att utveckla pH-beroende anpassningar av metoden. US EPA utarbetade 1998 en internationell litteratursammanställning¹⁴⁸ av olika in situ-behandlingar, där bland annat Limofix-metoden beskrivs i detalj.

En annan metod som är under utveckling är BioBlok®¹⁴⁹, som är ett transportsystem för behandling och/eller övertäckning av förorenade sedimenttytor. Metoden är testad med framgång i laboratorium och på pilotnivå både i Hestekoien, Sandefjord hamn och i Kirkevikken i Byfjorden i Bergen. I syfte att behandla kan olika kemiska och biologiska komponenter, själva eller i kombination, transporteras genom vattenpelaren till den plats man önskar att genomföra behandlingen.

9.2.2 Nedbrytning av TBT¹⁵⁰

År 2009 initierades utvecklingen av en annan innovativ lösning för in situ behandling av förorenade sediment. Kraftigt TBT-förorenade sediment hämtades från Fevikilen i Aust-Agder vilket antogs vara ett lämpligt substrat för extraktion, odling och anpassning av TBT-degraderade bakterier. Projektet genomfördes med internationella samarbetspartners och resultaten från laborieförsöken visade att de nyutvecklade bakteriestammarna lätt kunde utnyttja TBT som huvudkälla för karbonater, det vill säga de kunde få energi genom att bryta ner TBT-molekyler.

Bakteriernas effektivitet testades också under olika förutsättningar, mellan ca 9 - 26 promilles salthalt (konstgjort havsvatten) och temperaturer på 6 -20°C. Även system för att placera ut bakteriekulturen i förorenade sediment har utvecklats. Det kvarstår att testa den nya metoden i ett eget projekt i pilotskala, exempelvis i en starkt förorenad småbåtshamn.

Metoden kan vara lämplig även för förorenade områden i Sverige och Danmark, på grund av salthaltsförhållandena.



Inkubasjon av mikrober for TBT-nedbrytning (Foto R.M. Konieczny)

¹⁴⁸ <http://clu-in.org/products/intern/renhold.htm>

¹⁴⁹ www.biologge.no/bioblok/bioblok-2

¹⁵⁰ TBT, tributyltenn

9.2.3 Stabilisering och solidifiering (in situ)

Olika typer av stabilisering och solidifiering benämns STSO och är metoder som har utvecklats och som har använts frekvent internationellt. Nationellt finns också en del förstahandskunskaper, både genom större utredningsprogram, pilotprojekt och genomförda projekt (se rapport från projektet Stabil grunn 2009¹⁵¹).

Kortfattat innebär metoden att olika bindemedel som har anpassats till de lokala förhållandena tillsätts sedimenten, som förtjockas och härdar sedimenten på relativt kort tid. Man kan skilja mellan att stabilisera (ST) det vill säga att binda upp föroreningarna kemiskt, eller att solidifiera (SO) vilket innebär att själva sedimentet härdas. Båda metoderna förhindrar eller reducerar ett efterföljande utläckage av föroreningar från sedimenten. Att höja kunskapsnivån gällande in situ stabilisering av förorenade sediment var ett av målen med pilotprojektet i Trondheims hamn 2001-2004, även om försöken där i realiteten pågick mer eller mindre ex situ. Mer information om det projektet kan hämtas i den handbok som utarbetades inom projektet¹⁵².

De flesta kända internationella och nationella projekt där STSO har blivit implementerat har skett ex situ, dvs där sedimenten har tagits bort och deponerats, vanligen i strandzonen. Metoden beskrivs därför närmare nedan under avsnitt 9.4.7.

Så som situationen ser ut idag i Norge så har utvecklingen gått mot att användning av passiva övertäckningar anses vara den mest optimala lösningen i stora åtgärdsområden. Om de kemiska och biologiska in situ-lösningarna utvecklas mer är svårt att säga, men potentialen för dessa metoder är långt från utredd.

Några av de nya metoderna kommer kanske kunna vara aktuella i mindre områden, till exempel områden med ”hot spots” såsom småbåtshamnar. En möjlig utveckling kan vara att biologiska och kemiska lösningar kombineras med traditionella tekniker för övertäckning, vilket skulle kunna skapa ”intelligenta övertäckningar”.

9.3 Isolera in situ

Att isolera förorenade sediment på platsen där de ligger, så kallad In situ Capping (ISC), kan antingen göras med hjälp av täta lösningar såsom betongmattor eller geotextilier, eller genom lösa massor såsom grus, sand, lera eller specialtillverkade produkter. Möjligheterna med metoden är många och de främjar i hög grad möjligheterna till återanvändning i åtgärdsprojekten.

¹⁵¹ http://www.stabilgrunn.no/uploads/kundefiler/Rap-001-Id_01-SoA-01.pdf

¹⁵² <http://trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Handbok+Stabilisering+og+solidifisering.pdf>

Övertäckning har använts mycket i Norge och är metoder som fortsätter att utvecklas. Deponering av rena lösa massor, eller övertäckning av förorenade sediment har använts ibland annat i följande typer av projekt:

- › Lab- och pilotförsök (Hestekoen i Sandefjord, Kirkeviken i Bergen)
- › Nationella pilotförsök (Hannevika i Kristiansand havn)
- › Demonstrations- och utvecklingsprojekt (Grenlandsfjordene)
- › Fullskaleprojekt (Eitrheimsvågen i Odda, Gilhusbukta i Lier)
- › Kollevågen i Bergen, Hortenkanalen och Oslo hamn

Var och en av dessa övertäckningsprojekt beskrivs kort i följande avsnitt. En kort metodbeskrivning gällande övertäckning med lösa massor följer dock nedan. Övertäckning kan genomföras på tre sätt:

- › Vid dumpning
- › Vid sedimentation
- › Vid nedförande till botten/utläggning

När starkt förorenade muddermassor ska deponeras kan egentligen enbart den sistnämnda metoden användas, exempelvis vid utläggning så som illustrationen här intill visar. Vidare kan övertäckning ske i huvudsak genom följande två metoder, vilka även kan nyttjas vid övertäckning av sediment som flyttas och deponeras på havsbotten på annan plats, se även avsnitt 9.5:

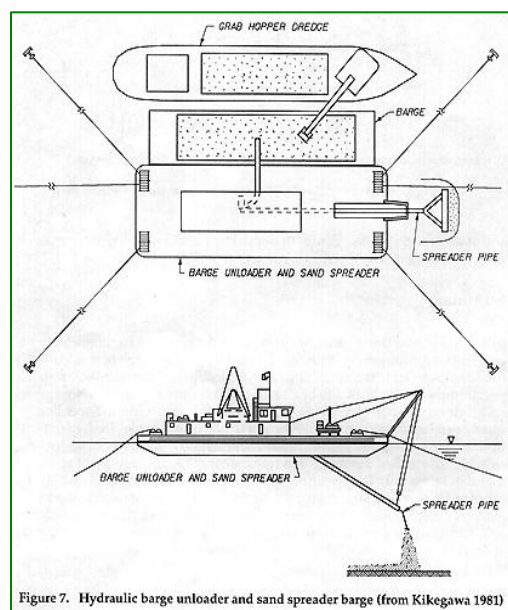
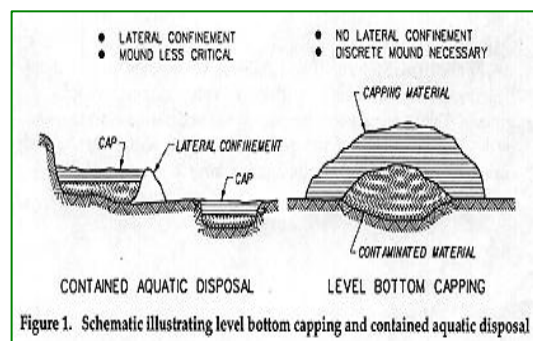


Illustration US ACE

- › Level Bottom Capping (LBC) – Övertäckningen placeras direkt på den förorenade havsbotten.
- › Contained Aquatic Disposal (CAD) – Övertäckningen placeras i en naturlig eller konstruerad deponeringscell på havsbotten.

En LBC kan vara en relativt plan övertäckning eftersom den i princip inte är lateralt avgränsad eller invallad. En CAD kan antingen genomföras i en naturlig försänkning i havsbotten (mjukbotten), i berggrunden (hårdbotten) eller ha annan form som innebär en fysisk barriär omkring de förorenade sedimenten. För mer ingående förståelse för de fysiska och miljömässiga utmaningarna och konsekvenserna av CAD-deponering, samt deponering generellt, finns följande dokument från internationella projekt (utvalda exempel):



Illustrasjon fra US ACE

- › Vedlikeholdsmudring i Bridgeport Havn¹⁵³
- › DAMOS-prosjektet¹⁵⁴
- › Vedlikeholdsmudring og deponering i Boston havn (Boston Harbor Navigation Improvement)¹⁵⁵
- › Opprydding og deponering i New Bedford havn (DMMP-programmet)¹⁵⁶

9.3.1 Principer för övertäckning

På följande vis beskriver de centrala miljömyndigheterna de ovan nämnda åtgärdsmetoderna:

"... de forurensede sedimentene tildekkes med rene masser slik at miljøgifter ikke er tilgjengelige for marine organismer". Hvilken type masser en trenger for tildekkingen er avhengig av hvor utsatt bunnen er for oppvirvling, strøm og spredning.

Minimum mektighet på dekklaget bør være 30 cm. For å unngå at de rene dekkmassene skal synke ned i de forurensede sedimentene (gjelder spesielt ved myk bunn) kan det legges fiberduk over sedimentene.

Tildekking er i enklest på små vanddyp, men er også mulig på større vanddybder. Presisjonen på plasseringen av dekkmassen risikerer imidlertid å bli dårligere".

Övertäckning är i realiteten något mer omfattande och nyanserat än vad som beskrivs ovan. Principen med en övertäckning är att etablera en fysisk barriär som hindrar föroreningarna att överföras från sedimenten till vattenmassan. Denna princip råder oavsett om organismer finns i området eller inte. En övertäckning kan ju även genomföras i syrefria förhållanden.

Det stämmer dock att de hydrografiska förhållandena är en mycket viktig aspekt att ta hänsyn till inför utformningen av övertäckningen. En gyllene regel är att övertäckningar inte ska placeras i områden med starka strömmar eller fartygstrafik. Placering i sådana områden skulle innebära kostsamma övervakningsprogram och frekvent underhåll.

Att övertäckningsmassorna skall vara rena är en sanning med modifikation, då det knappast finns några rena naturliga sediment. Svagt kontaminerade sediment kan nyttjas som övertäckningsmaterial. I dessa fall kan interaktioner mellan havsbotten och övertäckningen potentiellt utgöra en fördel (stabiliserande jämvikt, komplexbildning etc.). En övertäckning kan även bestå av flera olika lager av flera

¹⁵³ <http://www.cga.ct.gov/2010/rpt/2010-R-0417.htm>

¹⁵⁴ <http://www.epa.gov/region1/superfund/sites/newbedford/506004-15.pdf>

¹⁵⁵ http://www.oar.noaa.gov/spotlite/archive/spot_dredge.html

¹⁵⁶ <http://www.epa.gov/region1/superfund/sites/newbedford/506004-18.pdf>

olika material, även schaktmassor från hav, land och industriella processer. Hur tjock en övertäckning skall vara, kan därför inte heller standardiseras.

9.3.2 Norska erfarenheter av övertäckning

Första gången övertäckning testades var i Kristiansand hamn år 1994, där ren sand dumpades i den fria vattenmassan ner över den förorenade mjukbotten. Försöket var inte särskilt lyckat, eftersom havsbotten genomgick en så kallad dynamisk kollaps, vilken genererade en 7-14 meter hög plym av uppgrumlat sediment under vattnet. Plymen rörde sig med en hastighet av ca 1 km/h utöver fjorden.

Ett nytt försök gjordes i Hannevika, i den västra delen av hamnområdet under åren 1996 till 1997. Denna gång dumpades sand på havsbotten, som bestod av 10-12 m tjockt lager av industrislam. Sanden sjönk genom den lösa botten och har därefter inte syns till, vilket illustrerar att massor av olika karaktär sällan befinner sig i samma regim eller är geotekniskt stabila. Resultatet av dessa försök blev att man valde den teknik som hade använts i Kristiansands hamn som ett av de fem pilotförsöken.

I Eitrheimsvågen genomfördes år 1992 ett försök där ca 100 000 m² tungmetallförorenade sediment täcktes över och resterande föroreningskällor avskärmades, bland annat med en spontvägg. Övertäckningen bestod av en geotextil på vilken ca 0,5 m sand lades ut. Hela åtgärden kostade ca 400 NOK/ m², varav själva övertäckningen kostade runt 8 miljoner NOK. I Hortenkanalen, där vattendjupet är ca 2 meter, lades det i början av 1990-talet ut drygt 10 000 m² betongmadrasser på de starkt metallförorenade sedimenten. Övertäckningen kostade totalt ca 350 NOK/ m².

9.3.3 Metodutveckling av övertäckning

I Norge pågår ständigt forskningsprojekt för att utveckla övertäckningsmetoderna. De norska miljömyndigheterna Klif¹⁵⁷ och FM¹⁵⁸ är involverade i detta arbete tillsammans med ett antal aktörer på marknaden. Projektet OPTICAP¹⁵⁹ utfördes i Grenlandsfjordene och var ett forskningsprojekt som skulle öka kunskaperna om lämpliga material och metoder för övertäckning av förorenad havsbotten.

Effekterna av föroreningar från stora havsområden med moderata föroreningsnivåer kan vara större än från mindre områden med höga halter. För att minska detta problem finns det planer på att täcka stora delar av havsbotten i Norska fjordar. Målet med OPTICAP var att optimera metoder för övertäckning med tunna lager. Inom projektet var det därför nödvändigt att inhämta större

¹⁵⁷ http://www.klif.no/nyheter/brev/opticap_ngi020909.pdf

¹⁵⁸ <http://www.fylkesmannen.no/>

¹⁵⁹ <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Opticap/>

kunskap om teknologi för utläggning och effekterna av kemiskt aktiva eller passiva material. Viktiga delmål i projektet var att bidra till att fylla de redan identifierade kunskapsluckorna:

- › Fysiska egenskaper hos övertäckningsmaterialen
- › Fysiska, kemiska och biologiska mekanismer som reducerar effekterna av miljögifter
- › Sekundära negativa effekter av övertäckning på bottenfauna och fjordekosystemet



Foto: NGI

Forskningsarbetet i projektet var uppdelat i tre huvuddelar eller Work Packages (WP).

- › WP 1¹⁶⁰ – Teknik för kostnadseffektiv dumpning och utläggning av olika material i tunna lager vid övertäckning
- › WP 2¹⁶¹ – Miljöeffekterna i sediment och vattenmassa av övertäckningar med tunna lager
- › WP 3¹⁶² – Sekundära negativa effekter på bottenfauna som följd av övertäckning med tunna lager

Slutrapporten för OPTICOM-projektet¹⁶³ kom i september 2012. Följande slutsatser kunde dras gällande utläggning av tunna lager vid övertäckning:

- › Övertäckning kan genomföras vid utläggning av lager <5cm även på vattendjup upp mot ca 100 m.
- › Utläggning av sandiga och grusiga massor kan genomföras med god precision antingen genom nedpumpning via rör eller direkt utläggning från bottentömmande pråmar från ytan (exempelvis delbar pråm eller pråm med fallluckor).
- › Utläggning av aktivt kol kan göras genom att en blandning av kol, salt och lera pumpas ut över havsbotten.
- › Finkorniga övertäckningsmaterial kan läggas ut som en slurry i de fall topografi och strömförhållanden är gynnsamma.
- › Försöken inom OPTICAP är gjorda i pilotskala. Uppgradering till full skala innebär en rad utmaningar för att optimera och kontrollera blandning och

¹⁶⁰ <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Opticap/WP1-Ulike-materialer-som-tildekking/>

¹⁶¹ <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Opticap/Effect-of-thin-caps-on-water-and-sediment-chemical-quality/>

¹⁶² <http://www.ngi.no/no/Prosjektnett/Opticap/Okologiske-sekundareffekter/>

¹⁶³ http://www.ngi.no/upload/Prosjektweb/opticap/Opticap_sluttrapport.pdf

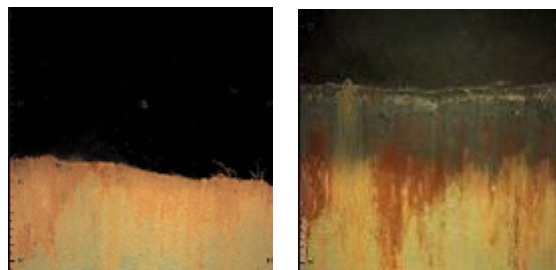
utpumpning av övertäckningsmassor så att jämnast möjliga övertäckning kan uppnås.

Vidare drogs följande slutsatser avseende hur effektivt det är med övertäckning med tunna lager:

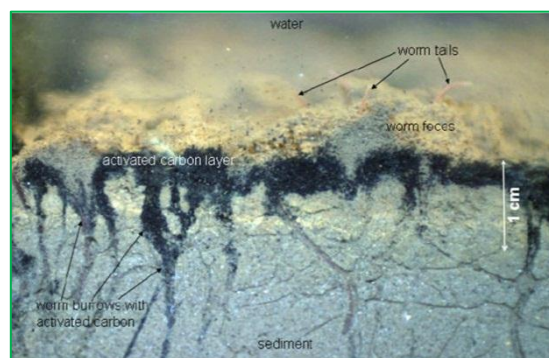
- › Både ökad tjocklek och ökat innehåll av aktivt material är viktigt för hur effektiv övertäckningen är.
- › Både fält- och laboratorieförsök har visat att övertäckning med tunna lager (< 5 cm) kan ge mer än 80 % reducerat flöde och upptag av organiska miljögifter i marina organismer.
- › Fältförsöken har visat att en mätbar god effekt i de fall aktivt täckmaterial har använts. Effektiviteten i de fall där passiva övertäckningsmaterial har använts varierade mer. Detta kan bero dels på varierade förhållanden i försöksområdena och dels på hur effektiviteten har kunnat mätas i fält.

Slutsatser med hänsyn till bieffekter av övertäckning med tunna lager:

- › Övertäckning med tunna lager av vilket material som helst kan ändra bottenfaunans sammansättning och havsbottens ekologiska funktioner.
- › Tester som har utförts på mjukbottensamhällen uppvisade stora skillnader beroende på vilket material som användes vid övertäckningen
- › Övertäckning med krossad kalksten eller lera utan tillsatt aktivt kol gav upphov till mindre förändringar i bottenfaunan jämfört med övertäckning med lera där aktivt kol hade tillsatts.
- › De områden som hade behandlats med lera och aktivt kol uppvisade reducerad biologisk mångfald så länge som undersökningarna pågick (ca 14-20 månader efter övertäckning)
- › Inga betydande effekter avseende nedbrytning av organiskt material och recirkulation av närsalter, vilket är en av sedimentens viktigaste kemiska funktioner, kunde uppmätas efter övertäckningen.
- › LCA-analysen av övertäckning med tunna lager har identifierat att en viktig utmaning är hur man på ett bra sätt kan vikta reducerad biotillgänglighet av miljögifter mot skador på bottenfauna och ökade CO₂-utsläpp.



Fotosnitt i sjøbunn før og etter utlegging av masse (Foto: NIVA)



THINK är ett motsvarande projekt som pågår i regi av Norsk Hydro, och som samordnas med OPTICAP. Även i Sverige sker utveckling av metoder för

övertäckning. CARBOCAP, är ett projekt som leds av Stockholms universitet. Om dessa två sistnämnda projekt finns få referenser.

Metodbeskrivningarna inom ramen för själva deponeringen av muddermassor och övertäckningsmassor i havsområden beskrivs och illustreras på andra ställen i denna rapport, och beskrivs därför inte vidare här.

9.4 Avlägsna och behandla

Principen går ut på att fysiskt ta bort de förorenade sedimenten från havsbotten i åtgärdsområdet med hjälp av någon form av muddringsteknik, och därefter flytta massorna till ett område eller en anläggning för vidare slutbehandling. Behandling kan i dessa fall betyda allt från enkel avvattning av muddermassorna till fullständig destruktion av miljögifterna i sedimentet.

De fyra huvudprinciperna för rening är mekanisk, kemisk, termisk och biologisk behandling. Antalet metoder för behandling av sediment är mycket stort, och därför är endast ett urval av metoder beskrivna nedan.

9.4.1 Mekanisk behandling

Mekanisk behandling av sediment innebär fysiska metoder som kan användas både för rening och för behandling. Mekanisk separation ändrar inte föroreningens kemiska sammansättning, men koncentrerar miljögifterna inom en mindre kostnadskrävande volym som kan gå vidare till efterbehandling. Mekanisk behandling innefattar metoder såsom:

- › Våt- och torrsiktning
- › Avvattning och avvattning med hjälp av tryck¹⁶⁴
- › Centrifugering och hydrocykloner
- › Tvättning och spolning genom extraktion
- › Utlakning genom extraktion
- › Ångextraktion

9.4.2 Kemisk behandling

Kemisk behandling innebär att man tillsätter kemiska reagenser för att extrahera, stabilisera eller destruera föroreningarna i sedimenten. Tillsättning av kemiska komponenter kan också ändra föroreningarnas egenskaper och göra dessa tillgängliga för andra metoder. Kemiska metoder omfattar bland annat:

- › Tillsättande av polymer
- › Kemisk våtoxidering
- › Kemisk nedbrytning och dehalogenering

¹⁶⁴ Dewatering belt press

- › Elektroketik
- › Vätskeextraktion
- › Stabilisering och solidifiering

9.4.3 Termisk behandling

Vid termisk behandling nyttjas värme till att lösa upp, binda eller avlägsna föroreningar. Metoderna lämpar sig främst för organiska ämnen, även om oorganiska komponenter (metaller) kan stabiliseras vid mycket höga temperaturer. Termiska metoder innefattar bland annat:

- › Termisk våtoxidering
- › Plasmabåge
- › Pyrolys
- › Förbränning
- › Förgasning

9.4.4 Biologisk behandling

Biologiska behandlingsmetoder utnyttjar antingen de naturliga biologiska processerna i sedimenten, eller tvingar fram en biologisk process exempelvis genom tillsättandet av olika typer av mikroorganismer (svamp, bakterier). Genom att styra förhållandena som optimerar nedbrytningsprocessen (bland annat pH, temperatur, näring och syreförhållanden) kan bland annat halterna av organiska miljögifter minskas.

Olika typer av växter kan utnyttjas för upptag av exempelvis metaller ut sediment. Biologiska behandlingsmetoder innefattar bland annat:

- › Aktiv mikrobiell nedbrytning
- › Naturlig kompostering, landfarming
- › Phytorening (phytosanering)
- › Bioreaktor, bioslurryreaktor
- › Bio-andning, bioventilering
- › Photolys

9.4.5 Separation och tvättning i Norge

Norska myndigheter anser att reningsteknologier som baseras på separering av sediment och förorening, har störst potential i konkurrensen med rimliga metoder såsom muddring med efterföljande deponering och övertäckning. Detta eftersom miljögifter normalt binds till de fina partiklarna, och att mekanisk separation kan vara lönsamt endast när grovfractionen (sand och grus) utgör minst 50-60%.

Den fina fraktionen kan därefter tas bort med exempelvis tensider, syror eller komplexbildande produkter. Det är dock långt från allt typer av sediment som lämpar sig för rening. De viktigaste faktorerna för att avgöra huruvida metoden kan användas är:

- › Kornstorleksfördelning
- › Föroreningstyp
- › Partikelaffinitet
- › Organiskt innehåll

Fram till nu har endast ett projekt genomförts i Norge där man har försökt att rena förorenade sediment. Dock finns erfarenheter av en del norska projekt där förorenad jord har renats, såsom den tidigare träimpregneringsanläggningen på Lillestrøm, gasverkstomten i Stavanger och på den före detta flygplatsen i Fornebu.

Ett projekt där man använde sig av sortering av muddermassor var vid etableringen av den nya Operan i Oslo hamn. Totalt muddrades 90 000 ton förorenade massor, vilka sorterades efter föroreningsgrad. De mest förorenade sedimenten skickades till NOAH¹⁶⁵ på Langøya (se bild i avsnitt 1.3). En enkel sammanställning av reningsteknologier¹⁶⁶ utarbetades i samband med pilotprojektet i Trondheims hamn. Huruvida rening av sediment kommer att bli ett utbredd åtgärdsalternativ i Norge i framtiden är omöjligt att säga.

9.4.6 Internationella reningstekniker

Internationellt har många projekt genomförts där sediment har renats. Även etableringar av behandlingsanläggningar har gjorts, bland annat i Nederländerna, Tyskland och inte minst i USA.

I Hamburg och Tyskland finns en fast anläggning, METHA-anläggningen¹⁶⁷, som kontinuerligt renar förorenade sediment från havsområden i syfte att återvinna material. Reningprocessen är förhållandevis omfattande, med flera sorterings- och tvättningssteg. Teknologin testades i Norge, när man försökte rena sediment från Sandefjord och Oslo hamnbassäng, utan någon större framgång. Detaljerna beskrivs i artikeln *The Hamburg Project METHA: large scale separation, dewatering and reuse of polluted sediments*¹⁶⁸.



METHA- anlegget i Hamburg Foto HPA

¹⁶⁵ <http://www.noah.no>

¹⁶⁶ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Renseteknologi.pdf>

¹⁶⁷ http://www.dredging-in-germany.de/Hamburg/sites/metha/metha_m.html

¹⁶⁸ <http://www.dredging-in-germany.de/Hamburg/sites/downloads/Veroeffentlichungen/WAT95Det.pdf>

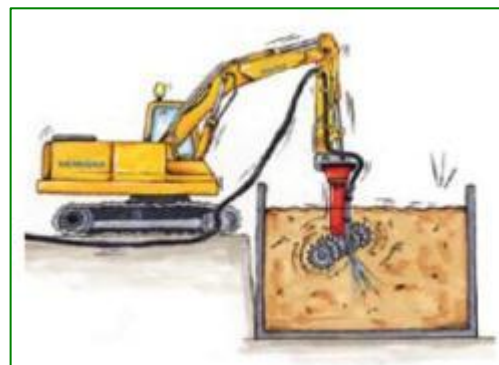
Ett annat exempel på hur utvecklingen av reningsprocesserna har sett ut internationellt är publikationen *Dredged material decontamination demonstration for the port of New York/New Jersey*.¹⁶⁹ Projektet är ett praktiskt exempel på hur den stegvisa modellen vid framtagande av åtgärdsplaner är relevant i verkliga situationer. På grund av ändrade regelverk (jämför Steg 1C) avseende deponering av muddermassor i havsområden och ständigt ökade kostnader för deponering på land i regionen, tvingades man hitta alternativa lösningar. Sedimenten var och är fortsatt dioxinförorenade (jämför Steg 2A), och många avancerade teknologier utvärderades (jämför Steg 2B). I enighet med projektets mål (jämför Steg 1B) fann man till slut att en komplex teknologi som innefattar bland annat plasmabåge, där sedimenten omvandlas till en glasaktig produkt som kan användas i cementindustrin (jämför Steg 3). Metoden har testats i laboratorie-, pilot- och demonstrationsskala (jämför Steg 4).

Kostnaderna för själva reningsmetoden låg för ca 10 år sedan runt 110 NOK/ton sediment, ett pris som kommer att vara fortsatt konkurrenskraftigt jämfört med andra deponeringsmetoder och behandlingslösningar.

9.4.7 Stabilisering och solidifiering (ex situ)

Stabiliserings- och solidifieringsmetoder förkortas STSO och introducerades i avsnitt 9.2.3 i samband med in situ behandlingar. Dock har metoden främst används i ex situ situationer i Norge.

Metoden utvecklades för att förstärka instabila förhållanden, där cement och/eller andra bindemedel tillsätts i jorden. I Finland har man använt sig av stabilisering i över 15 år, och man förstod så småningom att metoden även skulle passa norska förhållanden.



Illustrasjon Skanska

9.4.8 Utvecklingen av STSO i Norge

År 2006 startades ett FoU-projekt i Norge; "STSO – Stabilisering og solidifisering av forurensset masse", som finansierades av BIA¹⁷⁰. Huvudmålet med projektet var att utveckla metoder för att nyttiggöra förorenade sediment, i syfte att kunna använda dem till att bygga nya landtytor. Projektet hade delmålen:

¹⁶⁹ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389401002254>

¹⁷⁰ Nasjonal finansieringsordning BIA, Brukerstyrt Innovasjonsarena

- › Identifiera styrande processer för utläckage av föroreningar
- › Utveckla bindemedelsrecept för stabilisering av förorenade massor
- › Utveckla kostnadseffektiva blandnings- och utläggningsmetoder

Projektet knöts till referensprojekten i Hammerfest och Kadettangen i Bærum. Dessa projekt genomfördes fristående, men använde sig av kunskaper som kom fram i BIA-projektet. Syftet med referensprojekten var att demonstrera och vidareutveckla metoden för användning av stabilisering i bygg- och anläggningskonstruktioner. Projektet avslutades år 2008. Mer detaljer kan hämtas i projektets slutrapport, *Bindemidler og metoder for stabilisering/solidifisering (STSO) av forurensede masser*¹⁷¹. Ytterligare information om projektet, samt status för utvecklingen inom området i Norge har samlats på webbsidan Stabil grunn¹⁷². Ytterligare nyttig läsning gällande utredning, metodbeskrivning och praktiska projektexempel¹⁷³ finns i *Håndbok for stabilisering og solidifisering av sedimenter i Trondheim havn*¹⁷⁴ och en forskarstudie på temat stabilisering från 2009¹⁷⁵.

Projekt i Norge:

- › Arktisk kultursenter i Hammerfest havn
- › Kadettangen i Sandvikselva Bærum havn

Projekt i Sverige:

- › Stabilisering av sediment i Valdemarsvik

Projekt i Finland

- › Vuossari havn¹⁷⁶, Helsinki

Projekt i USA

- › New Jersey/New York Harbor¹⁷⁷, (CDSM-teknologi)¹⁷⁸

Några av dessa projekt presenteras mer i detalj i kapitel 15 nedan.

¹⁷¹ http://svein-erik.me/images/print/pdf/sluttrapport_bindemidler.pdf

¹⁷² <http://www.stabilgrunn.no/>

¹⁷³ http://www.stabilgrunn.no/uploads/kundefiler/Rap-001-Id_01-SoA-01.pdf

¹⁷⁴ <http://trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Handbok+Stabilisering+og+solidifisering.pdf>

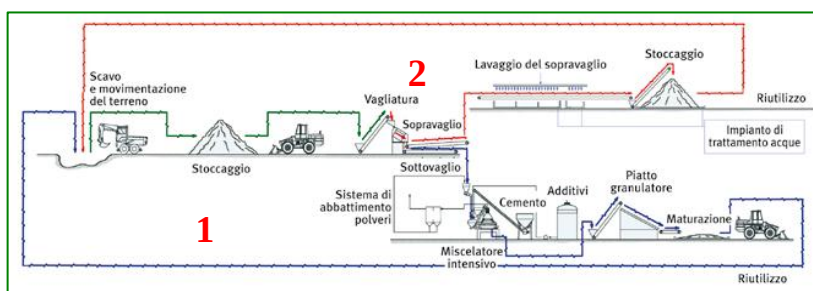
¹⁷⁵ <http://www.miljoringen.no/filopplast/filer/090316-2-Laugesen.pdf>

¹⁷⁶ http://www.portofhelsinki.fi/download/13366_Vuosaari_20ENG_Nettiymparisto.pdf

¹⁷⁷

<http://www.state.nj.us/transportation/airwater/maritime/documents/deepsoilmixingfinal.pdf>

¹⁷⁸ CDSM, Cement Deep Soil Mixing



9.4.9 HPSS-tekniken

HPSS står för High Performance Solidification and Stabilization och är en BAT-teknik inom STSO. Tekniken har inte prövats i de Nordiska länderna, men fullskaliga projekt har genomfört i Venedig.

Utgångspunkten för HPSS-tekniken är bred kunskap och utveckling kring hydrauliska bindemedel. Traditionell STSO-teknik nyttjar kombinationer av olika industriella avfallsprodukter, där effekterna kan variera. Inom HPSS-teknikerna används istället specifikt avpassade och eller ofta tillgängliga kommersiella produkter, vilka är betydligt lättare att kontrollera.



Implementeringen av HPSS är en stegvis process lämplig för massor (jord, sediment, slam och avfall) med metaller och/eller organiska föroreningar. Följande steg beskriver processen:

- Muddrade sediment transporteras till mellanlagringen (1) för lätt avvattnig.
- Massorna siktas (2) och större främmande objekt tas bort.
- Siktade massor transporteras till en blandstation (3) där specifikt anpassade bindemedel tillsätts.
- Blandningen pumpas till en roterande mixerskiva (4) där kulformade granulat med storleken 4-20 mm (fraktion efter önskemål) produceras.
- Granulatet är nu fritt från finpartiklar (<2 mm) och stabilisering av granulat (5) sker vid rumstemperatur.



Det sista steget i processen sker i de fall det är nödvändigt, och innefattar destillation av granulat i 30 min vid max 200 °C i superupphettad ånga, både vid atmosfäriskt tryck och i vakuum. Detta steg avlägsnar alla oönskade organiska föroreningar.

En typisk blandning i sediment och tillsatser kan vara:

- › Sediment/jord (med TS 85 %) - Andel 62 %
- › Cement (typ 52.5) - Andel 26 %
- › Mapeplast ECO1 komp. A - Andel 0,95 %
- › Mapeplast ECO1 komp. B - Andel 0,95 %
- › Vatten - Andel 10 %

Det färdiga granulatet har, genom olika geotekniska tester, visat sig vara ypperligt som exempelvis byggmaterial. Några tekniska data:

- › Täthet = 2,33 g/cm³
- › Resistens mot fraktionering ACV = 24 %
- › Los Angeles test = 35 %
- › Motstånd mot frys/tö = 3.2 %
- › Alkali-aggregat reaktivitet = negativ

Bilden ovan visar uppbyggnaden av en behandlingsanläggning på ön Murano utanför Venedig. Här behandlades mer än 8000 m³ metallförorenade sediment med HPSS-metoden.

Resultatet av kumulativa utlakningstester för koppar och bly 384 dagar efter behandling visade på 10 % respektive 15 %. De reella koncentrationerna var mindre än 20 % av riktvärdet (50 µg/l)¹⁷⁹ för klass 1, vilket är mycket bra. För ytterligare läsning, se Artikel 1¹⁸⁰ och Artikel 2¹⁸¹.

9.5 Avlägsna och isolera

Principen för denna åtgärdslösning innebär att sedimenten tas bort från åtgärdsområdet genom muddring och transporteras på olika vis till en plats där de kan deponeras. Det finns tre huvudprinciper för deponering:

- › Deponering i havet (dumpning)
- › Deponering i strandzonen (dumpning)
- › Deponering på land

9.5.1 Deponering i havet

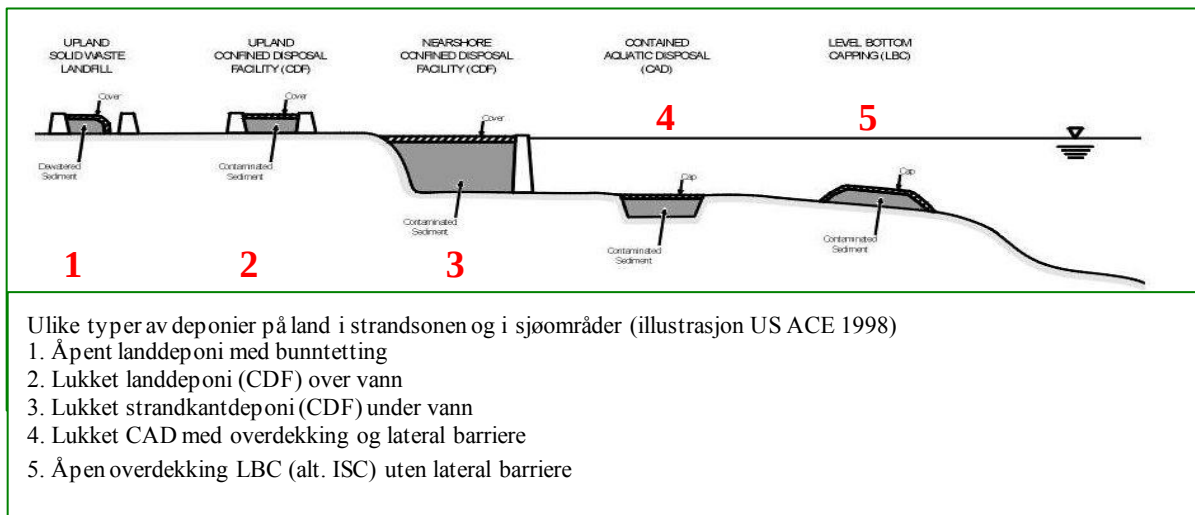
Efter att sedimenten har muddrats kan de transporteras till en anlagd deponiplats i havet. Internationellt, bland annat i USA och i Nederländerna har man i många sådana områden deponerat sand och grus på havsbotten och därigenom konstruerat

¹⁷⁹ Italienske gränsen för kumulativt läckage från återvunna material ref. D.M.5.2.1998

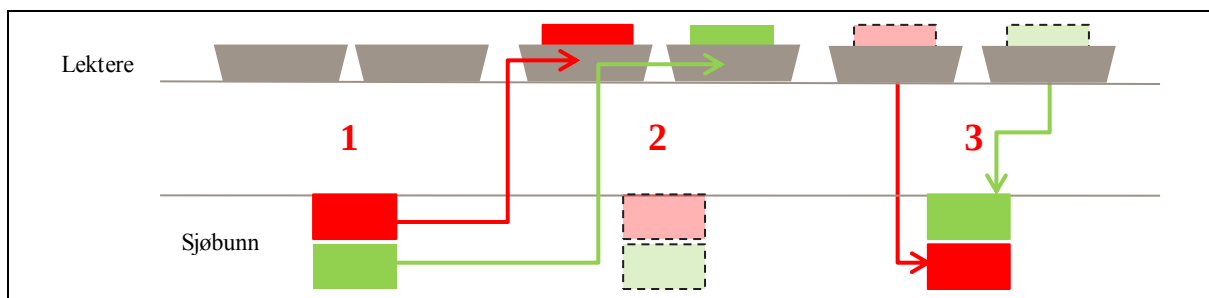
¹⁸⁰ <http://www.springerlink.com/content/f8131rj776750812/>

¹⁸¹ <http://www.aidic.it/cet/12/28/040.pdf>

så kallade deponeringsceller (CAD)¹⁸². Dessa celler kan nyttjas som deponier med laterala barriärer, där förorenade sediment kan läggas ut och övertäckas med rena massor (se även avsnitt 9.4). Transport och deponering beskrivs vidare nedan i manualen.



En deponeringscell kan också utgöras av en naturlig fördjupning i en hårbotten, exempelvis en bergsspricka eller en försänkning i en mjukbotten. Alternativt kan en CAD grävas ut i havsbotten, en princip som också omfattar åtgärdsalternativet ”Flip Flop”. Detta är en teknik där både förorenade och icke förorenade sediment muddras och deponeras i en bestämd ordningsföljd, så att sedimentlagren på dumpningsplatsen hamnar upp och ned, se figur nedan.



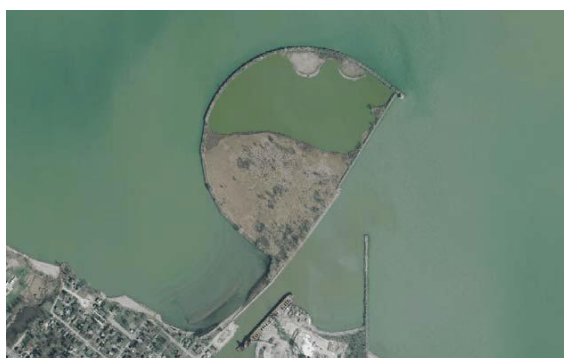
I Norge skiljer man mellan grundvattensdeponier såsom pilotprojektet i Sandefjord och djupvattensdeponier som vid fullskalig deponering i Oslo hamn.

¹⁸² <http://www.epa.gov/region1/superfund/sites/newbedford/506004-16.pdf>

9.5.2 Deponier i strandzonen

En strandkantsdeponi, eller en deponi i strandzonen, kan etableras när det både finns ett behov av landvinning och en plats för att deponera sediment. Deponiområdet vallas in med hjälp av sten eller spont (stål eller betong). I nästa fas placeras sedimenten på insidan av invallningen. Sedimenten kan grävuddras och placeras direkt med skopa eller sugmuddras och därefter pumpas in i invallningen.

Internationellt kallas metoden för en CDF eller en Confined Disposal Facility, och är en av de mest nyttjade och kanske den bäst dokumenterade åtgärdsmetoden. Det första projektet med CDF genomfördes i USA år 1960 och därefter har ett 50-tal strandzonsdeponier anlagts i hamnområden, enbart under saneringsarbetet i The Great Lakes. Ett urval av dessa åtgärdsområden, samt länkar till digital information om varje projekt är samlade i listan nedan:



Huron Harbor CDF - type i vann (1975). Foto USACE



Manitowoc Harbor CDF - type i vann (1975). Foto USACE

- Bolles Harbor CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Bolles_Harbor_CDF.pdf
- Indiana Harbor CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Indiana_Harbor_CDF.pdf
- Buffalo Harbor - Dike 4 CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Buffalo_Harbor_Dike_4_CDF.pdf
- Inland Route CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Inland_Route_CDF.pdf
- Calumet Harbor - Chicago Area CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Calumet_Harbor_-_Chicago_Area_CDF.pdf

- › Kewaunee Harbor CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Kewaunee Harbor_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Kewaunee_Harbor_CDF.pdf)
- › Cleveland Harbor CDFs,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Cleveland_Combined.pdf
- › Keweenaw Waterway CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Keweenaw Waterway_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Keweenaw_Waterway_CDF.pdf)
- › Clinton River CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Clinton_River_CDF.pdf
- › Lorain Harbor CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Lorain_Harbor_CDF.pdf
- › Detroit River - Pointe Mouille CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Detroit_River_Pointe Mouille_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Detroit_River_Pointe_Mouille_CDF.pdf)
- › Manitowoc Harbor CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Manitowoc Harbor_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Manitowoc_Harbor_CDF.pdf)
- › Duluth-Superior Harbor - Erie Pier CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Duluth_Erie Pier_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Duluth_Erie_Pier_CDF.pdf)
- › Milwaukee Harbor CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Milwaukee Harbor_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Milwaukee_Harbor_CDF.pdf)
- › Erie Harbor CDF, [http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Erie Harbor_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Erie_Harbor_CDF.pdf)
- › Monroe Harbor - Sterling State Park CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Monroe_Harbor_Sterling State Park_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Monroe_Harbor_Sterling_State_Park_CDF.pdf)
- › Green Bay Harbor - Bayport CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Green_Bay Bayport_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Green_Bay_Bayport_CDF.pdf)
- › Saginaw River - Saginaw Bay CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Saginaw_River_Saginaw Bay_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Saginaw_River_Saginaw_Bay_CDF.pdf)
- › Holland Harbor - Holland Township Site CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Holland_Harbor_CDF.pdf
- › St. Clair River - Dickinson Island CDF,
[http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/St. Clair_River_Dickinson Island_CDF.pdf](http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/St._Clair_River_Dickinson_Island_CDF.pdf)
- › Huron Harbor CDF,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Huron_Harbor_CDF.pdf
- › Toledo Harbor CDFs,
http://www.lre.usace.army.mil/ETSpubs/HFS/CDFs/Toledo_Combined.pdf

I Norge användes denna metod i miljömuddringsprojektet vid Haakonssvern örlogsstasjon utanför bergen. Där sugmuddrades 320 000 m³ förorenade sediment, vilka pumpades till en strandzonsdeponi. Även massorna i Trondheims hamn lades i en strandzonsdeponi för stabilisering och landvinning. Inom åtgärden vid Aker

Stord verft etablerades också en strandzonsdeponi, men muddermassorna placerades i geotuber för extra säkerhet.

9.5.3 Deponering på land

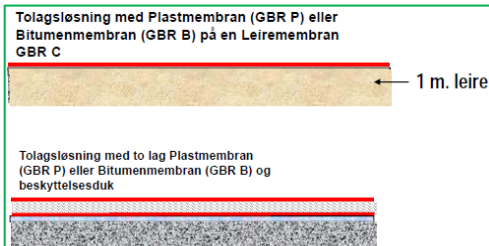
Muddrade sediment ifrån saneringsåtgärder kan även placeras på land. I Norge har man exempelvis placerat förorenade sediment inne i bergtrum med eller utan stabilisering (Bergen, Mo i Rana). Med landdeponering menas i detta sammanhang främst placering av förorenade sediment i etablerade deponier med eller utan bottentätning. Deponiföreskriften (se avsnitt 8.3) ställer specifika minimikrav på geologiska barriärer under en deponi. Så som kraven är ställda, är det effekten av dem som skall uppfyllas. Det betyder att kravet på barriär kan uppfyllas på andra sätt än genom mäktigheten av det geologiska skiktet, förutsatt att det kompenseras av jordlagrens permeabilitet (hydraulisk konduktivitet, k-värde) samt att andra förutsättningar i omgivningen är lämpliga för att etablera en deponi. Detta kan åtgärdas genom att komplettera med en konstruerad geologisk barriär.

Riktlinjerna skall göra det lättare för myndigheterna att värdera om en projekterad bottentätning kommer att tillgodose kraven i deponiföreskriften. Orsaken till att det ställs krav på geologisk barriär är att en sådan inte försämrar sina tätande egenskaper med tiden så som ett konstgjort membran skulle göra på grund av ålder och materialförändringar.

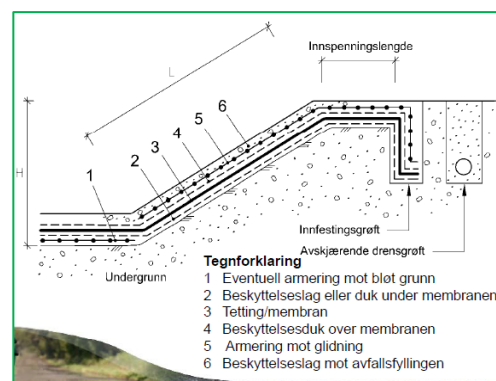
Vanligen krävs det att den naturliga geologiska barriären förstärks. Den konstgjorda geologiska barriären kan fungera som ett supplement till den naturliga barriären, eller vara den enda barriären. Mäktigheten av den geologiska barriären bör dock aldrig understiga 0,5 meter. Detta innebär bland annat att enbart en tunt bentonitmembran inte kommer att uppfylla kravet på en geologisk



Foto Per Kristian Hoel



Avfalldeponi i Skjelefteå (www.terra-tec.no)



barriär, även om bentonitens permeabilitet i sig är tillfredsställande.

Den konstgjorda barriären kan byggas upp av flera olika lager. Detta innebär emellertid att en rad förutsättningar är uppfyllda. Det är viktigt att strukturen i en sådan sammansatt barriär inte ändras med tiden på grund av hydrologiska, geotekniska eller kemiska förhållanden under deponin.

Kraven på en konstgjord geologisk barriär kommer att vara att summan av permeabiliteten, hydraulisk konduktivitet och lagrens mäktighet är detsamma som deponiföreskriftens krav. Dessutom krävs att den samlade mäktigheten av de kompletterande täta lagren och naturliga lager ner till den förväntat högsta grundvattennivån (den omättade zonen) är minst en meter för deponier med vanligt och inert avfall, och minst 5 meter för deponier för farligt avfall.

Flera typer av material kan användas för att förstärka den naturliga barriären. Aktuella material kan vara komprimerad silt eller komprimerad finkornig morän. Vanliga används normalt inte ensamt, då det är svårt att få materialet tillräckligt tätt och stabilt när det läggs ut maskinellt.

Bentonitlera är däremot mycket lämpligt som tätskikt, och ett bentonitmembran som sväller till 15 mm kan generellt ersätta upp till 0,7 m lösa massor med $k=1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Under bentonitmembranet bör dock ett bärlager om ca 0,5 m konstrueras. Bärlagrets täthet har liten betydelse, men det behöver vara uppbyggd så att strukturen i barriären inte förändras över tid. Vid stora förändringar i permeabilitet mellan den konstgjorda barriären och naturlig grund kan det vara nödvändigt att lägga en fiberduk mellan lagren. Alternativt kan lagren läggas på så sätt att kriterierna uppfylls i den aktuella strömningsriktningen.

Berg är normalt inte ett bra underlag för etablering av en deponi i de fall berget skall ingå som en del av tätningen. Tätning mot berg ställer stora krav på val av material i den geologiska barriären. Man måste försäkra sig om att det inte finns höga hydrauliska gradienter som kan leda till utlakning av föroreningar, samt utvärdera om det finns behov av att etablera ett dränerande skikt av geologiska material mellan berget och den konstruerade barriären. Avseende de ovanliggande, skyddande plastmembranen, är det kraven på membranens täthet och resistens mot åldrande samt mekanisk påverkan som styr valet av membran. Helt andra förutsättningar influerar på den totala tätheten. Innan man väljer slutlig lösning bör man tänka igenom vad membranet kan utsättas för under sin levnadstid, och planera därefter. Exempelvis kan tunga fordon som används vid utläggning av dränering och avfallsbehandling, eller upprepning i slamdeponier ge deformationer och skador på membranet. Komprimering av lösa massor på membranet kan ge perforeringar, och nivåförändringar i bassänger eller ändring av strömförhållanden kan ge erosion och ras. Sättningar i deponiområdet kan ge töjningar och sprickor i membranen.

De plastmembraner som oftast används är uppbyggda av:

- › Polyetylen (PE) där HDPE och LDPE är mest resistenta mot kemikalier och UV-strålning
- › Polyvinylklorid (PVC) är mer flexibel

- Polypropylen (PP) – är också flexibel

9.5.4 Deponering i geotextil

När de muddrade massorna är särskilt förorenade och behöver extra skydd, eller muddringsmetoden kräver ett extra avvattningssteg, kan användning av geotextil vara en bra lösning.

Det finns flera sätt att använda geotextilier, och utformningen av själva geotextilen kan också se olika ut (säck, påse, tub etc.), ha olika flexibilitet och inte minst olika storlekar beroende av ändamål, hantering och placering. Geotextilen kan ha praktiskt taget oändligt lång livstid, och kan vara ett kostnadseffektivt åtgärdsalternativ.

Primärt kan man säga att principen är att sedimenten från havsbotten pumpas direkt upp på ett fartyg eller till land in i en prefabricerad geotub. När denna är fylld, kan vatten tappas av så att sedimentet avvattnas och komprimeras. Därefter kan geotuben placeras eller användas där så önskas. Såsom bilden intill visar, kan geotuber kanske komma att bli ett alternativ till traditionella deponier med bottentätning.

Beroende av geotuben form och storlek kan dessa användas för olika former av stabilisering på land, i strandzonen eller i havet. Denna metod är frekvent använd internationellt, men har hittills inte ansetts vara ett alternativ i Norge.

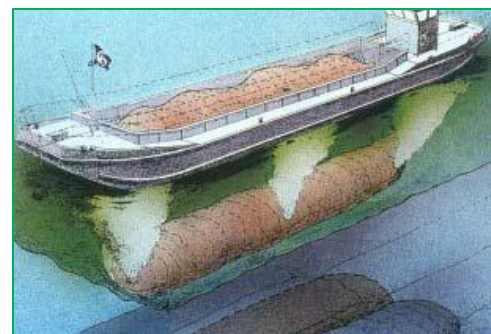
Man kan tänka sig många användningsområden för långa geotuber som visas på bilden intill. Exempelvis skulle de kunna användas som barriär kring en CDF (strandzonsdeponi), där massor kan läggas på insidan och därefter övertäckas med rena massor.



Geobag med omkrets ca. 9 m och höjde ca. 1,5 m



Foto USACE



Illustrasjon Aker Maritime AS

Ett projekt där geotextil har används på ett annorlunda sätt är saneringen vid Aker Stord. Där muddrades sedimenten från havsbotten upp i en pråm, i vilken lastrummet hade klätts in med geotextil. Massorna avvattnades fortlöpande, och när lastrummet var tillräckligt fullt syddes geotextilen manuellt ihop till en tub. Geotuben transporterades därefter till ett deponiområde och dumpades på relativt grunt vatten.

9.6 Åtgärdsalternativ – Topp 5

Som en kort sammanfattning av kapitel 9 som handlar om principerna för en åtgärd, återfinns nedan en prioriteringslista vilken är anpassad till olika föroreningsituationer och åtgärdsområden i norska förhållanden.

Tiltaksmetode	Positive faktorer	Negative faktorer
1. HPSS - Fjerne og behandle	100 % lösning i både tiltaks- og deponiområdet. Eget for alle typer forurensning, store volumer, regulerbar transportavstand og rask prosess. Høy gjenbruksverdi for sedimentene. Fri disponering.	Prosessanlegg krever ca. 200-300 m ² til utstyr og mellomlager av masser. Kortvarig støy- og støvproblem. Kostnadsdrivende er kostnad for sement og strøm til drift av prosessanlegget.
2. Geotekstil/bager - Fjerne og isolere	100 % lösning i tiltaksområde, 85 % i sjø, 90 % i strandsonen og 95 % lösning på land. Eget for alle typer forurensninger. Moderat med sideeffekter, Fri til tilpasset sluttdeponering og potensiell gjenbruksverdi.	Utstyrs- og plasskrevende avhengig av valgt sluttdeponering. Best egnet for mindre volumer. Pumpeprosess omfattende, trenger av-vanning og behandling av vann. Moderat til høyt kostnadsdrivende.
3. Landdeponi - Fjerne og isolere	100 % lösning for tiltaksområde og 95 % lösning deponi på land. Godt egnet for moderate volumer og alle typer med forurensning.	Høye kostnader for etablering av deponi, omfattende entreprise, mange sideeffekter, liten gjenbruksverdi.
4. Strandkantdeponi - Fjerne og isolere - (STSO-behandle)	CDF er en 80 - 95 % lösning avhengig av plassering over eller under vann. Eget for alle volumer. Noe gjenbruksverdi (landinnvinning). Ved STSO en 95 % lösning, alle forurensninger og med høyere gjenbruksverdi.	Må tilpasses forurensningstype (ikke med STSO), ofte omfattende entreprise for etablering, innfylling og stabilisering av deponiet (øker ved STSO). Mange sideeffekter og kostnadsdrivende. Krever lang overvåking (reduseres ved STSO).
5. Overdekking - Isolere på stedet - Tynne sjikt	70 % lösning i sjø (da forurensningene ikke fjernes i tiltaksområde) og 80 % lösning etter tildekking (pga. av potensiell utlekking). Eget for forurensninger med sterk partikkelbinding av forurensninger i sedimentet.	Store krav til overdekkingsmasser, dvs. type og mengder, utleggingsmetode, overvåkingsprogram før, under og etter tiltak. Tiltaket må vedlikeholdes over tid. Kostnadsdrivende entreprise.

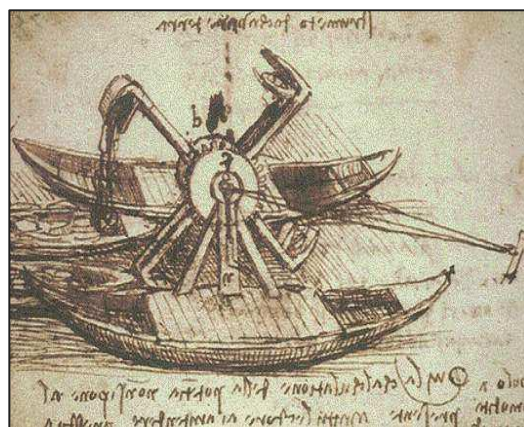


10 Muddringsmetoder

Redan för omkring 7000 år sedan drev Egyptierna kontrollerade muddringsarbeten, och muddring är därmed den äldsta, kända metoden för att hantera sedimentrelaterade problem. I Belgien hade man kanaler och slussar från omkring år 1180, och att de första muddringsarbetena dokumenterades år 1292.

Under tidigt 1300-tal beskrev Dante¹⁸³ muddrade kanaler i Italien, Belgien och Nederländerna. Leonardo da Vinci (1452-1519) har lämnat efter sig en illustration från 1500-talet som visar en fullvärdig muddringsapparat. Om denna någonsin blev konstruerad för att kunna ta bort ackumulerade sediment från kanaler och laguner vet man inte.

Man vet att stora delar av Venedig är byggt av muddringsmaterial som har hämtats från platser omkring staden. Samma material används än idag för att reparera och restaurera byggnader i staden.



Mudderapparat tegnet av Leonardo da Vinci (1452-1519).

”Modern muddring”, tog fart i centrala Europa runt 1850. Muddring av havsbotten blev nödvändig för att hålla farleder och kanaler öppna och farbara. År 1875 byggdes en fästning av muddermasser vid Brügge i Belgien.

För mer information om muddring, förutom informationen i denna rapport, hänvisas till IADC¹⁸⁴, CEDA¹⁸⁵, USACE¹⁸⁶, DI¹⁸⁷, DEMA¹⁸⁸ och PIANC¹⁸⁹.

¹⁸³ Dante Alighieri, Italiensk poet som skrev Davina Commedia (1308-1321)

¹⁸⁴ <http://www.iadc-dredging.com/>

10.1 Muddring idag

Man skiljer mellan tre huvudtyper av muddring; anläggning-, underhålls- och miljömuddring (se tabell nedan). Muddringsarbeten i älvar, estuarier och kustområden är, sett ur ett internationellt perspektiv, en omfattande bransch. Enbart i USA muddras årligen mer än 200 miljoner m³ sediment, varav ca 10-12 miljoner m³ utgörs av miljömuddring.

Tabell 4 Definitioner och beskrivningar av de tre internationella muddringskategorierna (DNV 2008, <http://www.klif.no/publikasjoner/2425/ta2425.pdf>)

Faktarute	Mudring av sjøbunn – tre viktige internasjonale begreper
Ved mudring av sjøbunn blir mudringen normalt inndelt i tre begreper i internasjonal litteratur	
Capital dredging ("Anleggsmudring")	Innebærer bygging av nye eller forbedrete anlegg som havnebassenger, fordyping av seilleder/seilrenner eller innvinning av nytt land for industri eller boligformål. Slike prosjekter er normalt karakterisert av: • Omplassering av store mengder masser • Kompakte masser • Uforstyrrede sedimentlag • Lav eller ingen forurensningsgrad • Signifikante lagtykkelser som skal mudres • Ikke-gjentatt mudringsaktivitet Ref: International Association of Dredging Companies (www.iadc-dredging.com)
Maintenance dredging ("Vedlikeholdsmudring")	Innebærer fjerning av (i de fleste tilfeller naturlig) tilslamming av sjøbunnen for å opprettholde nødvendig dybde i seilleder/seilrenner og havner. Slike prosjekter er normalt karakterisert av: • Variable mengder av masser • Myke løsmasser • Mulig innhold av forurensning • Tynne lagtykkelser som skal mudres • Gjentatt mudringsaktivitet Ref: International Association of Dredging Companies (www.iadc-dredging.com)
Environmental dredging ("Miljømudring")	Innebærer fjerning av forurenset sjøbunn for å bedre miljøforholdene, for eksempel i en forurenset fjord med kostholdsråd. Slike prosjekter er normalt karakterisert av: • Forholdsvis begrenset mengde masser • Myke løsmasser • Inneholder forurensning (alltid) • Tynne lagtykkelser som skal mudres • Inngår i mange tilfeller som en del av en anleggsmudring eller vedlikeholdsmudring når hele eller deler av sjøbunnen er forurenset • Ikke-gjentatt mudringsaktivitet Ref: Jens Laugesen/Bjørn Nygård

En av de stora aktörerna inom muddringsteknik, US Army Corps of Engineers (US ACE¹⁹⁰), producerade under perioden 1972-1992 hela 140 rapporter om muddringsteknik. Detta illustrerar att muddring inte nödvändigtvis är enkelt, utan

¹⁸⁵ <http://www.dredging.org/>

¹⁸⁶ <http://education.usace.army.mil/navigation/dredging.html>

¹⁸⁷ <http://www.dredging.com/>

¹⁸⁸ <http://www.deme.be/index.asp>

¹⁸⁹ <http://www.pianc.org/home.php>

¹⁹⁰ <http://www.usace.army.mil/>

att det krävs specifik teknik och inte minst kunskaper hos de aktörer som utför muddringarna.

I Norge kan mer än 80 % av muddringen klassificeras som anläggningsmuddring och därav utgörs endast en liten del av den totala muddrade volymen av miljömuddring, som ju är huvudtemat i denna rapport. Muddring av förorenade sediment kräver normalt större noggrannhet och är också ofta mer kostsamt än andra typer av muddring. Detta beror till stor del på att massorna normalt behöver omhändertas av godkänd mottagare, eller att permanenta slutgiltiga lösningar behöver etableras.

Övermuddring, alltså där man muddrar djupare än vad som är nödvändigt eller där man inte kan skilja sedimenten åt, leder också till ökade kostnader för omhändertagande.

Erfarenheterna från Norge visar att muddringsprojekt i högrisk- och hamnområden ofta är förknippade med främmande föremål på havsbotten. Förekomst av avfall och inte minst marin arkeologiska fynd, komplicerar och fördyrar muddringsprocesserna och kräver som tidigare nämnts, höjd kunskapsnivå både under utförandet och i uppföljningen.

Muddringsmetoderna kan delas in i två olika huvudtyper, dels mekanisk muddring, och dels hydraulisk muddring. Mekanisk muddring innebär, precis som framgår av namnet, att man tar bort sediment mekaniskt, exempelvis genom att gräva bort det. Hydraulisk muddring innebär att sedimenten sugs upp från botten, ungefär som en slamsug. En stor del av muddringsutrustningen som finns på markanden idag baseras på en kombination av de båda teknikerna, så kallad mekanisk-hydrauliska principer. Exempelvis när sedimenten har en hård konsistens och inte kan tas bort genom sugmuddring, används ofta mekanisk utrustning för att lösa upp havsbotten, och därefter sugs materialet upp. Det är viktigt att komma ihåg att de flesta metoder är utvecklade för att hantera förhållandevis grova och ofta rena sediment. Vid miljömuddring behöver därför metoderna ofta anpassas så att arbetet kan göras på ett säkert sätt.

10.2 Mekanisk muddring

Mekanisk muddring genomförs med hjälp av ombyggda och anpassade grävredskap, där utrustningen fysiskt gräver ut massor från havsbotten, lyfter upp dem genom vattenmassan och upp i en pråm. I huvudsak finns två huvudtyper:

- › Mekaniskt enskopeverk
- › Mekanisk gripskopa

10.2.1 Enskopeverk

Ett enskopeverk är i princip en grävmaskin som har placerats på en pråm, och som gräver upp sedimenten och placerar dem på en pråm eller direkt i ett transportfartyg för vidare transport. För transport används oftast olika typer av pråmar.

Bilden här intill visar det enskopeverk som användes vid delar av saneringen av Oslo hamnbassäng som genomfördes under perioden 2006-2007. Utrustningen var monterad på en självgående arbetsplattform. Den typiska kapaciteten på ett enskopeverk i Norge är ca 50-150 m³/timme (fast volym), där grävskopan normalt rymmer 1-6 m³.

Metoden fungerar för allabottentyper (lera, silt, sand, grus och sten), men begränsas med hänsyn till vattendjupet. Den utrustning som vanligen används i Norge är anpassad till ca 1-20 m vattendjup.

Noggrannheten för ett enskopeverk anges till ca ± 10 cm i vertikalled och ± 10 cm i horisontalled. När ett enskopeverk används måste man räkna med ett visst spill av massor under själva grävfasen till följd av att muddermassorna lyfts genom vattenmassan.

Öppna grävskopor är därför inte särskilt lämpliga att använda vid miljömuddringar. Istället bör skopan ha ett lock så att den kan vara stängd när den förs upp genom vattenmassan. Det är dock viktigt att inga större föremål eller stenar då hamnar i vägen så att locket inte stängs ordentligt.

Metoden att grävuddra ökar vatteninnehållet i muddermassorna med ca 10-20% jämfört med den teoretiska fasta volym. Behovet av avvattning är därför litet och för de flesta slutliga lösningar för omhändertagande behövs inte någon extra avvattning.



Secora bakgraver i Oslo havn (Foto DNV)



Secora bakgraver i Oslo havn Foto L. Nilsen)



Mudring i Oslo havn (Foto

10.2.2 Gripskopeverk

Det finns många olika typer av gripskopor. För miljömuddring är den viktigaste varianten en stängd skopa, vilken bör vara utformad så att den efterlämnar en plan yta¹⁹¹. Typiska exempel visas i bilder och illustrationer nedan.

Själva gripskopan kan vara fäst i en fast arm eller hänga i en vajer. Fördelen med en fast arm är att det ger bättre noggrannhet vid själva muddringen. Fördelen med en vajer är att muddring kan genomföras på mycket större vattendjup, dock med minskad noggrannhet. Metoden är lämplig för nästan alla botten typer, dock är det svårt att muddra hårda massor med gripskopa monterad på vajer. På bilderna på nästa sida visas en gripskopa med lucka, anpassad för miljömuddring. Denna typ av skopa användes bland annat vid muddringsarbetena i Trondheim hamn, Larvik hamn och Oslo hamn.

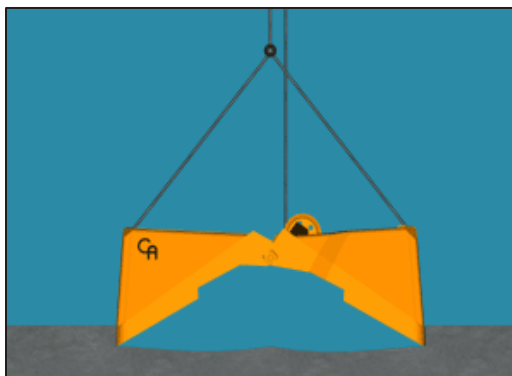
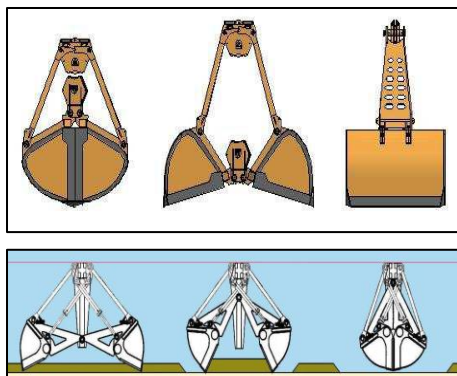


Stor 14 m³ graveskuff (www.rohde-nielsen.dk)



Eksempel på stor grabb fra Nederland (Foto Klif)

På de övriga fotona på nästa sida visas en nederländsk gripskopa med hydrauliska luckor på en fast arm. En typisk kapacitet vid gripskopemuddring i Norge är precis som för ett enskopeverk, 50-150 m³/timme (fast volym). De gripskopeverk som normalt finns tillgängliga i Norge har skopor som rymmer 2-6 m³.



Grabbing (Illustrasjon Boskalis, Nederland)

En gripskopa som sitter på en fast arm kan muddra ner till ca 20-25 m vattendjup. För en gripskopa på vajer är det möjligt att gräva i princip hur djupt som helst, men i praktiken är det inte aktuella att muddra djupare än 50 m i Norge, mest på grund av den minskade precisionen.

¹⁹¹ Grab HLC, Horizontal Level Cut

Noggrannheten vid muddring med gripskopa kan vara ca ± 10 cm i vertikalled och ± 10 cm i horisontalled för en skopa med fast arm. För en gripskopa på vajer minskas noggrannheten med till ca ± 15 cm i vertikalled och ± 15 cm i horisontalled. I båda fallen minskas noggrannheten med större vattendjup.

En gripskopa kan muddra i alla typer av massor (sten, grus, sand, silt och lera) Dock är det svårt att använda vajerhängd gripskopa i mycket hårda material.

Jämfört med hydraulisk muddring så genereras mer spridning och uppvirvling av material i själva grävfasen när man använder gripskopa. Därför är det lämpligt att åtgärder vidtas för att förhindra spridning av sediment.

Vid miljömuddring skall alltid stängd skopa användas så att muddermassorna inte läcker ut när de lyfts genom vattenkolumnen. Det är också viktigt att det inte sitter några objekt i vägen, såsom stenar eller främmande föremål, så att gripskopan inte kan stängas ordentligt.

Muddring med gripskopa tillför ca 10-20% vatten jämfört med den fasta volymen. Behovet av avvattning motsvarar därför behoven för ett enskopeverk. En så kallad Muslingrabb¹⁹² visas på bilden nedan. Denna typ av gripskopa är inte särskilt lämplig för miljömuddring, på grund av stort läckage (se även avsnitt 10.7). För att se ett gripskopeverk ”in action”, se video av "Postnik Yakovlev"¹⁹³.



Miljögrabb benyttet i Trondheim (Foto



Grabb med hydraulisk lukking (Foto Boskalis)

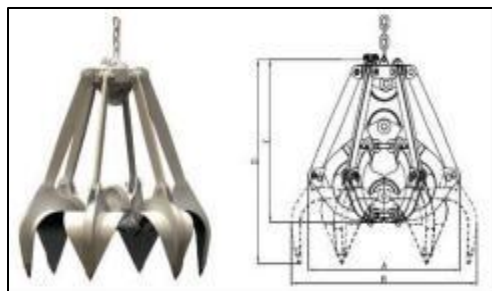
¹⁹² Kallas också för Clamshell Grab Dredger

10.2.3 Andra mekaniska metoder

Ofta kan det vara nödvändigt att ta bort grovt material från havsbotten innan själva miljömuddringen kan påbörjas. Vid dessa tillfällen kan en så kallad Single rope Orange Peel Grab användas (visas överst till höger).

Denna typ av gripskopa kan inte användas till miljömuddring, då den är öppen och ger stort spill. Däremot kan en sådan typ av gripskopa användas till att muddra ett rent sediment, vilket gjordes bland annat i Bispevika i Oslo hamn, i samband med etableringen av E18 sänktunneln 2005-2006.

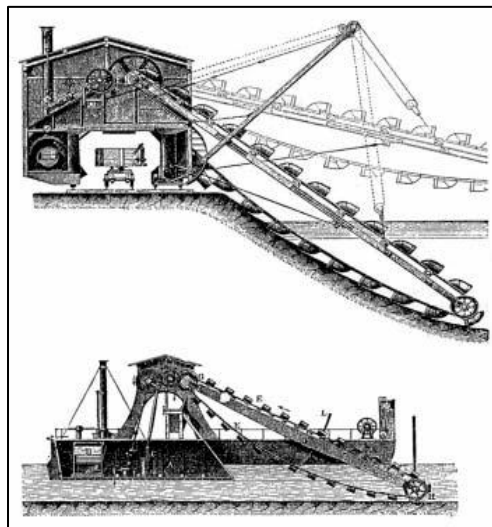
På bilden till höger syns att precisionen i muddringen inte är helt tillfredsställande (se även avsnitt 15.4).



Mudring Oslo havn (Foto Rambøll)

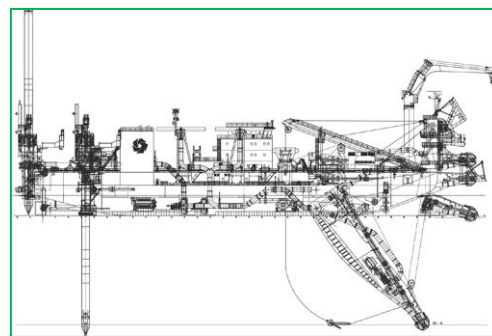
I vissa internationella muddringsprojekt har man tvingats ta fram specialanpassad muddringsutrustning för att säkerställa att muddringen genomfördes på bästa sätt. Att göra det fördyrar givetvis ett åtgärdsprojekt.

Ett klassiskt exempel på detta var de planerade muddringsarbetena i hamnområdet och i floden i Boston, USA. Stort vattenflöde, mycket båttrafik och starkt förorenade sediment gjorde att man tvingades ta fram en speciallösning för att minska spridning av muddermassor i samband med muddringen. I projektet spenderades ca 1 miljon USD på att konstruera en dubbel ”vakuumskopa”.



To typer Paternosterverk

Ett paternosterverk¹⁹⁴ är en relativt gammal, men effektiv metod för att muddra älvsediment och marina sediment. I figuren intill visas två varianter, dels ett landbaserat verk, och dels ett flytande verk.



Skisse av d'Artagnan (Ill. DEME)

En webbplats som ger god översikt av olika fartyg och utrustning för storskalig muddring är DEME Equipment¹⁹⁵. Företaget är ett exempel på en internationell aktör med en muddringsflotta på över 70 fartyg. Flaggskeppet är d'Artagnan (visas på framsidan av denna manual). På bilden på föregående sida visas ett tvärsnitt av fartyget med ett skärhuvud. Fartyget har en 43 man stark besättning och kan muddra i djupintervallet 6-35 m och pumpar massorna via 1000 m rörledningar.



Thomas Industrial Network, USA

10.3 Hydrauliska muddringsmetoder

Hydrauliska muddringsmetoder är den teknologi där utvecklingen av nya lösningar har varit störst sett ur ett internationellt perspektiv. I huvudsak finns två kategorier:

- › Rena sugmuddringsmetoder
- › Kombinerade metoder

Båda metoderna presenteras mer ingående nedan. I beskrivningarna används en blandning av engelska och svenska beteckningar på metoder och utrustning.



Pumpe for sugemudring (www.damen.nl)

¹⁹⁴ Kallas även Bucket Dredger

¹⁹⁵ <http://www.deme.be/Equipment/index.asp>

10.3.1 Ren sugmuddring

Ren hydraulisk muddring¹⁹⁶ går ut på att sedimentet sugas upp från havsbotten via en eller flera pumpar. Metoden fungerar ungefär som en slamsugare.

Vid denna typ av sugmuddring pumpas en blandning av vatten och muddermassor upp genom ett rör direkt till en landdeponi, ett fartyg eller en pråm. Val av plats för mellanlagring beror på den vidare tänkta behandlingen eller valet av slutdeponi.

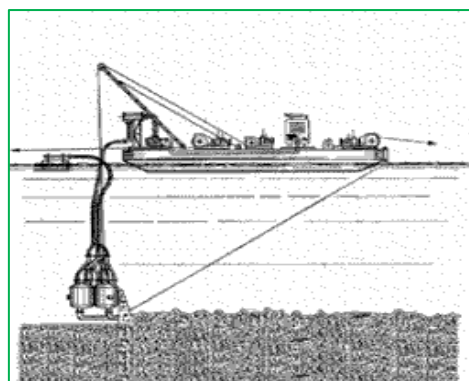
Massorna dras in i en sugenhet eller ett sughuvud med hjälp av en pump. Normalt är sugenheten utrustad med ett skyddsgaller för att förhindra att föremål blockerar pumparna. Vatten används som transportmedium för sedimenten från sjöbotten upp till mellanlagret eller slutdeponeringen.

På grund av de stora vattenmängderna som genereras och det begränsade lagringsutrymmet på ett fartyg eller i en pråm, är pumpning direkt till land oftast att föredra. Tillförseln av stora vattenmängder ger ett behov av avvattning som ett extra behandlingssteg inför slutlig lösning.

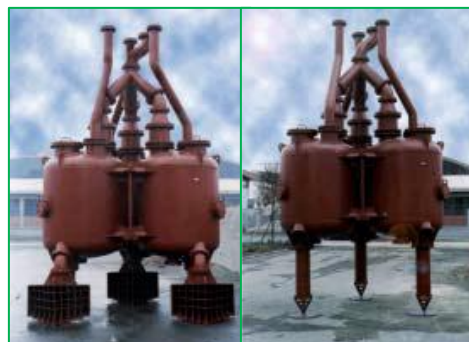
En nackdel med denna muddringsmetod är att skyddsgallret kan sätta igen och utrustningen måste lyftas till ytan för rengöring. Detta leder ofta till extra risk för spridning av sediment och kräver att skyddsåtgärder vidtas.

Metoden lämpar sig för lösa massor, dock ej för ”klibbiga” massor såsom oljeförorenade sediment. Längden på den fasta armen på ett sugmudderverk begränsar det muddringsbara vattendjupet. Om utrustningen kan fästas på en vajer kan det i vissa fall muddras något djupare, men detta kräver även utökad pumpkapacitet för att få upp muddermassorna.

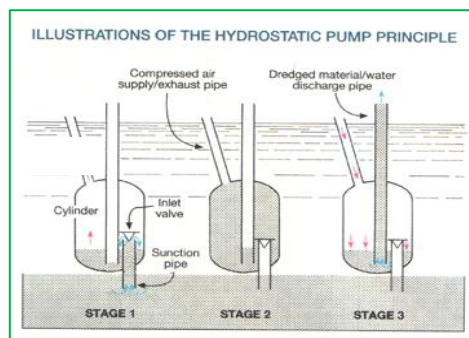
Kapaciteten för ren sugmuddring är vanligen kring 50-200 m³/timme för teoretisk fast volym. Vattendjupen är vanligen 15-20 meter på fast arm. Precisionen i muddringen uppskattas till



Pneumatisk sugemuddring



Pneuma pumpehoder (Foto Pneuma®)



Skisser av Pneumaprinsippet (USACE/USEPA)

¹⁹⁶ PSD, Plain Suction Dredger

ca $\pm$ 10 cm både i horisontalled och vertikalled för fast arm.

Sediment som kan muddras är lösa eller lätt konsoliderade såsom grus (beroende på kornstorlek), sand, silt, lera (dock ej klibbig lera). Sugmuddring är som tidigare nämnts känslig för främmande föremål på havsbotten.

Grumling och påföljande spridning av sediment är minimal när massorna sugs upp från botten. En liten del av sedimenten kan spridas från området mellan botten och sugmunstycket, men spridningen är oavsett mindre än vid mekanisk muddring med gripskopa eller enskopeverk.

Den stora fördelen med hänsyn till spridning av sediment är att massorna tas till ytan genom ett stängt rör. Metoden innebär dock viss spridning i de fall sugmunstycket behöver tas upp till ytan och rengöras.

Metoden tillför 10-20 gånger mer vatten i processen jämfört med teoretiskt fast volym. Muddermassorna som genereras innehåller alltså upp till 90-95 % vatten. I de flesta fall uppstår därför ett behov av avvattning innan muddermassorna kan deponeras.

En annan välkänd sugmuddringsmetod i Norge är den så kallade ”Pneumatisk” sugmuddring, en metod som utvecklades i Italien och som modifierades av japanerna. Det finns ett antal miljömässiga fördelar med metoden. Primärt förekommer minimal grumling längs havsbotten och i själva sugprocessen då ett hydrostatiskt pumpsystem producerar väldigt lite vatten. Behovet av avvattning minskar därmed avsevärt och detta är i sig bra i kombination med landdeponering av sedimenten. En annan viktig faktor är att ”Pneumatisk” sugmuddring kan utföras på större vattendjup med höjd precision. Utprövning av denna metod inkluderades i SFT (Klifs) pilotprojekt i Sandefjord under 2002.

10.3.2 Trailing Suction Hopper Dredger

Trailing Suction Hopper Dredger, TSHD¹⁹⁷, är ett självgående mudderverk, alltså ett fartyg med egen lastkapacitet. Muddringsfartyget förekommer i varierande storlek. Muddringen sker med hjälp av en sugenhet som dras längs havsbotten. Muddermassorna sugs upp och pumpas genom muddringsarmen in till ett lastrum ombord. Massorna mellanlagras i fartyget inför transport till deponeringsplatsen.



Slepesuger foto NN

¹⁹⁷ På norska kallas den Slepsugare

10.4 Kombinerade tekniker

Mekanisk-hydraulisk muddring är en kombinationsteknik där massor löses upp mekaniskt och därefter pumpas upp hydrauliskt från havsbotten till land eller till ett fartyg eller en pråm. De kombinerade metoderna för muddring av förorenade sediment som är aktuella för norska förhållanden är:

- › Horisontal auger
- › Cutter suction dredger
- › Disc cutter suction dredger

10.4.1 Horisontal auger

En horisontal auger tar bort sediment med hjälp av en roterande, horisontell skruv som är utformad så att massorna trycks mot skruvens mittpunkt. Vid mittpunkten finns en pump som suger upp massorna, som därefter transporteras i ett rör till en pråm eller till land. På muddringsfartyg med horisontal skruv finns inte något lagringsutrymme på själva fartyget. Armen som skruven är monterad på kan roteras så att stort område kan muddras innan fartyget behöver flyttas.

För att minska risken för spridning finns också horisontella skruvar med ett visir eller lock som kan fällas ner över skruven under själva murningen. Metoden lämpar sig för havsbotten som är relativt jämn och mjuk och som inte innehåller främmande föremål eller stora stenar. Muddringsbart vattendjupet begränsas av längden på den fasta armen. Metoden har använts sparsamt i Norge, men i flera svenska projekt, såsom vid miljömuddringen i Örserumsviken¹⁹⁸. I detta projekt var kapaciteten ca 25-50 m³/timme (fast teoretisk volym) när fiber och gytta muddrades. Effektivt vattendjup var ner till ca 15 meter. Det behöver vara minst ca 0,5 m djupt för att utrustningen ska kunna användas. Noggrannheten är ca ±10 cm i vertikalled och ±15 cm i horisontalled.



Horisontal auger suger (Foto Secora As)



Horisontal auger suger (www.dredge.com)

¹⁹⁸ http://www.vastervik.se/templates/VVKommun_Page.aspx?id=3877

Metoden passar inte för ojämn botten eller områden med grova fraktioner såsom sten och avfall. Den passar dock bra för homogena massor (sand, lera, silt). Miljömuddring bör ske med visir (lock) över skruven. Viss spridning sker när massorna lösgörs från botten, men i momentet när massorna pumpas upp till ytan sker inget spill.



Kuttersuger. Foto NN

Spridning av sediment från en kombinerad mekanisk-hydraulisk metod är normalt större än från en enbart hydraulisk metod, dock mindre än från en mekanisk grävmetod. Metoden ger ökad spridning om främmande föremål fastnar i skruven och den måste lyftas till ytan för att rengöras. Metoden tillför mycket extra vatten, ca 3-6 gånger den fasta volymen. Generellt innehåller muddermassor 70-90 % vatten vid muddring med en kombinerad hydraulisk-mekanisk metod. I de flesta fall behöver därför sedimenten avvattnas innan de hanteras vidare.

Kuttersuger www.kogsubic.com

10.4.2 Cutter Suction Dredger, CSD

En Cutter Suction Dredger, CSD består av ett roterande skärhuvud på en sugarm vilken är fäst på själva muddringsfartyget. Själva skärhuvudet kan ha olika utformning, men är format så att det löser upp sedimenten när huvudet roterar och armen förs längs med botten. Skärhuvudet sitter i änden av en rörledning som är kopplat till en pump, vilken suger upp massorna och transporterar dem via ett rör till ett fartyg, en pråm eller till land.



D'Artangan. Illustrasjon DEME

Ojäma bottenförhållanden innebär inget större problem för denna metod, vilket det gör för exempelvis skruvmetoden. Dock är metoden känslig för bottnar med stora stenar eller andra grova fraktioner. Vattendjupet för muddring begränsas av



Cutterhode. Foto: Seaequipment

längden på armen, vanligen 15-20 meter.

Metoden har inte använts för miljömuddring i Norge. Kapaciteten är mycket stor, ca 50-400 m³/timme fast teoretisk volym. För att utrustningen ska kunna användas behöver det från början vara minst 1 meter djupt. Precisionen på muddringen är ca ±15 cm både i vertikalled och horisontalled.

Metoden är lämplig för lätt konsoliderade massor samt lösa massor (grus, sand, silt och lera). Skärhuvudet används för att lösa upp massorna, och miljömuddring med metoden bör därför om möjligt genomföras med ett fast lock över skärhuvudet. Viss spridning av massor sker när massorna skärs bort från botten, men när de pumpas till ytan sker inget spill. Spridningen av muddermassor från denna metod är vanligen större än från en ren hydraulisk metod, men mindre än från en gräv- eller gripskopemetod.

Precis som flera andra muddringstekniker ger metoden en ökad spridning om skärhuvudet behöver lyftas genom vattenmassan till fartyget för att rengöras. Metoden tillför mycket vatten till de muddrade sedimenten, ofta ca 10-20 gånger den fasta teoretiska volymen, vilket ger en vattenhalt på 90-95 %. Avvattning behövs därför vanligen innan massorna kan omhändertas slutgiltigt.

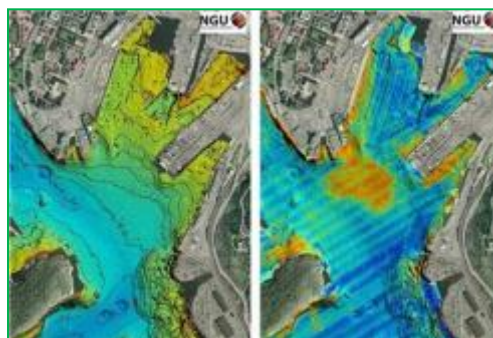
10.4.3 Disk cutter suction dredger

En Disk cutter suction dredger består av ett roterande gräv hjul med blad som är monterade på en sugarm som är fäst vid själva muddringsfartyget. Det roterande gräv hjulet löser upp bottenmassorna när hjulet roteras och förs över botten. I mitten av gräv hjulet sitter ett rör genom vilket massorna pumpas upp till en pråm eller direkt till land. Metoden passar för relativt jämn och mjuk botten som inte innehåller stora stenar eller främmande föremål. Vattendjupet begränsas av längden på den fasta armen, vanligen ca 15 meter.

Denna metod är varken tillgänglig eller använd i Norge. Kapaciteten antas vara ungefär densamma som för den horisontella augern, alltså ca 25-50 m³/timme fast teoretisk volym. Vattendjupen bör initialt vara minst 1 m för att metoden ska fungera. Noggrannheten är ca ±10 cm i vertikalled och ca ±15 cm i horisontalled.



Disk-kutter (Foto Boskalis, G. Hoogewerff)



Eksempel på sjøbunnsdata innsamlet med NGUs fartøy FF Seisma i indre Oslofjord.

Bildet til venstre viser dybdeforholdene i Biørvika. Gul farge indikerer grunne områder, blå farge viser vandedp over 20 meter.

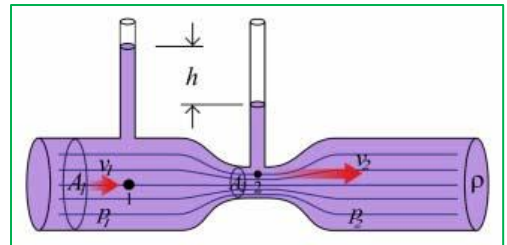
Bildet til høyre viser egenskapene i sedimentene på havbunnen. Blå farge viser bløte bunnsedimenter (slam), mens gule områder indikerer hardere sedimenter (grus). Bildet viser at båtpropeller har "blåst bort" de fineste sedimentene på bunnen.

Metoden passar inte i områden med sten eller andra grova material utan fungerar bäst för muddring i homogena massor såsom sand, lera och silt. Viss spridning av massor sker när massorna skärs bort från botten, dock sker ingen spridning vid själva pumpningen av massorna.

Spridning av material från denna metod är vanligen större än från en ren hydraulisk metod, men mindre än från en mekanisk metod. I de fall skräp fastnar i grävthjulet och armen måste lyftas genom vattenmassan för att rengöras sker en ökad spridning. Metoden producerar mycket extra vatten, ca 3-5 gånger den fasta volymen, och muddermassorna kan antas innehålla ca 70-90 % vatten, och behöver därför vanligen avvattnas.

10.4.4 Jetmuddring och Jet Air muddring

”Jetmuddring” och ”Jet Air” muddring är olika metoder för att suga upp sediment med mycket hög vattenhalt och pumpa dem till närliggande områden, våtmarker och landarealer. ”Jet spray”-metoder har inte använts i Norge, men används mycket internationellt vid underhåll av vattendrag.



Jet Lift og Air Lift

Djupvattensmetoder för muddring med hjälp av ROV¹⁹⁹ och sänkt sugmuddringsutrustning anses inte vara relevant och nämns därför inte vidare här. Viss information om detta finns dock i rapporten DNV 2008²⁰⁰.

10.5 Grumling i samband med muddring

En central fråga i alla muddringsprojekt, speciellt vid mekanisk muddring, är att förhindra spridning av partiklar. Muddring i rena sedimenten leder primärt till grumling och uppslamning av partiklar i närliggande områden.

Muddring i förorenade områden kan förutom grumling även generera spridning och exponering av miljögifter. I Norge ställs därför i de allra flesta fall krav på att åtgärder vidtas för att förhindra spridningen av sediment. Kraven ställs primärt vid själva muddringen, men även vid deponering till havs. Nedan nämns fyra alternativa tekniker:

¹⁹⁹ ROV, Remotely Operated Vehicles, i detta fall fjärrstyrda undervattensfarkoster

²⁰⁰ <http://www.klif.no/publikasjoner/2425/ta2425.pdf>

- › Spontväggar
- › Siltgardiner
- › Länsar
- › Bubbelridåer

10.5.1 Spontväggar

I några större internationella åtgärdsprojekt, har man valt att innesluta muddringsområdet med enkla eller dubbla spontväggar av stål. Det finns olika anledningar till att man väljer den här metoden, men exempelvis starka strömmar kan vara en orsak. I mindre områden kan man torrlägga sedimenten genom att pumpa bort vattnet bakom spanten.



Spuntvegg i St. Lawrence River (Foto Faust Corp.)

En fördel med muddring bakom en spontvägg är att man har en bestämt mängd vatten. Denna vattenvolym kan endast hålla en viss mängd partiklar i suspension innan återsedimentation sker.

Spontväggar kan också användas i olika kombinerade muddrings-, deponerings- och konstruktionssammanhang.

Exempelvis kan förorenade massor deponeras innanför en spontvägg

och avskärmas från resten av området, ungefär som en kassun. Spontväggen kan också utgöra en del av framtida kajkonstruktioner eller dylikt. I Norge finns få exempel från projekt där spontväggar har använts, men metoden bör absolut ses som ett alternativ för kommande projekt.

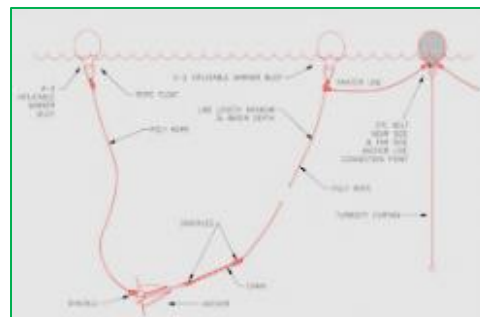
10.5.2 Siltgardiner

Den vanligaste metoden för att förhindra spridning av sediment i norska muddringsprojektprojekt är användande av siltgardiner. En siltgardin är en geotextil som kan utformas på flera olika sätt, men med så pass liten maskstorlek att små partiklar inte kan tränga igenom. Användning av siltgardiner är lämplig vid långvariga mekaniska muddringsoperationer. Vid begränsade eller korta muddringsprojekt kan knappast kostnaderna för bruk av siltgardiner försvaras. Ett alternativ kan då vara länsar i kombination med hänsynstagande till naturliga förhållanden såsom strömmar och tidvatten.



Siltgardin brukt ved Aker Stord (Foto R.M. Konieczny)

Siltgardiner bör omsluta eller avskärma hela muddringsområdet och lämpligen placeras från ytan ner mot botten. Vid hydraulisk muddring kan siltgardinen monteras så att den stiger upp från botten. I de fall arbetet kräver in- och utpassage från muddringsområdet kan överlappande slussar inrättas.



Prinsipp for oppanking av siltgardiner

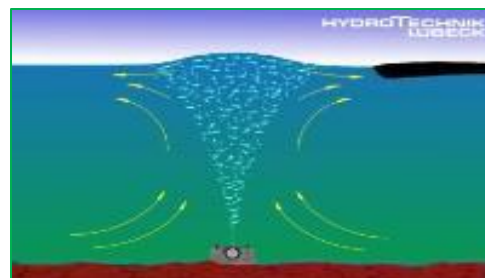
I praktiken ger användandet av siltgardier en hel del utmaningar. För att de ska kunna fungera som det är tänkt är det viktigt att de förankras ordentligt och att har tillräckliga flytanordningar. Den genomsnittliga toleransen för siltgardiner är strömhastigheter på ca 0,4-0,6 m/s.

10.5.3 Bubbleridåer

Ett kostnadseffektivt alternativ till siltgardiner är bubbleridåer, som har utvecklats internationellt. Metoden baseras på att luftbubblor utgör en vägg som förhindrar spridning av sediment. Bubbleridån genereras genom att ett perforerat rör placeras på havsbotten, och genom att tryckluft pressas genom röret skapas en ständig ström av bubblor upp till ytan.

Bubbleridåer kan vara ett alternativ i områden där fartygstrafiken behöver upprätthållas under en pågående muddring.

Pilotprojektet i Trondheim hamn omfattar bland annat en demonstration av metoden. Man konstaterade att bubbleridåer bör kunna utvecklas och användas vidare för att minska risken för spridning av sediment vid muddringsarbeten i Norge. För detaljerad läsning se *Boblegardin mot spredning av muddermasser*²⁰¹.



201

<http://trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Boblegardin+mot+spredning+av+muddermasser.pdf>

10.5.4 Länssar

Ett effektivt sätt att förhindra spridning av partiklar i åtgärdsområden kan vara att lägga ut länssar. Länssarna kan vara effektiva på grunt vatten, men kommer inte att hindra spridning längs botten, där muddringen sker.

Länssar kan också användas runt pråmarna för att begränsa spillet av massor under lastning, se vidare avsnitt 10.7.



Bruk av skjørtelenser i Oslo havn (Foto Rambøll)

10.6 Transport av sediment

Om massorna inte lastas direkt från muddringsområdet till mellanlagringen eller den slutliga deponiplatsen kan de istället transporteras på flera olika sätt. Valet av transportlösning styrs av sedimenttyp, volymer, avstånd och deponins utformning. De vanligaste transportmedlen är

- › Pråm (släp, självgående, botten tömmande mm)
- › Muddringsfartyg (Hopper)
- › Rör eller slangar



Slepelekt (Foto www.sjotjenester.no)

10.7 Spill av massor vid sanering

Vid miljömuddring är det särskilt viktigt att man minimerar mängden spill vid muddring och dumpning. Bilderna på nästa sida illustrerar att både muddring med miljöskopa, masshanteringen med bulldoser och transport med pråm kan leda till temporärt spill av massor och ofrivillig spridning av miljögifter. Detta understryker vikten av att upprätta en massbudget som innefattar alla led i åtgärdsprocessen. Myndigheterna har utarbetat en vägledande skrift för detta ändamål, *Miljøgiftbudsjett TA-2804/2011*²⁰².



Selvgående splittlekt (Foto Viktor Jæger)

²⁰² <http://www.klif.no/publikasjoner/2804/ta2804.pdf>

I vissa fall kan spillet vara så högt som 20 % enbart under transporten från muddringsområdet till slutdeponeringen. Exempel på verkliga data från åtgärdsarbetet, se *Rambøll 2008*²⁰³.



Miljømudring i Oslo havn 2006-2008 (Foto: Rambøll)

Felaktig användning av siltgardiner och länsar kan också leda till oönskade utsläpp av partiklar i vattenmassan. Bilderna nedan visar ett muddringsprojekt vid Akersälvens utlopp, med spridning av partiklar ut till Hovedøya (Oslo hamnområde).

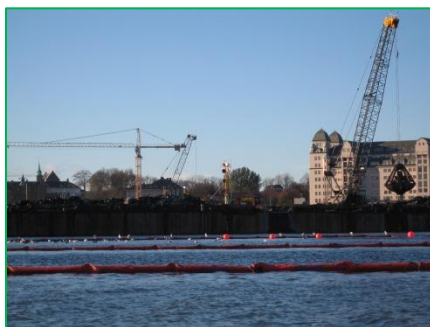


Bjørsvika-Bispavika, Oslo havn (Foto Viktor Jæger)

²⁰³ http://www.vegvesen.no/_attachment/72609/binary/40445



Akerselvas utløp, Oslo havn (Foto Viktor Jæger)



Bruk av siltgardiner og lenser i Oslo havn (Foto Rambøll)

10.8 Deponering av sediment

Deponering av rena eller förorenade sediment genomförs främst inom projekt med övertäckning eller andra former av isoleringsteknik.

Själva placeringen kan genomföras på flera sätt beroende på vad som skall uppnås. De vanligaste metoderna är:

Dumpning i fria vattenmassan

- Via rörledning
- Från Hopperfartyg
- Från botten tömmande pråm

Deponeringen i fasta konstruktioner

- Havsbotten
- I strandzonen
- Landdeponi

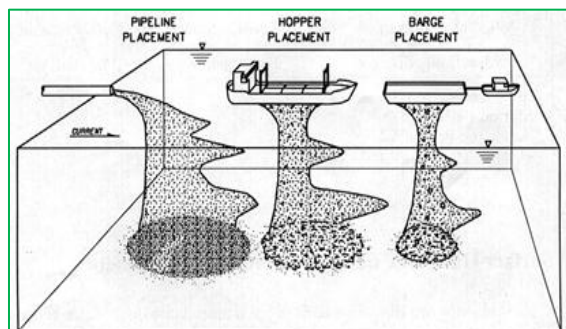


Deponeringslekter for sand [Kristiansandsfjorden](#)
(Foto Hallgeir Skretting)

10.8.1 Deponier i havsområden

Deponering av muddrade sediment i den fria vattenmassan (OWD)²⁰⁴ är en av de allra mest använda metoderna internationellt sett. Det handlar dock om icke förorenade sediment, bland annat från underhållsmuddringar.

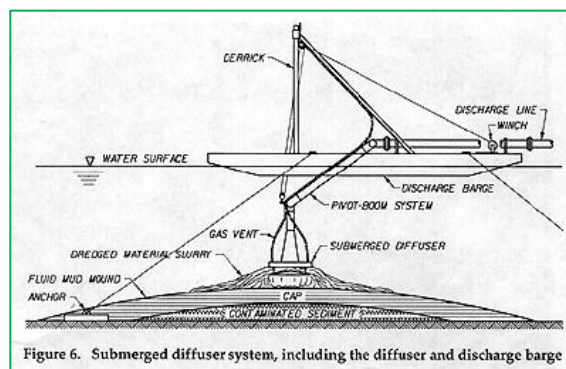
- › Den mest använda deponeringsmetoden
- › Mindre lämplig för förorenade sediment
- › Kan användas för att täcka stora arealer (ISC²⁰⁵)
- › Kan användas för konstruktion av CAD-celler eller för senare deponeringar



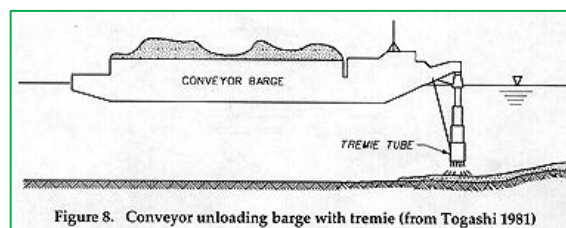
Deponeringsprinciper; rörledning, hopper og lekter (USACE)

Vid deponering i den fria vattenmassan bör hänsyn tas till vad som kommer att hända med de dumpade massorna och den havsbotten som täcks, både på kort och lång sikt, och i detta även väga in eventuell dynamisk kollaps.

Deponering av förorenade massor behöver ske på annat sätt. Illustrationen till höger visar två olika exempel på lösningar för nedförande av sediment, en spridare, och en omvänd så kallad ”tremie tube” monterad på olika transportfartyg.



Nedföring med senket diffuser system (USACE)



Nedföring med omvendt tremie (USACE)

²⁰⁴ OWD, Open Water Disposal or Displacement

²⁰⁵ In situ capping

11 Sedimentprovtagning

Provtagning av marina sediment i Norge regleras formellt genom standarden NS-EN ISO 5667-19:2004²⁰⁶. Standarden ersatte den gamla NS 9422:1998, och har fått titeln "Vannundersøkelse - Prøvetaking - Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder". Standarden fastställer riktlinjer för provtagning av marina sediment som skall analyseras för fysikaliska och kemiska egenskaper. Standarden omfattar:

- › Strategi för provtagning
- › Krav på provtagningsutrustning
- › Observationer och uppgifter från provtagningen
- › Hantering av sedimentprover
- › Paketering och lagring av sedimentprover

För analys och behandling av data hänvisas det i standarden till ett antal redan existerande publikationer och dokument. I praktiken har rutinerna kring sedimentprovtagning i hög grad utvecklats individuellt hos de olika huvudaktörerna (konsulter och rådgivare) under lång tid. Provtagnings- och analysprogram för sedimentundersökningar har fastställts utifrån olika målsättningar, recipientförhållanden, sedimenttyper och inte minst tillgänglig utrustning. Utvalda exempel på varierade protagningsrutiner och hur dessa beskrivs i Norge kan vara:

- › Multiconsults sedimentundersökning från Olderhavna båthavn i Finnsnes²⁰⁷. I rapportens avsnitt 3.1 Feltundersøkelser står det; "Prøvetaking og analyse er utført i henhold til prosedyrer gitt i veiledere fra Klif (TA-2229/2007²⁰⁸ og

²⁰⁶ <http://www.standard.no/no/Sok-og-kjop/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=145057>

²⁰⁷ http://olderhamna.no/attachments/article/4/Milj%C3%B8unders%C3%B8kelse_rapport.pdf

²⁰⁸ <http://www.klif.no/publikasjoner/2229/ta2229.pdf>

- TA-2230/2007²⁰⁹), norsk standard for sedimentprøvetaking i marine områder (se ovan), samt Multiconsult sine interne retningslinjer".
- › I Rambølls undersøkning i Hammerfest havn, står det i rapportens kapitel 2.1; "Prøvetaking av sedimenter og grunnvann ble utført 28. april og 3. juni 2009. Prøvetakingen av sedimenter følger SFTs veileder for risikovurdering av forurensset sediment (TA-2230/2007)".
 - › NGI rapport for Drammen hamn– Feltundersøkelser Holmen, står det i avsnitt 2.1; "Feltarbeidet ble utført 14. desember 2010, og omfattet prøvetaking av sedimenter med Van Veen-grabb i 7 punkter".
 - › NIVAs rapport for Uppfølgjande sedimentundersøkingar i Arendal hamnområde, beskriver i avsnitt 2.1 Sedimentanalyser; "Innsamling av sedimentprøver for analyse av vertikalfordeling av miljøgifter og aldersdatering er gjennomført i to omganger. Den 16.12.2011 ble det tatt fire kjerneprøver sentralt i havneområdet ved bruk av Gemini-corer (Figur 2)".
 - › COWIs sedimentundersøkingar i Flekkefjord²¹⁰, beskriver fältarbeidet i rapportens avsnitt 6.4; "Prøveinnsamlingen ble gjennomført 11., 12., 13. og 25. mai 2011. Overflateprøvene av sediment ble tatt fra båt ved bruk av Van Veen grabb..... Kjerneprøvene ble tatt av dykkere".
 - › Norconsults sedimentundersøking vid Buøy²¹¹, beskriver i rapportens avsnitt 3.1.1; "Prøvetakingen ble utført den 13. og 14. oktober 2011 fra båt, Prøvene fra utfyllingsområdet ble tatt med en liten Van Veen-grabb".

Nedan beskrivs provtagningsutrustning og metoder for insamling av sediment som har anvendt i Norge. Som næmnt ovan görs valet av provtagningsutrustning utifrån sedimenttyp och mål med undersökningen, samtidigt som hänsyn tas till gällande vägledningar och riktlinjer.

Fältarbetet loggförs noggrant med alla data som kan ha betydelse för undersökningens resultat. Provpunkterna lokaliseras med hjälp av geografiska koordinater med hänvisning till referenssystem så att de skall kunna återfinnas vid kompletterande eller utökade undersökningar. Vilket koordinatsystem som används bestäms på projektnivå, men vanligen används UTM – Euref 89.

I de flesta fall används GPS för positioneringen. Noggrannheten är normalt ca ± 2,5 m. I områden med brist på satellittäckning kan positionen istället bestämmas med hjälp av kryssspejling med radar eller dylikt. Oavsett vilket uppnås den noggrannhet som anges i standarden.

²⁰⁹ <http://www.klif.no/publikasjoner/2230/ta2230.pdf>

²¹⁰

http://www.lister.no/phocadownload/Dok_Rene_Listerfjorder/Flekkefjord_Miljounderokels_e_Trinn1_Risikovurd_Sep11.pdf

²¹¹ [http://www.stavanger.kommune.no/Documents/KBU - Kultur og byutvikling/PLANSAKER/Utleggelse/Utlagt_2012/2426/2426_milj%C3%B8unders%C3%B8kelser.pdf](http://www.stavanger.kommune.no/Documents/KBU_-_Kultur_og_byutvikling/PLANSAKER/Utleggelse/Utlagt_2012/2426/2426_milj%C3%B8unders%C3%B8kelser.pdf)

Vattendjup vid provtagningsstationerna bestäms med hjälp av ekolod, manuell lodning, märkning på provtagningsutrustningens lina eller dylikt, beroende på vad som är mest ändamålsenligt för den aktuella provtagningen. Vattendjupen korrigeras för tidvatten baserat på Norska Sjøkartverkets vattentidtabell och vattenstånd från Det norske meteorologiske institutt samt Sjøkartverket och skall som minst anges till närmsta metern.

11.1 Manuell insamling

Provtagning av sediment utförs primärt från fartyg, men i vissa fall är vattendjupet inte tillräckligt eller sedimenten otillgängliga, till exempel om åtgärdsområdet omfattar sediment under kajer eller i närheten av undervattensinstallationer. Vid sådana tillfällen används ofta dykare för att ta proverna. Dykaren använder en handhållen rörprovtagare eller överför proverna direkt i provkärlen.

I vissa specifika fall är vattendjupet för stort för att sedimentprovtagning skall kunna genomföras på traditionellt vis. I dessa fall kan en ROV utnyttjas. I denna rapport beskrivs inte denna typ av provtagning vidare, eftersom fokus i denna rapport är sedimentprovtagning knutet till åtgärdsarbeten.

11.2 Bottenhuggare

Bottenprovtagning av sediment kan genomföras med tre olika bottenhuggare, beroende på bottenförhållanden och tillgängligheten på provtagningsplatsen.

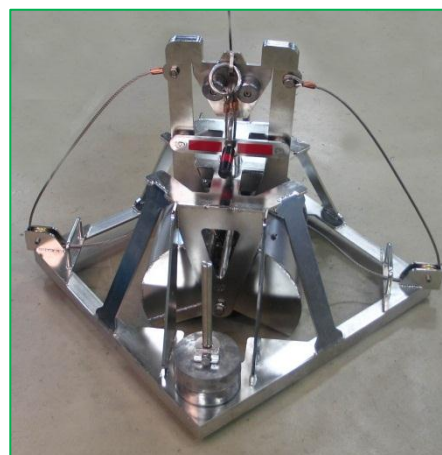
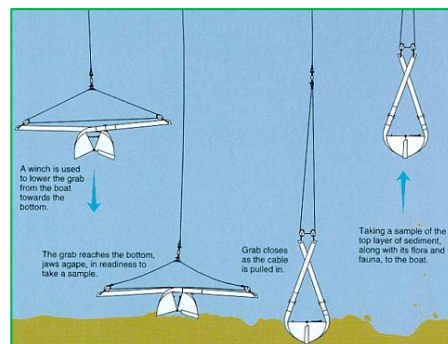
- › Van Veen huggare
- › ”Day” Grab
- › Box corer



Van Veen grabb med kort arm (Foto Analytika)



Van Veen grabb med lang arm (Foto Wikipedia)



Day eller Smith-McIntyre grabb (Foto KC/DK)

11.2.1 Van Veen huggare

Denna typ av bottenhuggare finns i två varianter, dels en med långa armar och dels en med korta. Provtagaren har ursprungligen utvecklats för biologisk provtagning (mjukbottenfauna), men fungerar också utmärkt för sedimentprovtagning.

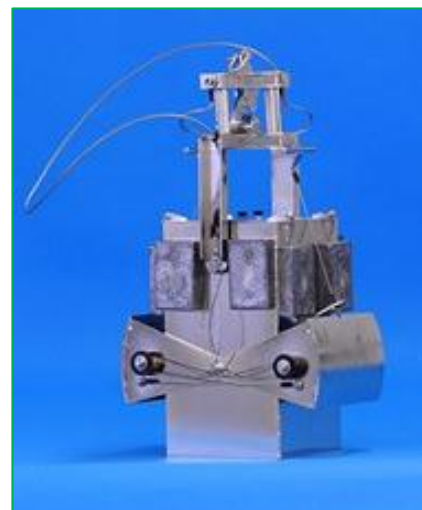
Provtagaren är gjord i rostfritt stål och har en provtagningsareal om ca 1000 cm² (33x33 cm). På ovansidan finns två ”inspektionsluckor” där proverna tas ut.

Från provtagaren kan delprov tas ut efter behov, exempelvis med hjälp av plexiglasrör (ø50 mm), eller med stålspade. Arealen av provcylindern motsvarar 2 % av provets areal.

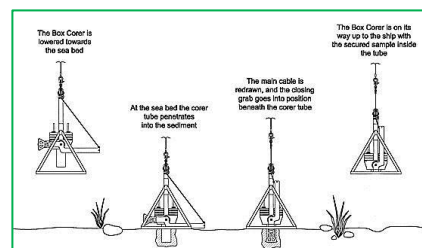
Provtagaren är enkel och snabb att använda och ger en fin bild av sedimentets överyta. Provtagningsdjupet begränsas dock till 5-25 cm beroende på sedimentens sammansättning. I mycket mjuka sediment tar Van Veen tar sällan ostörda prover.

Normalt tas blandprover från flera olika stationer, genom att material tas från flera bottenhugg. Varianten med korta armar används frekvent vid traditionella sedimentundersökningar i Norge. Kortarmade varianter av Van Veen kallas ”Peterson grab” eller ”Ponar grab”.

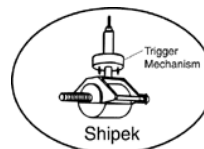
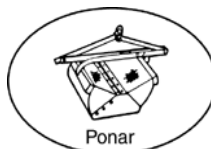
Den långarmade varianten används ofta i offshore övervakning, eftersom de stora vattendjupen gör det möjligt att använda extra vikter på gripskopan.



Birge-Ekman grabb (Foto KC/DK)



Stor "box corer" (Foto Wikipedia)



11.2.2 "Day" grab

”Day” eller ”Smith-McIntyre” grab fungerar ungefär som en Van Veen skopa, tillverkas av galvaniserat stål och är monterat på en ram för stabilare provtagning.

Provtagaren placeras på botten och käftarna löses ut. De provtar sedimenten i de övre 15-20 cm på en yta av 1000 m² havsbotten.

En liknande skopa men utan ram, dock med utlösningmekanism är en så kallad "Shipek" grab.

11.2.3 Box corer

Box corer förekommer i många varianter och storlekar i Norge. I princip är provtagaren en rörprovtagare som fungerar som en bottenhuggare. Den vanligaste varianten är den lilla Ekman-huggaren. Provtagaren väger bara omkring 30 kg och provtar en areal om ca 400 cm², eller ca 12 liter sediment. Provtagaren skär ut en box, upp till 30 cm ner i havsbotten och stängs med käftar på samma sätt som andra gripskopor. Provtagaren är behändig och behöver inte hängas i en vinsch som de större provtagarna behöver.

I de fall när större och näst intill ostörda prover behöver tas, kan man använda en större Box corer.

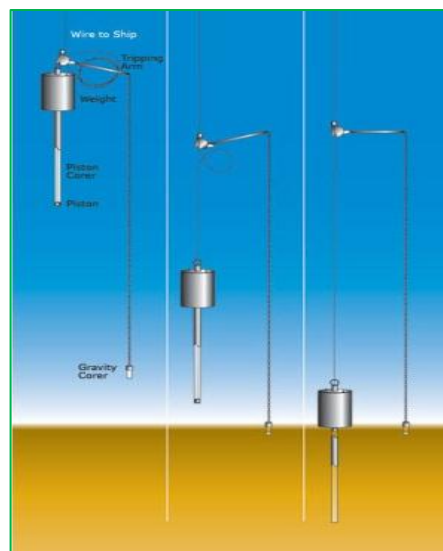
11.3 Rörprovtagare

Den här typen av sedimentprovtagare kan delas in i tre kategorier med flera varianter. Den vanligaste typen som har använts i miljörelaterade sedimentundersökningar är gravitations- eller fallprovtagare (piston corer).

Den andra typen av rörprovtagare kallas kolvprovtagare och verkar genom en annan princip. Den sista kategorin är vibrationsverkande och används i huvudsak inom geotekniska studier och omtalas därför inte vidare här. Variationen inom dessa provtagare ligger framför allt i längden på själva provtagaren, och därmed hur djupa prover man kan ta ner i sedimenten.



Gravity corer" (Foto Mooring Systems)



"Piston corer" (Foto Multiconsult)

11.3.1 Gravitationsprovtagare

För insamling av längre sedimentkärnor i mjuka sediment med högt innehåll av fina fraktioner, kan en tung fallprovtagare med fördel användas. Provtagaren tar ostörda prover med varierande diameter, vanligen mellan ca 70-140 mm.

Normalt är längden på kärnorna 2-4 m, men i vissa fall är upp till 10-12 m möjligt. Proverna skärs in i foderrör.

Provtagaren kan anpassas med tyngder till önskad vikt, upp till 400-500 kg och utlöses från ytan vid en förutbestämd höjd över botten. Utrustningen är mycket väl lämpad för snabb provtagning i områden där man önskar att provta djupt ner i sedimenten.

I kartläggnings- och övervakningssammanhang i Norge har man traditionellt använt kortare rörprovtagare, såsom "Nimestö gravity corer". Provtagaren är av stål, är 120 cm lång med ett foderrör av plexiglas och väger ca 70 kg utan vikter. Andra lättare varianter är exempelvis Kajak, Brinkhurst och Phleger rörprovtagare.

Den här typen av provtagare, och även så kallade "stämpelprovtagare", tar kärnor om ca 50-70 cm, vilket ofta är tillräckligt för behoven i de flesta miljörelaterade projekt.

I Norge efterstävar man att ta 3-4 replikat med provkärnor från varje provstation. I mitten av 1990-talet infördes därför en nationell "multicorer", se bild nedan.

11.3.2 Kolvprovtagare

Metoden kan användas när det finns ett behov av djupare kärnor än 25-30 cm, och lämpar sig både för fina och grova sediment. Provcylindern är av plast eller rostfritt stål, och har normalt en diameter på ca 50-60 mm, och en längd om ca 1 m.

Provtagningen utförs genom att kolven placeras ca 10 cm från botten av plastcylindern. Parallellt med att provtagaren pressas ner i sedimentet pressas kolven upp i provcylindern. Därmed lämnas havsvatten mellan kolven och ytsedimenten, och sedimentytan förblir orörd.

En hjälpvajer kan hängas på kolven för att lyfta den när botten nås för att proverna inte skall komprimeras av trycket. När provet når vattenytan förseglas cylindern med gummilock i topp och botten.



Multicorer. (foto V. Diekamp/MARUM)

12 Analyser i åtgärdsarbetet

Analysarbetet inom en åtgärdsutredning styrs främst från åtgärdsområdets utsläppshistorik, dvs vilka verksamheter som har bedrivits på platsen tidigare, vilka utsläpp som har skett samt vilka föroreningar som har påvisats. Inom de flesta områden är det därför endast nödvändigt att analysera med avseende på ett urval av ämnen.

Urvalet kommer naturligtvis variera mellan olika lokaliteter och primärt vara knutet till åtgärdens målsättning och problemformulering.

Analyserna inom arbetet med kartläggning, övervakning, tester, effektstudier är kostsamma. Parametrar och provtagningsmedier bör därför väljas så att resultaten kan vara praktiskt tillämpbara i flera olika faser av åtgärdsarbetet.

Nedan följer en översikt över vägledande regelverk och krav inom nationella övervakningssammanhang. I åtgärdsarbetet bör alltid en juridisk bedömning göras i förhållande till detta.

12.1 Kemiska analyser

I Norge ska kemisk övervakning av vattenförekomster i första omgången omfatta analys av vatten, sediment och biota. För att den kemiska statusen i en vattenförekomst skall klassificeras som god får uppmätta halter inte överskrida satta gränsvärden i dessa matriser. Gränsvärdet för vatten är antingen angett som ett maxvärde eller som ett årligt genomsnittsvärde.

Att den kemiska statusen i en vattenförekomst har klassificerats som god utifrån vattenprover innebär att alla föreningar i analyser i alla vattenprover ligger under den satta maxnivån, samt att alla koncentrationer under ett år inte överskrider det årliga maximala genomsnittet. I dag finns gränsvärden för alla prioriterade ämnen i vattenkolumnen, och tre ämnen i biota. Både EQS²¹² för sediment och biota är

²¹² EQS, Environmental Quality Standard

under utveckling inom EU, men det är osäkert när dessa ska finnas tillgängliga. Tills vidare får därför existerande vägledningsdokument användas, det vill säga:

- › Vägledning sediment - Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann TA2229/2007²¹³
- › Vägledning biota - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann TA1467/1997²¹⁴

Klassgränser för kategorisering av kemiskt tillstånd i åtgärdsområdet:

- › Grenseverdier for prioriterte stoffer i kystvann og ferskvann²¹⁵
- › Grenseverdier for andre miljøgifter kystvann og ferskvann²¹⁶
- › Grenseverdier for prioriterte stoffer i sediment i kystvann²¹⁷
- › Grenseverdier for andre miljøgifter i sediment i kystvann²¹⁸
- › Grenseverdier for miljøgifter i marin biota²¹⁹
- › Grenseverdier for andre miljøgifter i biota²²⁰

Miljögifter som skall övervakas om det inte finns några tidigare data från vattenförekomsten²²¹ är följande²²²:

- › Bly (Pb)
- › Bromerade difenyletrar (PBDE)
- › Diklor-Difenyl-Trikloretan (DDT)
- › Di(2-ethylhexyl)ftalat (DEHP)
- › Hexaklorocyklohexan (lindan)
- › Kadmium (Cd)
- › Klorparafiner (SCCP, MCCP)
- › Kvicksilver (Hg)
- › Naftalen
- › Nickel (Ni)
- › Nonyl/oktylfenol
- › Polyaromatiska kolväten (PAH)
- › Tributyltenn (TBT)

²¹³ <http://www.vannportalen.no/78212.link>

²¹⁴ <http://www.vannportalen.no/78213.link>

²¹⁵ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=2115050

²¹⁶ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=2115049

²¹⁷ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=3462062

²¹⁸ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=3462063

²¹⁹ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=3462064

²²⁰ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=3462067

²²¹ http://www.vannportalen.no/dm_linkInternal.aspx?fm_site=42585&amid=3462068

²²² Webblänken leder till listan. Själva listan finns dock inte med i den norska originalrapporten, men har lagts in i den svenska översättningen.

Det finns inte norska gränsvärden för alla föroreningar som är upptagna på EU:s lista över prioriterade områden. Eftersom det inte finns värden för sediment och biota behöver vattenförekomsten inte värderas med hänsyn till dessa matriser.

Tabellerna visar gränsvärden som idag gäller för vatten, sediment och biota i kustvatten. För att en vattenförekomst skall klassificeras till god kemisk status bör koncentrationerna av miljögifter vara under respektive gränsvärden. Avseende metaller kan dock förhöjda värden i vissa fall förklaras av naturligt höga bakgrundshalter. Gränsvärden för vatten är angivna i µg/l. Enheter för gränsvärden i sediment och biota för kustvatten anges i mg/kg TS eller µg/kg TS²²³.

Gränsvärden för miljökvävet i biota skall inte förväxlas med gränsvärdena för intag och försäljning av fisk och skaldjur. Dessa gränsvärden anges av Mattilsynet²²⁴.

12.2 Biologiska analyser

Biologiska analyser som beskrivs i detta avsnitt skall inte förväxlas med förfarandet att genom kemiska analyser beskriva tillståndet i biologiskt material, vilket beskrivs ovan. Med biologiska analyser menas istället relevanta analyser som kan kopplas till sedimentet där en åtgärd skall genomföras, såsom:

- › Analyser av fauna (effekter, bioturbation, kolonisering)
- › Bakteriologiska analyser (biologisk nedbrytning)
- › Ekotoxikologiska analyser (giftighet, effekter)

12.3 Fysikaliska analyser

Fysikaliska analyser i samband med saneringsåtgärder innefattar:

- › Sedimentens kornstorlek och organiska innehåll
- › Geologiska parametrar
- › Hydrografiska parametrar

²²³ TS, torrsubstans

²²⁴ www.mattilsynet.no

13 Norska pilotprojekt

Pilotprojekten som har utformats och genomförts i Norge, kan snarare benämnas som ”pionjärprojekt” eller FoU utvecklingsprojekt. Ett pilotprojekt i åtgärdssammanhang, är per definition ett projekt där en teknik utprövas i en större skala.

När laboratorietester har genomförts för en specifik åtgärd (se avsnitt 8.10), skall pilottester normalt genomföras. Detta är för att dokumentera att metoden fungerar som man tänker sig i de naturliga förhållandena. Ett pilotprojekt kan exempelvis innebära att man testar olika kemiska eller biologiska behandlingsmetoder för de förorenade sedimenten, specifika muddringsmetoder eller placering av sediment. Ett pilotprojekt får gärna vara på en demonstrationsskala. Ett klassiskt exempel på ett pilotprojekt är de förarbeten som utfördes utanför Palos Verdes i Kalifornien, se avsnitt 16.2.

Nedan presenteras de fem pilotprojekten, inklusive hänvisningar och länkar till ytterligare information.

13.1 Sandefjord hamn

Sandefjords hamn har förorenats av många olika typer av industrier, av varvsverksamhet och genom avrinning från förorenade områden. Dessutom bidrar fartygstrafiken till att sediment grumlas upp och förorenade sediment kan spridas.

Saneringsprojektet i Kamfjordkilen längst in i Sandefjordsfjorden påbörjades år 2001 och avslutades 2003. Det blev starten på saneringen av hela fjorden. Målet var att förbättra miljötillståndet samt att bidra till att minska den negativa påverkan på det marina livet. Pilotprojektet i Sandefjord bidrog även till kunskap och erfarenheter kring:

- › Muddringsmetoder och användandet av sugmuddring och pneumatisk muddring (se kapitel 10)
- › Effekter vid deponering i grundvattensdeponier

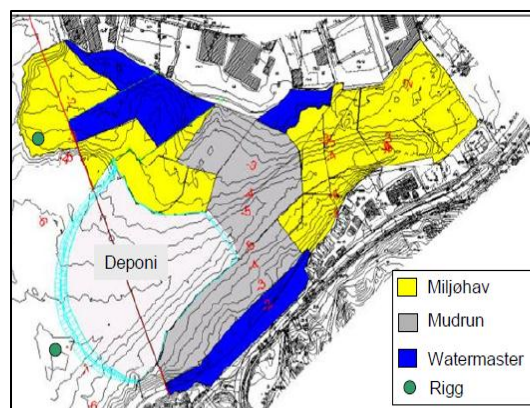
Projektet var ett samarbete mellan det lokala näringslivet, Sandefjords kommun och SFT (Klif). De totala kostnaderna för att genomföra projektet var över 26 miljoner NOK, där SFT bidrog med ca 18 miljoner NOK (ca 2/3 av kostnaderna).



Ett av skälen till att staten betalade så pass stor del var att de industriella verksamheter som varit huvudkällan till föroreningarna i denna del av fjorden var nedlagda. Projektet leddes av Sandefjords kommun och arbetet utfördes av NCC, NIVA och NGI. Inder år 2002 utfördes följande åtgärdsaktiviteter:

- › Muddring och sugmuddring
- › Byggnation av deponi på grunt vatten
- › Placering av förorenade sediment i geotuber

I ett dokument där erfarenheterna från projektet har sammanställts för pilotprojektet i Sandefjord (NIVA 2005) återfinns resultaten av de utprovade metoderna: Nedan följer citat ur dokumentet:



De øvre 50 cm av sedimentet i et areal på ca 87 000 m² er mudret ved bruk av to ulike metoder, og massene er deponert i et gruntvannsdeponi. Kontrolltiltak har fokusert på måling av partikkeltransport ut av tiltaksområdet og etter karakterisering av miljøgiftene i øvre 2 cm. Det er vist at det er praktisk mulig å mudre bløte sedimenter på en kontrollert måte, men bare ett av tre mudringsfartøyer brukt ble ansett som egnet. Gruntvannsdeponiet har fungert etter intensjonen og utlekkingen av PCB fra området der deponiet er lagt er redusert med over 98 %. Tiltaks målet om miljøkvalitet av SFT klasse III eller bedre ble ikke oppnådd i mer enn ca 3 % av arealet. Den nye bunnen var preget av et lett mobiliserbart, sterkt forurensset sedimentlag som også var til stede ca 1 år etter mudringen. Hovedkilder synes å være resuspensjon inne i Kilen og fergegenerert transport av partikler til Kilen fra havna utenfor. Tilførsel fra land, overløp og bekkedar bidrar lite.

För fördjupade studier av detta väl undersökta område med påbörjade saneringsåtgärder, se Rapporter om miljøsituasjonen i Sandefjordfjorden og Sandefjord Havn²²⁵.

13.2 Kristiansand hamn

Kristiansandsfjorden har varit mycket förorenad från tung industri i flera decennier, men också från varvsverksamhet, militär aktivitet och flera havsnära avfallsupplag. Dessutom är hamnområdet i Kristiansand en hårt trafikerad hamn, även av fritidsbåtar. Sedimenten har varit förorenade med dioxiner, hexaklorbensen (HCB), PCB, PAH, TBT och flera tungmetaller. Följande ambitionsnivåer utvärderades:



Transport av sand i Hannevika
(Foto: Hallgeir Skretting)

- › Ambitionsnivå 0 – Nollalternativet.
Ingen åtgärd genomförs i sedimenten i Kristiansandsfjorden. En eventuell förbättring av miljötillståndet kommer endast bero på naturlig sedimentation.
- › Ambitionsnivå 1 – Låg. De tyngst belastade områdena skall åtgärdas för att minska spridningen till andra områden. Åtgärderna skall på sikt medföra att kostråd gällande konsumtion av fisk och skaldjur kan upphävas i alla områden, förutom de mest belastade.
- › Ambitionsnivå 2 – Medel. Alla kostråd för Kristiansandsfjorden ska kunna upphävas inom 10 år efter att åtgärden har genomförts.
- › Ambitionsnivå 3 – Högt. Tillståndet i Kristiansandsfjorden skall förbättras till en nivå där miljögifter inte har någon effekt på biota.



Mudring utenfor Falconbridge (Foto Jon Egil Vinje)

Åtgärdsprojektet skulle innefatta följande huvudaktiviteter:

- › Genomförande av olika åtgärder för att minska problemet med miljögifter i Kristiansandsfjorden, utifrån den utarbetade åtgärdsplanen.
- › Utvärdering av saneringsarbetet genom noggrann dokumentation av tillståndet i fjorden före och efter åtgärd.

²²⁵ <http://www.sandefjordsfjorden.no/enkel.aspx?m=60924>

- › Dokumentation och rapportering av miljömässiga, tekniska och praktiska förhållanden vid de olika projekt som genomförs, bland annat övertäckning i Hannevika.
- › Förbättra kunskaperna om föroreningsproblematiken i småbåtshamnar.

År 2002 utfördes följande pilotprojekt (se Statusrapport 2002 for tildekkingsprosjekt i Hannevika)²²⁶:

- › Övertäckning av förorenade sediment i Hannevika med rena massor från vägprojekt
- › Miljöuppföljning och dokumentation av övertäckningsarbetet
- › Studie av uppgrumling av sediment från fartygsankring

Övertäckningen av förorenade sediment i Hannevika, var det första steget av miljösaneringen i Kristiansandsfjorden. Erfarenheter från projektet samlades på åtgärdsprojektets hemsida hos Fylkesmannen i Vest-Agder²²⁷. Nedan finns en lista med rapporter med nyttig läsning i framtida åtgärdsarbeten. För mer komplett översikt hänvisas till webbsidan²²⁸ eller till rapporter efter att projektet var avslutat²²⁹.

- › Oppvirvling og spredning av forurenset sediment på grunn av skipstrafikk²³⁰
- › Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter: Med fokus på Kristiansandsfjorden²³¹
- › Tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden (DNV)²³²
- › Miljøgifter i sedimenter i Kristiansand (FMVA)²³³

²²⁶ http://www.klif.no/arbeidsomr/vann/sedimenter/hannevika-tildekkning_statusrapport2002.pdf

²²⁷ <http://www.fylkesmannen.no/Vest-Agder/>

²²⁸ <http://www2.fylkesmannen.no/search.aspx?m=56679&advancedSearch=y>

²²⁹ <http://www2.fylkesmannen.no/enkel.aspx?m=56679>

²³⁰ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1869/ta1869.pdf>

²³¹ <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/1864/ta1864.pdf>

²³²

http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tiltaksplaner/vestagder_kristiansandsfjorden.pdf

²³³ <http://www.kristiansandsfjorden.no/>

13.3 Trondheim hamn

Trondheims hamn är en trafikhamn där kraftigt förorenade sediment har påträffats i stora delar av hamnområdet, med föroreningar som PCB, PAH, TBT och tungmetaller. Föroreningsproblematiken kan kopplas till uppgrumling från fartygstrafik, samt diffusa utsläpp från land. Följande utredningar genomfördes inom pilotprojektet:

- › Utveckling och utprovning av metoder för masstabilisering och användning av förorenade sediment för landvinning.
- › Storskalig demonstration av rening av förorenade sediment.
- › Genomförande av muddring i förorenade sediment samt utveckling av egen muddringsmetodik.
- › Genomförande av en åtgärdsanalys, det vill säga en prioritering mellan förorenade områden.
- › Utredning av möjligheterna för att finansiera sanering i hamnområden med hjälp av lokala åtgärdsfonder.
- › Utvärdering av kostnad kontra nyttan av masstabilisering och rening.



Trondheim havn 1952



Trondheim havn 2012. Foto: Fjellanger Widerøe

Stabilisering av muddermassor i en strandkantsdeponi, hade inte genomföras tidigare i Norge, men liknande projekt hade genomförts i Finland och Sverige. Projektet utfördes av Trondheims hamn (projektledare), SCC, Selmer Skanska och DMV.

Projektet startades upp år 2001 och avslutades år 2004. Projektets budget fastslogs till 50 miljoner NOK. STF (Klif) bidrog med totalt 28 miljoner kronor.

Pilotprojektet har en egen webbsida under Trondheims hamn²³⁴. Mycket information och rapporter²³⁵ utarbetades för att dokumentera erfarenheterna från projektet. Nedan är ett antal utvalda rapporter:

- › Årsrapporter för 2002²³⁶ – 2003²³⁷ – 2004²³⁸ – 2005²³⁹

²³⁴ <http://www.tih.no/pilotprosjektet.aspx>

²³⁵ <http://www.tih.no/rapporter-pilotprosjektet.aspx>

²³⁶ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Årsrapport+2002.pdf>

- › Tiltaksanalyse 2003²⁴⁰ - Lokale tiltaksforhold 2003²⁴¹ - Forberedende arbeider 2003²⁴²
- › Kost-nytteanalyse for Fase 1 og 2 (2003)²⁴³ – Kost-nytteanalyse ved tiltak i sedimenter (2006)²⁴⁴
- › Renseteknologi (2004)²⁴⁵ - Kostnytteanalyse ved våtmekanisk rensing (2006)²⁴⁶
- › Overvåking av mudring og dumping – Fase 1 (2003)²⁴⁷
- › Miljøgifter i marine organismer i Trondheim havn (2005)²⁴⁸
- › Opprydding i gamle miljøsynder (seäven avsnitt 8.3)²⁴⁹
- › Re-kontaminering av sedimenter etter mudring (2009)²⁵⁰
- › Håndbok for stabilisering og solidifisering²⁵¹

²³⁷ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/om-oss/Arsrapport+2003.pdf>

²³⁸ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Arsrapport+2004.pdf>

²³⁹ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Arsrapport+2005.pdf>

²⁴⁰ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Tiltaksanalyse.pdf>

²⁴¹ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Lokale+tiltaksfond.pdf>

²⁴²

<http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Forberedende+arbeider.pdf>

²⁴³ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Kost-nytte+analyse+Fase+1.pdf>

²⁴⁴

<http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Hva+er+nytte+og+kostnader+ved+tiltak+i+sedimenter.pdf>

²⁴⁵ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Renseteknologi.pdf>

²⁴⁶ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Kost-nytte-vurdering+for+våtmekanisk+rensing+av+forurensede+sedimenter.pdf>

²⁴⁷

<http://www.trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Overvåking+av+mudring+og+deponering+av+forurenset+sediment+i+Trondheim+havn.pdf>

²⁴⁸

<http://www.trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Miljøgifter+i+marine+organismer+i+Trondheim+havn+2005.pdf>

²⁴⁹ <http://www.tih.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Brosjyre.pdf>

²⁵⁰

<http://www.trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Rekontaminering+av+sedimenter+etter+mudring.pdf>

²⁵¹

<http://www.trondheimhavn.no/uploads/dokumenter/utvikling/pilotprosjektet/Handbok+Stabilisering+og+solidifisering.pdf>

13.4 Tromsø hamn

Sedimenten i Tromssundet är lokalt förorenat av olika miljögifter, bland annat PAH, PCB, TBT, DDT och tungmetaller. En av utmaningarna i Tromsø är de starka havsströmmarna som kan transportera föroreningarna långt bort från den ursprungliga källan. Pilotprojektet fick ekonomiskt stöd till den första fasen av saneringsarbetet i hamnområdet, vilket var att upprätta en åtgärdsplan. Medlen skulle bland annat gå till att förbättra kunskaperna gällande:

- › Vilken roll stark ström och stora tidvattensfluktuationer har för spridning, bindning och upptag av miljögifter och för valet av åtgärd.
- › Biologiska och ekotoxikologiska effekter av miljögifter i sediment, samt utvecklande av metodik för utvärdering.
- › Betydelsen av olika källor på land, bland annat miljögifter i kommunala avlopp, dagvatten mm.

Pilotarbetet omfattar dessutom:

- › Kartläggande av föroreningssituationen
- › Riskvärdering av dagens tillstånd och av genomförande av en åtgärd
- › Värdering av vilka förbättringar som kan förväntas vid genomförande av åtgärd

Baserat på kartläggning och riskvärdering skulle en åtgärdsplan utarbetas. Projektet genomfördes av en grupp bestående av Tromsø kommun, Tromsø hamn och Vervet AS. Arbetet utfördes i huvudsak av Akvaplan-NIVA, NIVA och NGI. Kostnaderna fastslogs till omkring 4,4 miljoner NOK, varav STF (Klif) bidrog med 3,5 miljoner under åren 2002-2004.



Tromsø havn. Foto: Ola Røe

År 2002 genomfördes bland annat en kartläggning av källor. Resultaten rapporterades våren 2003. Arbetet med biologiska effektstudier startades upp och färdigställdes år 2004. Pilotprojektet "Opprydding av forurensede sedimenter i Tromsø havn" resulterade i följande rapporter:

- › Tiltaksmetoder (NGI 2004)²⁵²
- › Kartlegging av kilder til forurensning i Tromsø indre havneområde og Tromsøysund 2002–2003 (APN 2003)
- › Biologiske effekter (delprosjekt 2) (SFT 2004)
- › Risikovurdering av forurenset sedimenter i Tromsø havn (NGI 2005)²⁵³

²⁵² http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tromso_tiltaks_metoder.pdf

- Bindingsegenskaper og in situ biotilgjengelighet av miljøgifter i sediment fra Tromsø havn (APN 2004)²⁵⁴
- Forebygging og sanering av miljøgiftforurensning i Tromsø havneområde og Tromsøysund (APN 2005)²⁵⁵

13.5 Horten hamn

I Hortens hamn genomfördes en muddring av TBT-förorenade sediment i samband med utbyggnad av de yttre hamnområdena. SFT (Klif) bidrog med ekonomiska medel för att höja kunskapsnivån knutet till utläckage och toxicitet av TBT, i samband med att muddermassorna ej kan dumpas till havs, utan istället bör omhändertas på land.

Projektet leddes av Hortens hamn och de vetenskapliga delarna hanterades av Norconsult och Jordforsk. Följande experiment och praktiska aktiviteter utfördes:



Muddring av TBT -forurensede sedimenter i Horten havn.
Foto: J.H. Andersen



Fergetrafikk i Horten havn (Shipsforum.dk)

- Karaktärisering av förorenade sediment (kornstorleksfördelning, mineraler, TOC och tennorganiska föreningar)
- Lakförsök vid infiltration med regnvatten i sediment
- Ekotoxikologiska tester (*collemboler* och *encytraeider*)²⁵⁶.

I samband med att försöken planerades och modellerades genomfördes följande arbete:

- Litteratursammanställning för att identifiera modeller som kan användas vid riskanalys.
- Modellering av potentiell transport/spridning av TBT i den kommersiella modellen PHEREECQ²⁵⁷.

²⁵³ http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tromso_risikovurdering_ngi.pdf

²⁵⁴ http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tromso_fraksjoneringsstudier_akvaplan.pdf

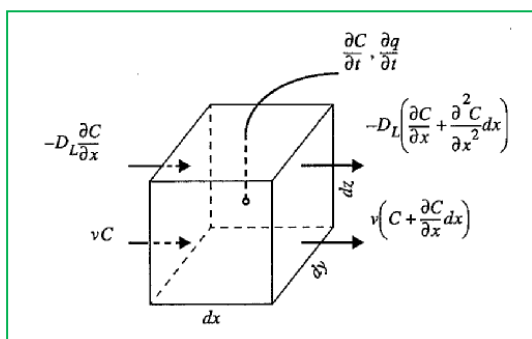
²⁵⁵ http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/tromso_tiltaksplan_akvaplan.pdf

²⁵⁶ Arter av hoppkräftor och havsborstmaskar

Slutrapporten²⁵⁸ för pilotprojektet utarbetades under 2006. Rapporten är mycket detaljerad, särskilt i modelleringsdelen. En slags konklusion av pilotprojektet var:

"Skillnader mellan beräknade och observerade värden för utlakning av TBT och förändringar i pH kan sannolikt förklaras av att sedimentets hydrodynamiska egenskaper och kemiska sammansättning inte kalibrerats mot uppmätta värden i laboratorieexperimenten. En tätare koppling mellan laboratorieförsök och jämförelser med observerade värden kommer därför att vara viktiga för tydligare identifiera den relativa betydelsen av de observerade processerna."

Om resultatet från pilotprojektet någon gång kan användas vidare i det nationella åtgärdsarbetet är svårt att säga utifrån den genomgång av underlagsinformation som är gjord.



Ledd i den adveksjon - reaksjon - dispersjon ligningen (ARD) i PHREEQC-modellen.

²⁵⁷ PHREEQC, A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations,

http://wwwbr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/

²⁵⁸ http://www.klif.no/arbeidsomr/sedimenter/horten_tbt_rapport.pdf

14 Åtgärdsprojekt i tidiga faser

Ett antal projekt i Norge har efter de regionala åtgärdsplanerna i Fas 2, nu gått över till Fas 3. Det innebär att det mesta av kartläggningsarbetet (källor, sediment och biota) har avslutats och planen för åtgärdsfasen är lagd.

Även om själva idén med de regionala åtgärdsplanerna vara att harmonisera arbetet, är de olika projekten på olika nivåer i processen. Nedan har därför de mest illustrativa projektexemplen, från högt prioriterade områden i Norge, listats.

14.1 Harstad hamn

Efter sonderande sedimentundersökningar karakteriserades Harstad hamn som starkt förorenat, med tydlig påverkan av biologiskt material (SFT 1994b)²⁵⁹. Området blev därför högt prioriterat i det fortsatta arbetet, (SFT 1998)²⁶⁰ och i efterhand har åtgärdsplaner utarbetats i Fas 1 och 2.



Foto: Bernard Muller

I samarbete med Kystverket, som har behov av att utvidga farleden i Harstad, skall ett stort saneringsarbete genomföras. Projektet är just nu i planeringsfasen. När alla planer och tillstånd är klara och godkända kommer Kystverket och Harstad kommun handla upp projektet, jämför *Lov om offentliga anskaffelser*²⁶¹. Klif stöttade utarbetandet av åtgärdsplanen med 2,1 miljoner NOK under år 2009²⁶².

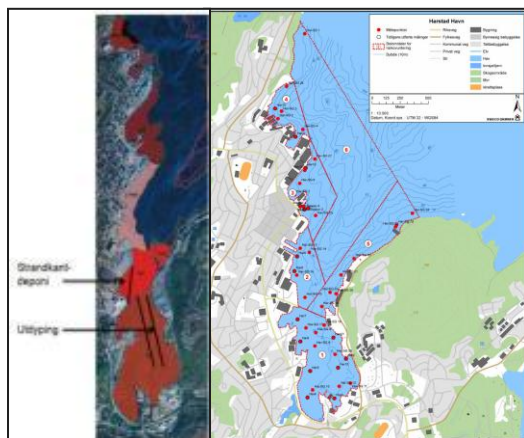
²⁵⁹ <http://ask.bibsys.no/ask/action/show?pid=95231696x&kid=biblio>

²⁶⁰ <http://www.nb.no/utlevering/nb/118e94037e00049e3b1da7d5d0f44c79>

²⁶¹ <http://www.lovdata.no/all/nl-19990716-069.html>

²⁶² <http://www.klif.no/Aktuelt/Nyheter/2009/Jul-2009/Stotter-miljotiltak-i-Harstad-havn-med-to-millioner/>

Uppstarten av anläggningsarbetet planerades till juni 2012. Arbetet skall avslutas under hösten 2013.



*Spleiselag for finansiering*²⁶³ där Harstad kommun bidrar med 47 millioner NOK, varav ca 50 % går till strandkantsdeponin. Kystverket bidrar med sina 23 millioner NOK, två av de lokala varven med sammanlagt 6 millioner NOK och norska staten med 45 millioner NOK.

Tilläggsinformation och mer detaljerad läsning:

Soneinndeling og tiltaksområder i Harstad havn



Foto: Harstad havn

- › Harstad kommune om prosjektet Ren havn²⁶⁴
- › Hva skal Kystverket gjøre i Harstad havn?²⁶⁵
- › Secora er i gang med tiltakene i Harstad havn²⁶⁶

14.2 Ramsunds Örlogsstation

I början av 1990-talet fann man stora mängder PCB och TBT i sedimenten i Tjeldsundet utanför Ramsund Örlogsstation (TSF 1994b).²⁶⁷ Föroreningshalterna var höga även i biota, vilket ledde till att kostråd infördes från år 2000. Sanering av deponier och källor på land genomfördes under 2005-2006, och uppföljande mätningar i biota visade att arbetena vid föroreningskällorna hade haft effekt i recipienten.

²⁶³ <http://www.klif.no/no/Aktuelt/Nyheter/2012/Juni-2012/45-millioner-til-miljooppyrdding-i-Harstad/>

²⁶⁴ <http://www.harstad.kommune.no/index.php?cat=177587>

²⁶⁵ <http://www.kystverket.no/Maritim-infrastruktur/Utbygging-av-fiskerihavner-og-farleder/Farledsprosjekter/Ren-Harstad-havn/>

²⁶⁶ http://www.secora.no/nor/Nyhetsarkiv/Siste_nyheter/Harstad+havn.b7C_wlfS1-.ips

²⁶⁷ <http://ask.bibsys.no/ask/action/show?pid=95231696x&kid=biblio>

Den åtgärdsinriktade sedimentundersökningen²⁶⁸, där totalt 427 prover togs i ett rutnät av 60x60 m inom ett område av 3 km², visade att det fanns fortsatta behov av åtgärder i sedimenten. En åtgärdsplan utarbetades och arbetet med sanering av sedimenten påbörjades sommaren 2012.



Foto: Dan Henrik Klaussen/NRK

Under 2011 sorterades avfall bort från havsbotten inför muddringsarbetet. Sedimenten skall muddras med sugmuddring, och kommer att transporteras till en extern deponi för farligt avfall.

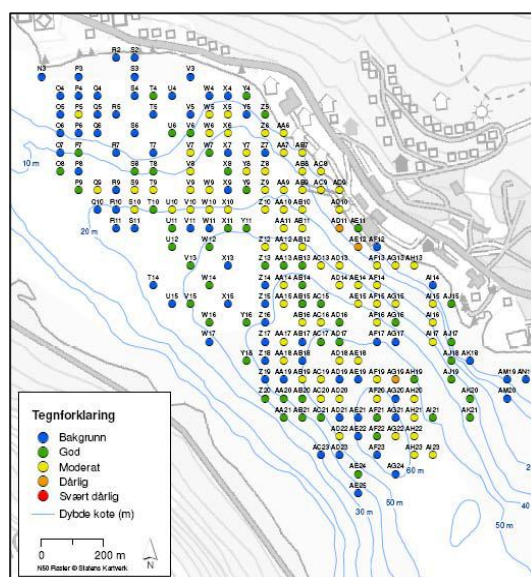


Foto: Dan Henrik Klaussen/NRK

Rapporter och dokument som har utarbetats i projektet:

- Söknaad om gjennomføring av tiltak (2011)²⁶⁹
- Pålegg om opprydding i sedimenter (2011)²⁷⁰
- Tiltaksplan for Ramsund
- Overvåking av muddringsarbeider
- Notat om miljøtiltak
- Notat om ny risikovurdering (2011)²⁷¹
- Klifs kunngjøring og høring (2011)²⁷²

De totala kostnaderna för hela projektet har beräknats till 130 miljoner NOK.



PCB i sediment (Forsvarsbygg)

²⁶⁸ <http://www.sednet.org/download/H-Bjomstad-poster.pdf>

²⁶⁹ http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/forsvarsbygg_ramsund_soknad230211.pdf

²⁷⁰ http://www.klif.no/nyheter/brev/ramsund_sjobunn_forsvarsbygg211211.pdf

²⁷¹

http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/forsvarsbygg_ramsund_risikovurdering120511.pdf

²⁷² <http://www.klif.no/horing2003-381>

14.3 Sanering i Laksvågen

Forsvarsbygg arbetar med att kartlägga och ta bort PCB från ubåtsbunkern Bruno i Laksvågen. Efter andra världskriget dumpades transformatorolja innehållande PCB från tyska ubåtar i ödelagda torrdockor i ubåtsbunkern i Laksvågen, vilket ledde till en spridning av PCB i området när oljan började läcka ut. De mycket höga koncentrationerna av PCB i området har gjort att objektet fått högsta prioritet för sanering i Bergens kommun.

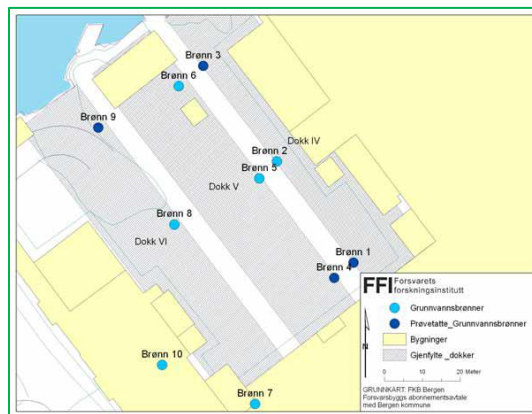
Forsvarsbygg har sedan början av 1990-talet kartlagt området för PCB och har genomfört målinriktade åtgärder för att stoppa spridningen från ubåtsbunkern. Exempelvis har viss upprensning skett i enskilda kanaler, och luckor har satts in för att förhindra att förorenad sand sprids ut i havet. Detta har lett till att man har tagit bort PCB från delar av området.

Under januari 2012 kommer åtgärdsplanen för arbetet att vara klart, och målet är att ta upp och föra bort så mycket PCB som möjligt och därefter kapsla in och stoppa resterande miljögifter från att spridas utanför dockan. Forsvarsbygg samarbetar i detta projekt aktivt med externa konsulter för att hitta de mest kostnadseffektiva lösningarna för området.

För ytterligare bakgrundsinformation, se rapporten ”Vurdering av PCB-förorensning ved Ubåt-bunkeren i Laksevåg” (FFI 2005)²⁷³.



Foto Forsvarsbygg



Fra FFI 2005



Foto FFI

²⁷³ <http://rapporter.ffi.no/rapporter/2005/01118.pdf>

15 Fullskaliga norska åtgärdsprojekt

Nedan har alla Norska fullskaliga projekt som har utförts mellan 1992 och 2012 samlats. Självklart har även en mängd mindre, mer lokala projekt, genomförts under perioden, men dessa nämns inte här.

15.1 Eitrheimsvågen – Odda

Eitrheimsvågen i Odda var svårt förorenad av zink och kadmium från utsläpp från produktionen och deponier till NORZINK, en producent av zink som är etablerat längst in i viken.

Saneringsarbetet innefattande att isolera deponin med hjälp av en spontvägg och ledning av lakvattnet till en reningsanläggning. Hela bukten som är 95 000 m² täcktes med geotextil och ren sand, och strandszonen erosionsskyddades med



Eitrheimsvågen frätidlig på 1980-tallet, før vågen ble dekket til med duk og sand. Det røde slammet skyldes tidligere utslipp fra Norzink.

gabioner. Lakvatten runt deponin och ut till sjön. Ett kontrollprogram för den strandnära deponin upprättades.

Effekten av åtgärden har varit mycket god, med en reduktion av >95 % av utläckaget av metaller från havsbotten till vattenmassan. På grund av det fortfarande finns diffusa källor i området har man konstaterat att det finns nya föroreningar i det översta sandlagret, som inte kommer från de massor som finns under.

Totalt har projektet kostat 40 miljoner NOK, varav kostnaderna för själva övertäckningen utgör 8 miljoner NOK. Projektet har finansierats av NORZINK med tillskott från SFT. Åtgärden färdigställdes år 1992.

15.2 Haakonsvern Örlogsstation

Havsbottnen vid Haakonsvern Örlogsstation har under basens driftstid förorenats av tungmetaller, olja, PAH, PCB och TBT. Föroreningarna har lett till kostråd gällande fisk och skaldjur i området och åtgärderna skulle leda till att dessa restriktioner på sikt skulle kunna avskaffas. Åtgärden bestod i att genomföra hydraulisk sugmuddring för att ta bort de förorenade sedimenten.



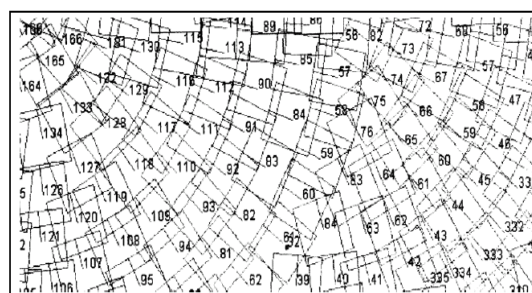
Sugemudringsutstyr monterat på en gravemaskin på lekter (Foto NCC)

Åtgärdsområdet omfattade en areal om ca 500 00 m² och sedimenten pumpades direkt till strandnära deponier som etablerades inne på marinbasen. Muddring har genomförts från kajerna ner till >50 m vattendjup, och totalt muddrades ca 100 000 m³.



Strandkantdeponi ved Haakonsvern (Foto FFI)

Man valde att muddra hela området bland annat för att slippa framtida restriktioner för ankring av fartyg i området eller dylikt. Deponierna skulle täckas och övervakas. Under hela projektet har ett stort kontroll- och övervakningsprogram genomförts. Projektet finansierades i sin helhet av Forsvaret, och kostade ca 185 miljoner NOK, inkluderat kostnaderna för framtida övervakning. Kostnaden blir då ca 460 NOK/m². Arbetet avslutades år 2002 (se slutrapport från 2003)²⁷⁴.



Mudringsplott

Den strandnära deponin vid Håkonsvern var ett av de första fullskaleprojekten i sitt slag i Norge, och miljömålen uppnåddes i hög grad. Detta har dokumenterats i *Presentasjon av prosjektet ved Haakonsvern*²⁷⁵.

²⁷⁴ <http://www.forsvarsbygg.no/Documents/Nedlastningssenter/Diverse/Haakonsvern/orlogstasjon/Forurensset/grunn%20og%20sj%C3%B8bunnsedimenter.pdf>

15.3 Aker Stords Varv

Intensiv kartläggning av hela varvsområdet visade att sediment och biota i hela varvsområdet var kraftig förorenat av miljögifter, metaller, olja, PAH och PCB. En åtgärdsutredning sattes därför igång, på eget initiativ. Samtidigt ansöktes det om att Aker Stord skulle kunna ingå i SFT:s pilotprogram, men ansökan avslogas.

På samma sätt avslogs en ansökan om ekonomiskt stöd för genomförande och utarbetande av ett erfarenhetsdokument. I efterhand kan man se att detta inte gick i linje med de påtryckningsmedel som myndigheterna senare har använt i åtgärdssammanhang.

Det beslutades likväl att åtgärden skulle genomföras för egen räkning. Åtgärdet i sedimenten samordnades med rivningen av plattformen ”Maureen Alfa”²⁷⁶. Delar av plattformens tre ben kunde användas som kombinerat fundament till ny djupvattenskaj och barriär för den strandnära deponin.

SFT (Klif) beskriver rivningsprojektet på sin webbplats år 2001²⁷⁷, där det bland annat står:



Aker Stord Verft (Foto Aker Maritime)



Slep av Maureen Alfa (Foto Dagbladet)

²⁷⁵

http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.klif.no%2Ffarbeidsomr%2Fsedimenter%2Fsedimentrad%2F030204%2Fsedimentrad_haakonsvern-miljorens.ppt&ei=LNuNUIfAFcjetAbq8YG4BA&usg=AFQjCNGnZgGxdQ51caE-NzVEIRgb9vfzDg&sig2=p0vfAC-gStm0mM9cHMnvIQ

²⁷⁶ <http://www.oilrig-photos.com/picture/number95.asp>

²⁷⁷ <http://www.klif.no/Aktuelt/Nyheter/2001/Jul/Plattformen-Maureen-Alpha-slept-til-Digemessundet/>

"Åker Stord har også søkt om tillatelse til deponering/gjenbruk av plattformens understell. Bedriften ønsker å bruke understellet som forsegling av PCB-forurensningen i indre del av havnebassenget, bygge en ny kai og utvide industriområdet med rundt 20 mål. Løsningen innebærer opprensning av 35 mål sjøbunn. Denne søknaden er nå til behandling i SFT".

Saneringsåtgärden omfattar muddring av förorenade sediment som lanstades i en bottentömmande pråm, klädd med en flexibel geotextil. När pråmen fyllts, syddes geotextilen ihop som en tub innehållande 130 – 150 m³ förorenade sediment. Geotuben transporterades i pråmen till deponiområdet, där det dumpades. Totalt dumpades ca 140 geotuber. Strandkantsdeponin täcktes till slut med nästan ren sand, som hade muddrats i samband med fördjupning av hamnen.

Hela Åker Stord-projektet är ett bra exempel på betydelsen av att utvärdera återvinningsalternativen i samband med saneringsprojekt. Följande problem kunde lösas genom samordning:

- › Övertagande av oljeplattform (vinst)
- › Rivning av plattform (kostnad)
- › Deponering och destruktion av delar av plattformen (kostnad)
- › Försäljning och återanvändning av delar av plattformen (vinst)
- › Ny djuphavskaj och industriareal 20 000 m² (kostnad)
- › Borttagande av starkt PCB-förorenade sediment från havsbotten (kostnad)
- › Fördjupning av havsområdet och speciellt i samband med ny djuphavskaj (kostnad)
- › Återanvändning av sand till övertäckning av deponi (vinst)

Efter att plattformen rivits, sanering av 35 000 m² havsbotten genomförts, och etablering av ny djuphavskaj med 20 000 m² kajområden utförts, gav detta en nettovinst på 70 miljoner NOK.

15.4 Oslo hamn

Projektet Ren Oslofjord påbörjades 2006 och avslutades 2101 som ett fullskaleprojekt. Totalt togs 440 000 m³ förorenade massor bort, och placerades i djupvattensdeponin vid Malmøykalven. De förorenade massorna har nu täckts med 40 cm ren sand för att förhindra spridning. Övertäckningen av deponin utfördes i flera faser, av Secora AS.

År 2007 genomfördes ett test i pilotskala, ett övertäckningsförsök på deponin (Steg 1), för att utvärdera metoder för utläggning av övertäckningsmaterialet. Efter att deponeringen av muddrade massor avslutades i oktober 2008, genomfördes den första övertäckningen på deponin under perioden november 2008-januari 2009 (Steg 2). På Klif:s webbsidor finns ytterligare information. Klif informasjon 2007 - Opprydding i Oslo havn (TA-2291)²⁷⁸. Informationsark Klif²⁷⁹.

Övervakning och undersökningar visade goda resultat, och geotekniska analyser visade att de muddrade massorna i deponin uppförde sig som normalkonsoliderad lera med tillräcklig bärcapacitet för att övertäckningen skulle kunna fullföljas. Den huvudsakliga övertäckningen av deponin utfördes under perioden februari 2009 till juli 2009 (Steg 3). Kontroll och dokumentation av tjockleken visade att ytterligare övertäckning behövdes för att villkoren i domen skulle fullföljas. Detta kompletterande övertäckningsarbete genomfördes under perioden september 2010-april 2011 (Steg 4).

Ansvariga för åtgärden har rapporterat att saneringsprojektet har bidragit till att 95-99 % av föroreningarna har tagits bort från de centrala delarna av Bjørvika och Pipervika. Dessutom har



Foto Secora



Foto Secora



Foto Jens Hertzberg

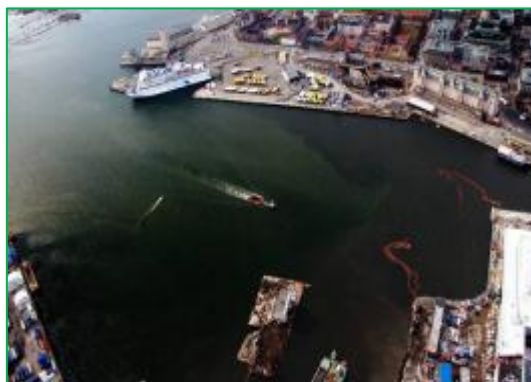


Foto Viktor Jæger

²⁷⁸ <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2007/September/Opprydding-i-Oslo-havn/>

²⁷⁹ <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2007/September/Opprydding-i-Oslo-havn/>

övertäckningen med sand (tunna skikt) i närliggande områden kring Bjørvika, Pipervika och Lohavn, bidragit till ytterligare miljöförbättringar.

Klif godkände att muddringsförfarandet skulle genomföras till tillståndsklass 2, samt även djupvattensdeponeringen och övertäckningen av havsbotten och deponi. Alla faserna i åtgärden genomfördes tillfredsställande, vilket även efterkontrollerna visar.

Klif menar att övertäckningslagrets tjocklek vid Malmøy-kalven²⁸⁰ har dokumenterats tillfredsställande i slutrapporten. Utvärdering av projektets mål och slutrapporter; NGI 2009a²⁸¹ - NGI 2009b²⁸² – NGI 2009c²⁸³ – Rambøll 2010²⁸⁴.

15.5 Hammerfest hamn

Som en följd av de regionala åtgärdsplanerna fas 2, fanns det år 2006 en plan för sanering av Hammerfest hamnbassäng. Parallellt med detta arbete, pågick etablering av ett Arktiskt kulturcenter i staden. Bygget skulle placeras på Fiskeribrygga längst inne i hamnområdet. Marken och strandzonen under det planerade bygget, samt havsbotten framför etableringsområdet, var kraftigt förorenat och hanteringen av dessa sediment kom att bli en utmaning.



Arktisk kultursenter (Hammerfest kommune)

Åtgärdsarbetet i Hammerfest hamn hade visat att övertäckning av föroreningarna potentiellt kunde vara den bästa lösningen av den lokala föroreningsproblematiken. Emellertid hade hänsyn inte tagits till att Hammerfest hamn är den mest trafikerade hamnen i Finmark, något som generellt skulle göra övertäckning av havsbotten något mer problematisk.

²⁸⁰ <http://www.klif.no/no/Aktuelt/Nyheter/2012/Januar-2012/Dypvannsdeponiet-ved-Malmoykalven-ferdig-dekket-med-ren-sand/?cid=3314>

²⁸¹ http://www.ngi.no/upload/28826/Ny_sj%C3%B8bunn_etter_tiltak_i_Oslo_havn_-_Sluttrapport_rev_1.pdf

²⁸² <http://www.renoslofjord.no/s/files/42/96/4/file/nysjobunnetiltaksluttrapport.pdf>

²⁸³ http://www.ngi.no/upload/28782/Malmoykalven_Sluttrapport.pdf

²⁸⁴

http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/dypvannsdeponi_malmoykalven_overdekning_ramboll.pdf

Eftersom även landområdena var förorenade, utvärderades även redan tidigt i byggfasen av kulturcentret, möjligheterna för att också hantera föroreningskällan inför åtgärderna på havsbotten.

Under sommaren 2006 utarbetades en alternativ åtgärdsplan, vilken presenterades för Fylkesmannen i Finnmark. Förslaget innebar att både förorenade sediment och förorenad mark som berördes inom byggprojektet, skulle stabiliseras i en CDF i strandzonen. Lösningen godkändes och implementerades.

Runt 5000 m³ sediment och lösa massor stabiliserades (STSO) och förseglades i strandzonen under bygget. Projektet inkluderades också som ett pilotprojekt i BIA projektet Stabil grunn²⁸⁵.

På Hammerfest kommuns webbplats beskrivs miljöprojektet Ren havn²⁸⁶. Där finns också en översikt över de miljöundersökningar som är utförda i Hammerfest hamnområde under perioden 1994-2012. Detta är ett bra exempel på hur omfattande dataunderlaget²⁸⁷ kan vara, även i ett mindre hamnområde i Norge.

En utvärdering av projektets måloppfyllelse visar att den är 100 % för projektet, vilken utgör en del av saneringsplanen för hela Hammerfest hamn. Förorenad jord och havsbotten kunde saneras kostnadseffektivt genom att sanerings- och utbyggnadsprojektet kombinerades.



Hammerfest havneområde



Illustrasjon av hvordan stabiliserte masser er brukt i konstruksjonen av arktisk kultursenter i Hammerfest (Illustrasjon Rambøll)

²⁸⁵ http://svein-erik.me/images/print/pdf/sluttrapport_bindemidler.pdf

²⁸⁶ <http://www.hammerfest.kommune.no/ren-havn-prosjekt.4757828-154609.html>

²⁸⁷ <http://www.hammerfest.kommune.no/publiserte-miljoegift-rapporter.5070005-154609.html>

15.6 Kadettangen - Bærum hamn

Bærum kommun önskade anlägga en ny strandpromenad längs med Sandviksälven. Genom att implementera STSO-tekniken, löste man samtidigt problemen med förorenade sediment i älven, genom att använda sedimenten som byggmaterial.

Det beslutades att muddring skulle genomföras 20 meter ut från blivande bryggkant, ut i älven vid Sandviksälvens utlopp i Sandvika i Bærum hamn. Orsaken var stabilitetsförhållandena i älven, samt en önskan att bevara biologisk mångfald längs en bredd motsvarande älven.

Älven muddrades senast under 1970-talet. Utsläpp från industri och olyckor i Sandviksälven har genererat förorenade sediment i tillståndsklasserna 3-5.

Arbetena i älven och i älvbotten måste genomföras under perioden 15 november till 15 april, vilket är efter det att laxen har vandrat upp i älven, och före det att sommarsäsongen startar. För att förhindra att jordmassor skredar ut i älven efter genomförd muddring, behövde en spontvägg sättas längs hela den sida av halvön Kadettangen som vetter mot älven. Betongspont valdes för ändamålet. Lösningen var miljövänlig eftersom den tillverkades i närområdet, i Lierskogen i Aster. Motsvarande stålspons tillverkades i Polen.

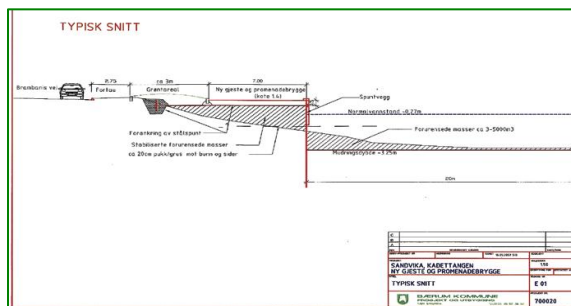
Älvkanten säkrades genom spontvägg till ett djup av ca 6 meter under färdigmuddrad älvbotten. Ca 3800 m³ sediment muddrades och lades bakom betongspontväggen. Själva spontväggen täcktes av en tät fiberduk på insidan, för att förhindra spridning av partiklar under muddring och även för att förhindra erosion i efterhand. Massorna stabiliserades med en blandning av cement och



Foto Bjørn Lunøe



Foto Bjørn Lunøe



Externa referenser med ytterligare detaljer om projektet finns på NGI:s webbplats²⁸⁸.

15.7 Kongsgårdbukta, Kristiansand

[illegible]

- › Byggnation av nytt hamnområde med tät kaj.
- › Etablering av deponi och dämning med filter.
- › Prestebekken kulverterades.
- › Grönområde med gångväg längs Prestebekken.
- › Upprustning av området för industriella ändamål.

Täckning /principskiss för anläggningen²⁸⁹, samt karta med placering av deponin²⁹⁰ återfinns på Fylkesmannens webbsidor.

289

nual_svensk_översättning.pdf.docx

Deponin, som hade en kapacitet på ca 70 000 m³, färdigställdes i januari 2006 och etablerades i anslutning till en gammal avfallsdeponi (enligt Klif, A-anläggning). Projektet bedrevs av flera kommunala instanser i Kristiansand kommun, och SFT (Klif) bidrog med 19 miljoner NOK. Totalkostnaden för arbetena uppgick till ca 50 miljoner NOK. Måluppfyllelsen med projektet ansågs vara mycket god.



Totalt visade saneringsprojektet i Kristiansandsfjorden hur man kostnadseffektivt kan kombinera större och mindre sanerings- och utvecklingsbehov. Flera förorenade områden sanerades i samband med projektet.



Marvika havsområde sugmuddrades under första halvåret 2009. Forsvaret/Skifte Eiendom var ansvariga för saneringsåtgärderna. Massorna dumpades i strandnära deponier i Kongsgårdsbukten. Den totala arealen, inklusive saneringen i Torsvikaområdet, var på ca 70 000 m².



Foto Frode Rosland

Sedimentsaneringen i de lokala småbåtshamnarna i Kristiansandsfjorden; Auglandsbukta (ca 20 000 m³ + tilläggsmuddring 2007), Christiansholm (ca 20 000 m³) och Justvik (ca 5000 m³). Totalt sugmuddrades 77 000 m³ och muddermassor transporterades till den strandnära deponin i Kongsgårdsbukten. En av erfarenheterna från åtgärderna vara att det i småbåtshamnarna ofta finns mycket avfall och skräp på havsbotten, vilket försvårar sugmuddring. Totalt har saneringen av havsområden i Kristiansandsfjorden kostat 67 miljoner NOK.

²⁹⁰ http://www2.fylkesmannen.no/40/Kart_strandkantdeponi_Kongsgardsbukta_-_A3_n31wP.pdf.file

16 Internationella projekt

I detta kapitel beskrivs ett par klassiska internationella saneringsprojekt för att synliggöra att våra utmaningar med hänsyn till situationen med förorenade sediment i Norge, får anses vara hanterbara. De två utvalda projekten genomfördes för ca 20 år sedan, men belyser hur omfattande ett åtgärdsprojekt egentligen är, att tillvägagångssättet bör vara etappvis samt hur stort behovet är av att dokumentera innan slutgiltiga beslut kan fattas (jämför manualens modell för en åtgärdsplan). projektpresentationerna är väldigt förenklade, men möjligheten finns att fördjupa sig i ämnet via de hänvisningar som inkluderas i projektbeskrivningarna.

16.1 New Bedford Harbor Capping

Ett av de allra största saneringsprojekten, både i omfång och i tid, som har genomförts är åtgärderna mot PCB-förorenade sediment i Superfund-projektet ”The New Bedford Harbor and Upper Acushnet River Estuary Capping”²⁹¹.



Noen stemningsbilder fra New Bedford Harbor 30 år etter (Foto The Urban Pantheist og US Sailing)

Efter intensiv kartläggning av föroreningsituationen under 1970- och 1980-talen, hamnade New Bedford Harbour år 1982 på EPA:s lista över de värst förorenade områdena i hela USA. Efter två år med studier gällande lämplig teknik, presenterades det i augusti 1984 en åtgärdsplan med olika saneringsalternativ.

²⁹¹ <http://www.epa.gov/nbh/>

Planen fick mycket kritik, och EPA beslutade att genomföra en rad kompletterande undersökningar. Bland annat genomfördes en Engineering Feasibility Study (EFS), knutet till spridning vid muddring och deponering. Denna utfördes av US ACE där den nationella expertisen deltog. Studien avslutades 1988 (se exempelvis US ACE rapport no. 6²⁹²).

Man beslutade sig för att konstruera en deponeringscell (CAD) med övertäckning. Kortfattat skulle cellen grävas ut ur havsbotten, fyllas upp med förorenade sediment som muddrats genom hydraulisk muddring, och därefter skulle de förorenade massorna täckas över med ett 35 cm tjockt lager av rena massor. Detta var bara en av de metoder som användes vid saneringen, som än idag (2012) inte är avslutad.

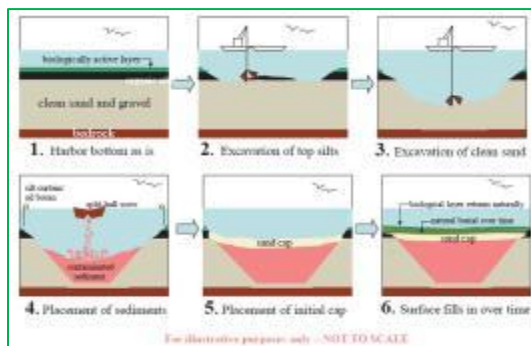
På EPA:s webbplats "New Bedford Harbor tiltaksplan – tekniske dokumenter og miljødata"²⁹³, beskrivs förarbetet, utarbetandet av åtgärdsalternativen, tester, utveckling och genomförande, 30 års miljöövervakning, samt det vidare arbetet i ca 225 dokument med bilagor.

Officiell information om projektet finns på EPA:s webbsida "Harbor cleanup"²⁹⁴, där det bland annat finns flera informationsvideor och slideshows²⁹⁵.



Oppryddingsarealer i New Bedford Harbor (Foto EPA)

[Online kart over oppryddingsområder](#)



Förenklat skisse av konstruksjon av deponicelle



²⁹² <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a200177.pdf>

²⁹³ <http://www.epa.gov/nbh/data.html#content>

²⁹⁴ <http://www.epa.gov/nbh/haborcleanup.html>

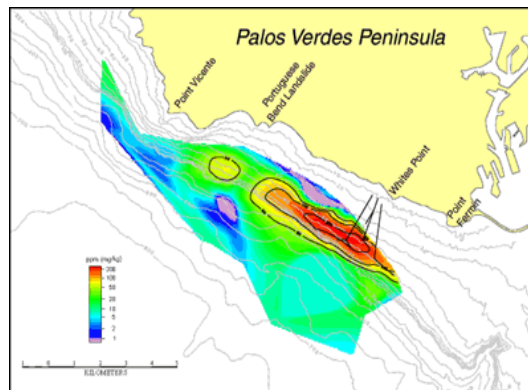
²⁹⁵

http://www.epa.gov/region1/video/nbh_slideshow/nbh_1013_final.html?width=420&height=345 samt

<http://www.epa.gov/region1/video/restoringnbh/restoringnbh.html?width=430&height=320>

16.2 Palos Verdes Shelf Capping

Övertäckningen av sediment på kontinentalsockeln utanför Palos Verdes i Kalifornien, vilket är starkt förorenat av mer än 1000 ton DDT, är troligen världens största övertäckningsprojekt på djupt vatten. De mest förorenade sedimenten återfanns på ca 80-90 m djup, men åtgärdsområdet på 44 km² sträcker sig ner till 200 m djup. Fullskaleprojektet utfördes av US ACE och kostade runt 140 miljoner USD.



Fordeling av DDT i sedimentene utenfor Palos Verdes

Efter en ingående lämplighetsstudie, beslutades om genomförandet av ett pilotprojekt. I pilotprojektet utvärderades korttidseffekterna av övertäckning av DDT-förorenade sediment med rena sediment. Dessutom skulle det studeras huruvida resultaten var beroende av variabler såsom val av övertäckningsmaterial, deponeringsteknik, eller vattendjup.



Pilot capping celler utenfor Palos Verdes

Pilotprojektet var en del av myndigheternas (US EPA) beslutsunderlag inför fullskaligt projekt. US ACE stod för genomförandet av projektet, som kostade runt 5 miljoner USD under åren 2000-2001. Projektet vid Palos Verdes, är mycket väldokumenterat genom hela processen, och anses vara det allra bästa att hämta erfarenheter från, vid utveckling av egna övertäckningsprojekt. Följande dokument kan hämtas från webbsidan US EPA Pacific Southwest, Region 9:

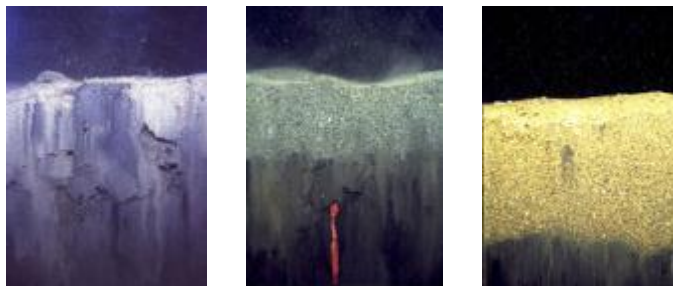
- Föreslagen åtgärdsplan - Proposed Plan (2009)
- Lämplighetsstudie, slutrapport - Final Feasibility Study²⁹⁶
- Slutrapport för åtgärdsundersökningen - Remediation Investigation Report²⁹⁷
- Rapport geotekniska undersökningar - Geotechnical Measurement Report²⁹⁸

²⁹⁶ <http://www.epa.gov/region9/superfund/pvshelf/pdf/final-feas-study-may09.pdf>

²⁹⁷ <http://www.epa.gov/region9/superfund/pvshelf/pdf/pvs-remediation-inv.pdf>

²⁹⁸ <http://www.epa.gov/region9/superfund/pvshelf/pdf/final-04geotech-measurement-program.pdf>

- › Slutrapport för studie av sedimentdeponering - Sediment Displacement Study²⁹⁹
- › Field Pilot Study of In Situ Capping of Palos Verdes Shelf Contaminated Sediments³⁰⁰



Palos Verdes sediment, før og etter overdekking

²⁹⁹ <http://www.epa.gov/region9/superfund/pvshelf/pdf/final-sediment-displacement-study.pdf>

³⁰⁰ <http://www.epa.gov/region9/superfund/pvshelf/pdf/pvs-field-study-report-2002.pdf>

17 Efterord

Efter mer än 20 år av omfattande miljökartläggning av hav, fjordar och kustområden i Norge, är problemen med förorenade sediment väl kända. Parallellt med arbetet att komplettera där det saknas data, har det genomförts intensiva utredningar gällande hållbara saneringsåtgärder för sediment.

Försöken med att harmonisera utredningsarbetet på regional nivå har varit förhållandevis lyckat, och det finns nu en solid kunskapsbas från vilken man kan bygga vidare och arbeta med nästa steg i utvecklingen. Redan för 10-20 år sedan bestämdes ambitionsnivån för det nationella saneringsarbetet, och kostnaderna beräknades i detalj. Kostnaderna beräknades utifrån den faktiska miljösituationen vi hade i Norge vid den tiden, samt internationella erfarenheter av då använda saneringstekniker.

När man ser på den historiska utvecklingen nationellt, den nationella kunskapsnivån, och tillgängligheten av kostnadseffektiva åtgärdsalternativ, framstår inte utvecklingen inom det fysiska åtgärdsarbetet som optimal. Drivkrafterna för att genomföra saneringsåtgärder i prioriterade områden framstår inte heller vara de faktiska miljöproblemen vi står inför, utan verkar i huvudsak styras av behoven av samhällsutveckling. Transporter, hamnar och vägar, verkar i hög grad vara de styrande faktorerna för att få till stånd saneringar i förorenade sediment.

Föroreningsstatus idag är att vi har över 100 högt prioriterade områden, och ca 30-40% av dessa havsområden associeras med råd eller restriktioner gällande konsumtion och försäljning av fisk och skaldjur. Förekomsten av miljögifter blir ständigt mer omfattande och i vissa fall, där vi tidigare menade att redan genomförda insatser lett oss på rätt väg, har vi upplevt bakslag, som exempelvis i Grönlandsfjordarna.

Miljögifter som PCB och DDT kan hittas i 1-2 år gamla blåmusslor på Vestlandet, eller i nylagda fågelägg i Nordnorge, 30-40 år efter att ämnena fasats ut. Vidare leder belastningen till en stadigt ökande förekomst av tvåkönade fiskar och däggdjur (isbjörn), speciellt i de norra områdena. Vi kan därför inte låta det nationella saneringsarbetet framöver styras av tillfälliga projekt som dyker upp via behovet av transporter och kommersiell utveckling. Vi kan heller inte låta detta

arbete vänta till dess att vi har täppt till alla nationella kunskapsluckor, när nästan all tänkbar teknologi finns tillgänglig redan nu.

Vi får heller inte glömma att sanering av förorenade sediment har pågått internationellt sedan tidigt 1960-tal. En världsledande aktör inom saneringsteknik är US Army Corps of Engineers som under perioden 1972-1992 producerade 140 rapporter, enbart gällande muddringstekniker. År 1992 bestämde Norge sig för att inleda det nationella saneringsarbetet genom att utarbeta Handlingsplanen.

Tio år senare lades flera tiotals miljoner norska kronor på att utreda om vi själva var i stånd att muddra och deponera sediment på grunt vatten. Vidare utreddes huruvida vi skulle kunna dumpa sand på havsbotten, eller utföra beräkningsmodeller. Kanske var det nödvändigt att få dessa erfarenheter, men så här i efterhand kan det framstå som väldigt dyrköpta lärdomar.

I Norge har dock flera storskaliga projekt genomförts de senaste åren, med god måluppfyllelse, men ofta med oväntat höga slutkostnader. Detta kan skyllas på bristande kunskapsöverföring eller en bristande vilja att utnyttja internationell kunskap. Man kan, med rätta, säga att många metoder inte passar för de speciella norska förhållandena. Mångfalden av metoder är dock stor, och inte minst så har många nya BAT-lösningar tillkommit. Inför det fortsatta arbetet i Norge, och efter hand som våra grannländer tar itu med sina utmaningar inom miljöområdet, är det viktigt att handläggare och beslutsfattare ser på utmaningarna med nya ögon.

Kanske kan ”Den grønne manual” fungera som en utgångspunkt för att vi tillsammans ser möjligheter och alternativ, gör innovativa val och fattar genomtänkta beslut på vägen mot en giftfri miljö (Stortingsmelding nr. 14).

Om projekt Hav möter Land

Klimat, vatten, samhällsplanering tillsammans

Hav möter Land samlar 26 organisationer i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak.



Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser.

Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap.

I projektet arbetar kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter tillsammans. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

Hjälp gärna till på www.havmoterland.se.



Partners

Länsstyrelsen i Västra
Götalands län
Østfold fylkeskommune
Artdatabanken
Aust-Agder fylkeskommune
Buskerud fylkeskommune
Falkenbergs kommun
Fylkesmannen i Aust-Agder
Fylkesmannen i Buskerud
Fylkesmannen i Telemark
Fylkesmannen i Vestfold
Fylkesmannen i Østfold
Göteborgs universitet
Havs- och vattenmyndigheten

Kungsbacka kommun
Larvik kommune
Lysekils kommun
Länsstyrelsen i Hallands län
Nøtterøy kommune
Orust kommun och
projekt 8 fjordar
Region Halland
SMHI
Sotenäs kommun
Telemark fylkeskommune
Vestfold fylkeskommune
Västra Götalandsregionen
Århus Universitet



Den grønne manual: Norske erfaringer av förorenade sediment – åtgärdsmetoder och sanering

Beskrivning av

- relevanta metoder för hantering av förorenade sediment
- olika åtgärds- och saneringsalternativ
- kontroll och övervakning av åtgärdsprojekt
- myndighetskrav som är relevanta i samband med saneringsprojekt

En översikt av statusen i arbetet med förorenade marina sediment i Norge.

Detta är den svenska översättningen av den norska rapporten Den grønne manual.



Hav möter Land

Projekt Hav möter Land samlar 26 kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak. Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser. Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

www.havmoterland.se



Hav möter Land



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Interreg IVA
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK