



Rapport / Report

Oslo Havn KF - Overvåking av forurensning ved mudring og deponering

Endelig oppsummering 2014

20140442-03-R
15. november 2014
Rev. nr.: 3, 16. november 2015

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Oslo Havn KF - Overvåking av forurensning ved mudring og deponering
Dokumentnr.: 20140442-03-R
Dokumenttittel: Endelig oppsummering 2014
Dato: 15. november 2014
Rev. nr./rev. dato: 3, 16. november 2015

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Oslo Havn KF
Oppdragsgivers
kontaktperson: Jarle Berger
Kontraktreferanse: 40HAV05 EO 58/62

For NGI

Prosjektleder: Arne Pettersen
Utarbeidet av: Arne Pettersen
Kontrollert av: Gijs Breedveld

Sammendrag

Denne rapporten gir en sammenstilling av miljøkvaliteten til sedimentene i Oslo Havn etter tiltak utført innenfor rammen av prosjekt Ren Oslofjord pr. utgangen av 2014. Rapporten baserer seg på mange studier gjennomført i løpet av prosjektperioden, som det henvises til for de som ønsker nærmere detaljer om de ulike tiltaksarbeider. Tiltaksarbeidene har bestått i:

- Mudring av forurensede sedimenter med påfølgende transport til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven der massene har blitt ført ned til sjøbunnen via lukket rør.
- Tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven.
- Tildekking av forurensede sedimenter med rene leirmasser på vann dypere enn 20 m.

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20140442-03-R
Dato: 2015-11-16
Rev. nr.: 3
Side: 4

- Supplerende tildekking av mudrede områder med sandmasser for å oppnå ønsket miljøkvalitet i områder grunnere enn 20 m.
- Tildekking med rene sandmasser på områder grunnere enn 20 m der mudring ikke var hensiktsmessig eller mulig.

Utførte arbeider i prosjektet "Ren Oslofjord" er omsøkt i "Søknad om mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnebasseng" datert 28. september 2005. Søknaden er basert på "Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt", vedtatt av Oslo bystyre 26. Oktober 2005. Følgende langsiktige forvaltningsmål er definert:

Det langsiktige forvaltningsmålet for indre Oslofjord er: "Bunnsedimenter skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, byutvikling, havnedrift, båtliv og yrkesfiske. Forurensede sedimenter eller bruken av indre Oslofjord skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Videre er det definert følgende operative mål:

Forurensede sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og det skal tilstrebes at kvaliteten på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

Som erfart i mudringsprosjekter både i Norge og internasjonalt, var det noe restforurensning på ny sjøbunn. Dette skyldes en kombinasjon av resedimentering av forurenset sediment på den mudrede flaten og en innblanding av forurenset sediment i den rene underliggende leira under mudring. Deler av de mudrede områder har derfor blitt dekket til med rene masser. Etter disse avbøtende tiltakene er det blitt oppnådd tilstandsklasse I eller II for alle vurderte forbindelser med unntak av TBT i Pipervika ved tildekking med leire, der median konsentrasjonen ligger i klasse III.

Tiltaket i havneområdet har fjernet 95-99 % av total mengde av de miljøfarlige stoffene som opprinnelig var til stede.

Nyere studier viser at det biologiske livet har kommet tilbake til indre deler av havneområdet.

Nedføring av mudrede masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven har medført en begrenset spredning av forurensning i bunnvannet inn i Bekkelagsbassenget under tiltaket. Sedimentkvaliteten rundt deponiet har imidlertid ikke blitt endret, og vannkvaliteten i de øvre vannmassene har ikke blitt påvirket. I deponiet har sedimentkvaliteten vist en markert forbedring som følge av tildekkingen. Tildekkingslaget er fysisk stabilt og ingen tegn til brudd er observert. Det ble observert avsetninger av finpartikulært materiale på overflaten av hele deponiet, noe som indikerer at området er et sedimentasjonsområde og ikke utsettes for erosjon. Bunnlevende organismer har begynt å rekolonisere området.

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20140442-03-R
Dato: 2015-11-16
Rev. nr.: 3
Side: 5

Oslo Havn KF har utviklet en blågrønn strategi som har til hensikt å redusere tilførsel til et minimum og dermed sikre at miljøeffekten som ble oppnådd gjennom tiltakene ikke forringes ved ny tilførsel av forurensning.

HOVEDKONKLUSJON

Mudringsarbeidene har gitt god miljøforbedring i Oslo havn og småbåthavnene. Denne miljøforbedringen er ytterligere forsterket ved å utnytte tilgjengelig rene overskuddsmasser som tildekkingsmasser. Det er oppnådd median tilstandsklasse II eller bedre for alle forbindelser i havneområdet med unntak av TBT i Pipervika ved områder som er tildekket med leire. I småbåthavner er det restforurensning igjen i sedimentene, som vurderes nærmere i forhold til kilder til avrenning av forurensning fra land. Arbeidet med småbåthavnene følges opp av Oslo kommune.

Overvåkingsresultatene fra dypvannsdeponiet viser at tildekkingslaget har tilfredsstillende tykkelse og ikke er utsatt for erosjon. Tildekkingslaget virker etter forutsetningen og hindrer spredning av miljøgifter. Spredning fra deponiområdet er nå vesentlig lavere enn før deponiet ble etablert. Marin bunnfauna er observert og rekoloniserer deponiområde. Fauna viser høy biodiversitet med innslag av nye mindre forurensningstolerante arter.

Fremtidig kvalitet i Oslohavn vil være sterk styrt av langtidsstrategien "Blågrønn strategi" som har til hensikt å redusere tilførsel fra byen til et minimum og dermed beskytte de oppryddede sjøarealene mot tilførsel av ny forurensning.

Innhold

1	Bakgrunn	8
2	Prosjektets miljømål	9
3	Organisering av kontroll og oppfølging	9
4	Sedimentene før tiltak	10
5	Metode for gjennomføring	12
5.1	Mudring	12
5.2	Tildekking	14
5.3	Dypvannsdeponering av mudrede masser	17
5.4	Tildekking av dypvannsdeponiet med rene masser	18
6	Utførte tiltak	21
6.1	Bjørvika	21
6.2	Pipervika	22
6.3	Øvrige deler av trafikkhavnen	22
6.4	Småbåthavnene	22
6.5	Opprustning av badeplasser	23
7	Restforurensning på mudrede arealer	23
7.1	Observert restforurensning	23
7.2	Tiltak for å bedre resultatet etter mudring	24
8	Kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak	24
8.1	Datahåndtering	25
8.2	Oppnådd resultat fremstilt som tilstandsklasser.	26
8.3	Forbedring i overflatesedimentet av ny sjøbunn etter tiltak	28
8.4	Vurdering av ”hot spots” i konsentrasjoner på sjøbunnen	30
8.5	Mengde forurensning fjernet	30
8.6	Redusert spredning fra sjøbunnen til bunnvannet	31
8.7	Reetablering av bunnlevende organismer	31
9	Overvåking av dypvannsdeponiet under nedføring	32
9.1	Kontinuerlig måling av turbiditet og strømhastighet	34
9.2	Turbiditetsprofiler	34
9.3	Prøvetaking av vann	36
9.4	Passive prøvetakere	36
9.5	Sedimentfeller	36
9.6	Sedimentkamera (SPI)	37
9.7	Kjemisk analyse av biologisk materiale	37
9.8	Andre metoder	38
10	Status ved dypvannsdeponiet	38
10.1	Tildekking	38
10.2	Kjemisk status	39
10.3	Biologisk status	40
10.4	Spredning	42
11	Vurdering av oppnådd resultat	46
11.1	Mudring og tildekking	46
11.2	Dypvannsdeponiet etter avslutning	48

Innhold



Dokumentnr.: 20140442-03-R
Dato: 2015-11-16
Rev. nr.: 2
Side: 7

12	Blågrønn strategi	49
13	Oppsummering og konklusjon	50
14	Referanser	52
15	Bibliografi	58

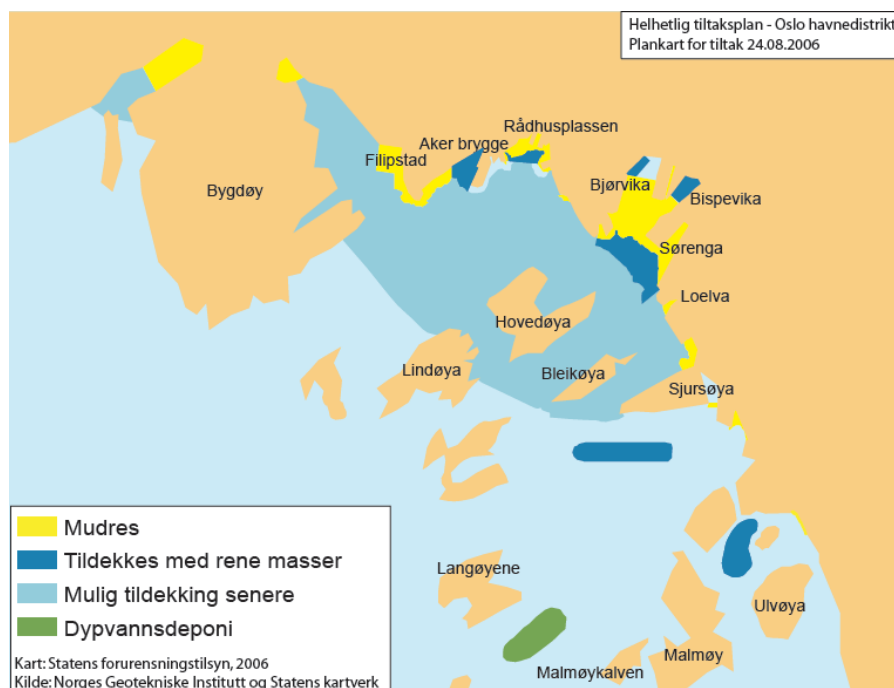
Vedlegg

Vedlegg A	Oversiktskart som presenterer gjennomførte tiltak
Vedlegg B	Oversiktskart som viser tilstandsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika
Vedlegg C	Oversiktskart som viser tilstandsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika og Lohavn

Kontroll- og referanseside

1 Bakgrunn

Oslo Havn KF har i perioden 2006-2011 på vegne av Oslo kommune gjennomført tiltak i Oslo havnedistrikt for å forbedre miljøtilstanden ved å fjerne eller tildekke forurensede havnesedimenter. Arbeidene er utført med bakgrunn i Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt (Oslo kommune 2005). Figur 1 presenterer plankart for tiltakene pr. 24.08.2006.



Figur 1 Plankart for helhetlig tiltak.

Tiltaksarbeidene har omfattet mudring av forurensede masser i områder ned mot ca. kote -15 m. Disse arealene er merket med gult i figur 1. Mudrede masser er transportert til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven (merket grønn) der de er nedført via lukket rør til sjøbunnen. Det er utarbeidet en egen sluttrapport for deponiområdet etter at arbeidet med tildekkingen ble avsluttet våren 2011 (NGI 2010a og 2011a).

I områdene mellom kote -15 og -20 m i Bjørvika og Pipervika er forurenset sjøbunn dekket til med marin leire fra utgravingen av trasé til senketunnelen for E18 som anlegges over Bjørvika. Disse områdene er merket med mørk blå i figur 1. Det er også brukt leire og tilførte sandmasser som dekkmasser i Bjørvika og Pipervika etter mudringsarbeid. Det foreligger sluttrapport for områder tildekket i Pipervika, ytre Bjørvika, Bispevika og indre Bjørvika (NGI, 2008a; NGI, 2011b).

På grunn av behov for økt seilingsdyp ble det ved Revierkaia i Oslo havn utført mudring av sedimenter sommeren 2011. Resultatene fra prøvetakingen i 2013 viste for høye restkonsentrasjoner av miljøgifter og det ble dekket til med sand

for å kunne oppfylle krav gitt i gjeldende tillatelse fra Miljødirektoratet (NGI, 2014a).

Denne rapporten, miljøstatus 2014, oppsummerer undersøkelsene av ny sjøbunn etter tiltak, overvåkingen av dypvannsdeponiet og oppnådde resultater i forhold til gitte tillatelser. Rapporten baserer seg på mange studier fra NGI og andre konsulenter som det henvises til i teksten og referanselisten (kapittel 14). I tillegg har det blitt utført et omfattende arbeid før, under og etter tiltaket av mange fag-institutter på oppdrag av Oslo Havn KF eller Miljødirektoratet. Miljødirektoratet het SFT før 2010 og Klif fra 2010 til 30/6-2013. En utførlig bibliografi presenteres i kapittel 15. På www.renoslofjord.no kan original dokumenter nedlastes.

2 Prosjektets miljømål

Utførte arbeider i prosjekt "Ren Oslofjord" er omsøkt i "Søknad om mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnebasseng" datert 28. September 2005 (HAV, 2005). Søknaden er basert på "Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt", vedtatt av Oslo bystyre 26. Oktober 2005. I søknaden er følgende langsiktige forvaltningsmål definert:

Det langsiktige forvaltningsmålet for indre Oslofjord er: "Bunnsedimenter skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, byutvikling, havnedrift, båtliv og yrkesfiske. Forurensede sedimenter eller bruken av indre Oslofjord skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet.

Videre er det definert følgende operative mål:

Forurensede sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og det skal tilstrebes at kvaliteten på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i Miljødirektoratets klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

3 Organisering av kontroll og oppfølging

Prosjektet "Ren Oslofjord" har gjennomført tiltak ifm. opprydding av forurensede sedimenter i Oslo havn etter 3 tillatelser fra Miljødirektoratet:

1. Tillatelse til mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt, tillatelse gitt 08.12.2005
2. Tillatelse til etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven og deponering av forurensede sedimenter, tillatelse gitt 20.09.2005
3. Tillatelse til tildekking av forurensede sedimenter i forbindelse med gjennomføring av helhetlig tiltaksplan i Oslo havnedistrikt, tillatelse gitt 30.04.2008

Kontroll og oppfølging av arbeidene er gjennomført i henhold til kontrollplaner etter de krav som er gitt i Miljødirektoratets tillatelser. Det er utarbeidet en kontrollplan for hver av tillatelsene der alle krav fra Miljødirektoratet er tatt inn. Det er gitt en detaljert prosedyre for hvordan dette skal gjennomføres og hvem som har ansvaret for gjennomføring av kontrollen og oppfølgingen av resultatene. Kontrollplanen er oversendt Miljødirektoratet (Oslo kommune, 2005).

I henhold til kontrollplanen har mudringsentreprenøren Secora hatt ansvaret for å se til at kvaliteten av ny sjøbunn etter mudring dokumenteres, og at det i verksettes eventuelle tiltak dersom mudringsresultatet ikke er tilfredsstillende. Dette arbeidet har Secora engasjert Rambøll til å gjennomføre. Rambøll har utarbeidet en rapport (Rambøll 2009) der dokumentasjonen av ny sjøbunn etter mudring er presentert.

NGI har med bakgrunn i resultatene fra Rambøll gitt Oslo Havn KF, som tiltaks-haver, råd om tildekking i Pipervika og Bjørvika for å forbedre resultatene som ble oppnådd med mudring alene. NGI har gjennomført prøvetaking og dokumentasjon av kvaliteten i tildekte områder. Utlegging av sand er gjort etter egen tillatelse fra Miljødirektoratet. Disse arbeidene er presentert i flere rapporter (NGI, 2009a, NGI, 2011b og NGI, 2014a) der alle resultatene er dokumentert. Utlegging av sand er gjort i områder som først var mudret, og i tilstøtende arealer som opprinnelig var planlagt mudret. Dette gjelder spesielt i Lohavn og langs Grønlikaia.

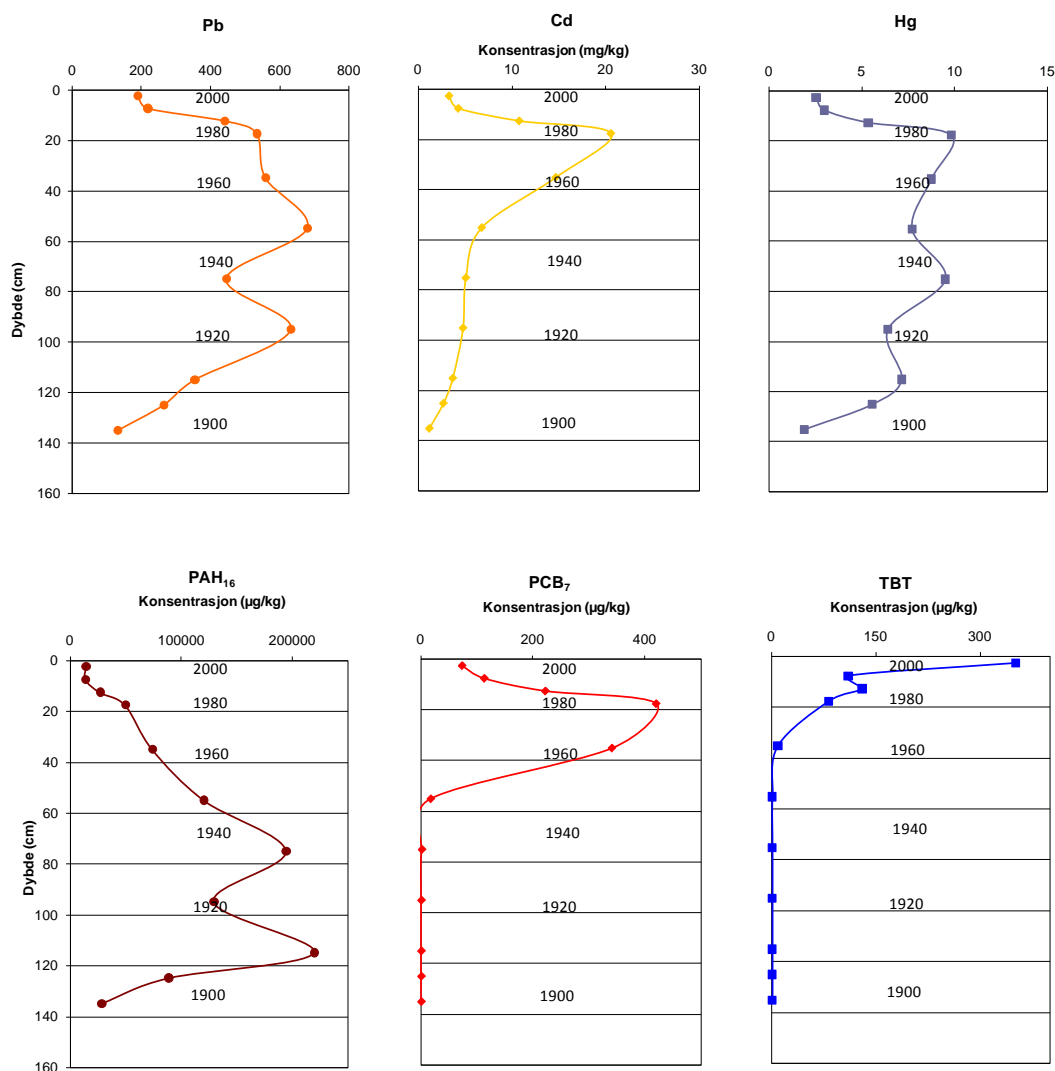
Tildekking med leire i ytre deler av Pipervika og Bjørvika, samt i Bispevika og indre Bjørvika, er utført av Statens vegvesen region øst (SVRØ). Arbeidene er gjort i henhold til SVRØs tillatelse fra Miljødirektoratet. NGI ble engasjert av SVRØ for å kontrollere sjøbunnen etter gjennomført tildekking. Resultatene fra dette arbeidet er vist i sin helhet i en egen NGI-rapport (NGI, 2008a). Utlegging av leire i mudret område sentralt i Bjørvika ble gjort etter SVRØs tillatelse. Kvalitet på ny sjøbunn etter utlegging av leire er dokumentert av NGI (NGI, 2008a).

I denne status rapporten 2014 er det gjort en samlet vurdering av ny sjøbunn etter tiltak for Pipervika, Bjørvika / Bispevika og Lohavn der det er brukt data fra ovennevnte arbeider. I tillegg gis det en oversikt over status ved dypvanns-deponiet etter avslutning og påfølgende etterkontroll.

4 Sedimentene før tiltak

Sjøsedimentene er gjennom historien tilført blant annet forurensning som tungmetaller, tjæreforbindelser (PAH), olje, syntetisk framstilte klorerte bifenyler (PCB) og organiske tinnforbindelser (TBT) fra industrikilder på land, skipsverft, kloakkutslipp, bunnstoff på båter og trafikk. De ulike forbindelsene er ujevnt fordelt i sedimentene som følge av bruk og utfasing av stoffer gjennom de siste

hundre årene. Konsentrasjonen av flere metaller og organiske forbindelser i sedimentene før tiltak (se fig. 2) tilsvarer tilstandsklasse IV og V etter Miljødirektoratets klassifiseringssystem for miljøkvalitet (SFT, 1997; 2007a), der klasse I er rene upåvirkede masser og klasse V er mest forurenset. De fleste forbindelsene foreligger i lavere konsentrasjoner i sedimentenes toppsjikt som følge av at mange kilder til forurensning på land er stoppet ved hjelp av rensetiltak eller utfasing av industriell aktivitet. TBT er imidlertid en forbindelse som fortsatt påtreffes i høyeste konsentrasjon i sedimentets toppsjikt. Dette skyldes at forbindelsen ble tatt i bruk på 70-tallet, og at utfasing og forbud mot bruk av stoffet er av ny dato slik at forbindelsen fortsatt er i omløp i miljøet. Figur 2 illustrerer dette ved å vise konsentrasjonen av Pb, Cd, Hg, PAH, PCB og TBT i sedimentprofil fra Bispevika før tiltak (NGI, 2005).



Figur 2 Konsentrasjonen av utvalgte forbindelser i sedimentprofil fra Bispevika. Årstallene gir en indikasjon på når sedimentlaget ble avsatt (NGI, 2005).

Urban avrenning og langtransportert forurensing gjør at ferskt tilført materiale, som vil utgjøre ”morgendagens” sediment, vil inneholde et visst nivå av forurensning. Materialet som sedimenterer i havneområdene nå har imidlertid et relativt lavt forureningsnivå, og samtidig gjennomføres det nå store tiltak langs sjøfronten i Oslo som ytterligere vil forbedre dette. Dette tilsier at den gjennomførte miljøopprydding av sedimentene forventes å gi en varig positiv miljøgevinst.

5 Metode for gjennomføring

5.1 Mudring

Da Oslo Havn KF valgte mudringsteknologi ble dette gjort med bakgrunn i en totalvurdering i forhold til en rekke krav. Kravspesifikasjonen omfattet følgende:

- Metodens egenskaper i forhold til håndtering av relativt store mengder stein og skrot.
- Mulighet for tilfredsstillende arkeologisk inspeksjon av mudringsmassene og konservering av eventuelle arkeologiske funn.
- Krav til kapasitet, driftssikkerhet, forutsigbar framdrift og kostnad.
- Egnethet til å overholde krav til partikkelspredning (turbiditet) under utførelse.
- Oppnåelse av tilfredsstillende kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak.
- Produksjon av mudrede masser med et tilstrekkelig lavt vanninnhold og av en slik konsistens at massene kunne nedføres i dypvannsdeponiet innen de krav som er stilt i tillatelsen for deponering.

Entreprenøren som ble valgt for mudringsarbeidene var Secora AS. Mudringsarbeidene startet i februar 2006, og ble avsluttet ved utgangen av oktober 2008. Det ble benyttet to mudringslektre under arbeidene (se fotografier i figur 3 og 4). Transport 052 er den største enheten som ble brukt i alle de store områdene, og Transport 048 er en noe mindre enhet som ble brukt i bl.a. småbåthavnene. Mudringen ble utført med bakgraver, og mudringsskuffen var påmontert lokk for å minimere spredning av partikulært materiale under mudring. Massene ble lastet opp i lektre for transport ut til dypvannsdeponiet ved Malmøykalven der massene ble ført helt ned til sjøbunnen via en lukket rørløsning. Entreprenør benyttet både selvgående lektre (Mudder 079 og Mudder 080) og mindre slepebåtassisterte lektre (Mudder 076 avbildet i figur 4).



Figur 3 Transport 052



Figur 4 Transport 048

5.2 Tildekking

5.2.1 Leiretildekking

Tynntildekking med leire ble utført av Agder Marine som er en mudringsentreprenør med base i Kristiansand. Bedriften utførte tildekking som underentreprenør til arbeidsfellesskapet Bjørvikatunnelen/Skanska.

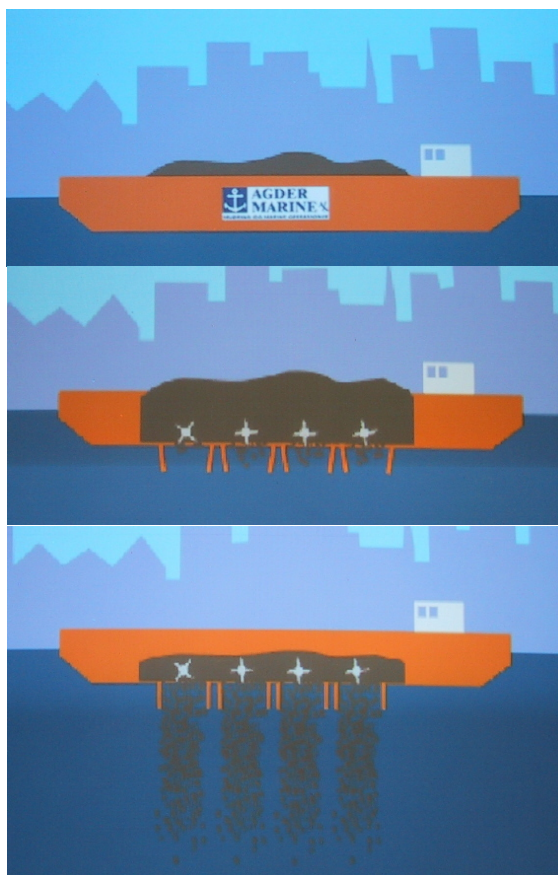
En 100 m³ fallbunnslekter med fire lukeåpninger i bunnen ble påmontert roterende trommel med kniver for å kutte leiren i mindre deler (figur 5). Målet var å få jevn utlegging av masser ved å kombinere oppkutting av massene med kontrollert åpning av bunnlukene. Lekteren ble under utlegging trukket i lengderetningen med egen slepebåt (figur 6). Utleggingsmetoden er illustrert i figur 7.



Figur 5 Foto av bunnen på den modifiserte lekteren som viser de roterende tromlene påmontert kniver for oppkutting av leirmassene



Figur 6 Lekter fylt med leirmasser under slep ut mot tildekkingsområdet



Figur 7 Illustrasjon av metode for tildekking av forurenset sjøbunn med marin leire. Illustrasjonene er utarbeidet av Agder Marine

For å kontrollere hvor massene ble lagt ut, ble tildekkingsområdet delt inn i et rutenett. Dette benyttet taubåtføreren ved navigasjon. Ved GPS ble det dokumentert hvilke ruter som var tildekket. En person var om bord i lekteren med leirmassene og aktiverte lukeåpning og tromler etter instruksjon fra taubåtfører.

5.2.2 Sandtildekking

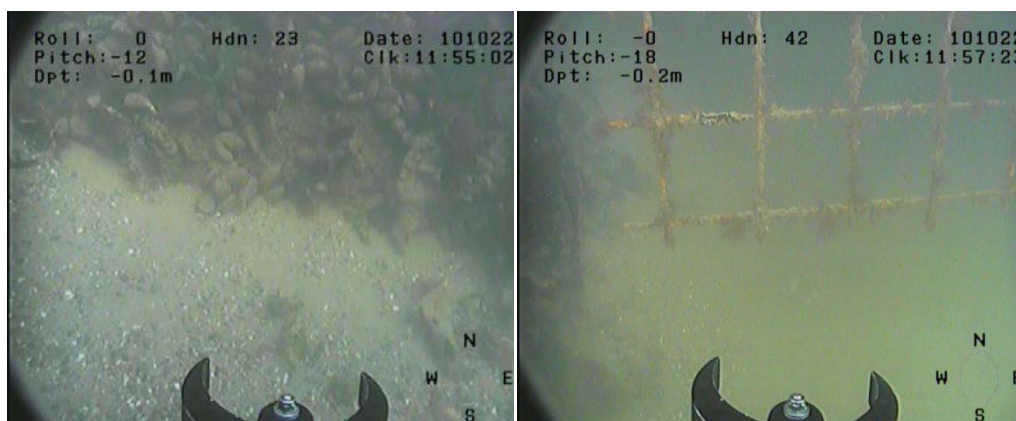
Supplerende sandtildekking i de mudrede områder ble utført av Agder Marine med en metode der vann ble spylt inn i fartøyets lasterom slik at massene ble pumpbare og ført ut over baugen via en diffusorordning. Dette medførte at sandmassene ble kastet i en vifteform foran baugen (Rainbowing). Metoden sørger for at det kommer dekkmasser ut i et jevnt lag som følge av fri sedimentasjon av dekkmassene. Videre sikrer denne metoden at det legges ut dekkmasser inntil brygge- og kaikantene. Fartøyet benyttet en kapasitet på opp til 250 m³ dekkmasser pr. vending. I figur 8 og 9 er det vist bilder fra utleggingen av dekkmassene. I figur 10 er det visst undervannsbilder som viser hvordan dekkmassene kommer godt inntil bryggekant i trange områder med denne metoden.



Figur 8 Utlegging av sand med "Rainbowing" fra Arena i Pipervika. Til venstre vises det hvordan det spyles vann inn i lasterommet med dekkmasser for å gjøre sanden pumpbar. Til høyre sees arrangementet med diffusor for "Rainbowing" av massene.



Figur 9 Utlegging av sand med "Rainbowing" fra Arena i Pipervika. Bildene viser hvordan metoden gjør det mulig å legge dekkmasser godt inntil bryggekannten.



Figur 10 Undervannsbilder tatt med ROV som viser hvordan dekkmassene er kommet godt inntil bryggekant (bilde til venstre) og også innover i rørutløp lengre opp på kaifronten (bilde til høyre) i Pipervika.

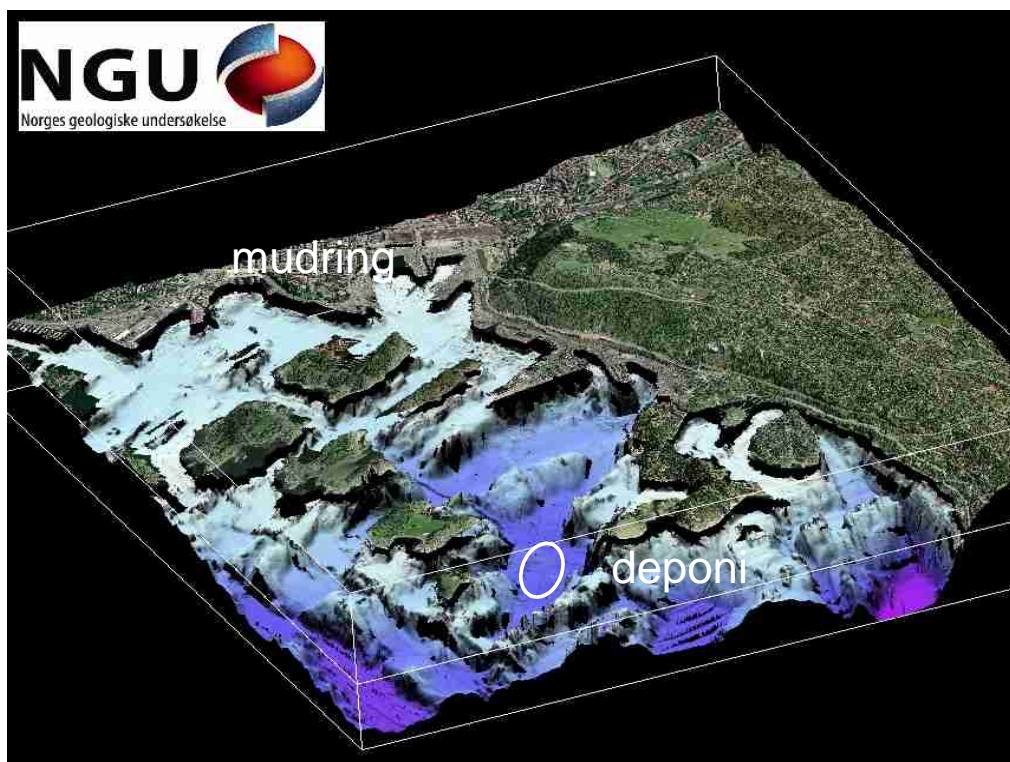
5.3 Dypvannsdeponering av mudrede masser

Lokaliteten for dypvannsdeponiet ved Malmøykalven ble valgt fordi området har en naturlig skålforn ned til 70 m dybde som avgrenses av terskler som varierer fra 18-43 m (Figur 11). Dypvannet i område viser lav strømhastighet og lite sirkulasjon. Området er en historisk skipskirkegård med båtvrak, masser fra ulike prosjekter på land og mudringsaktiviteter. Undersøkelsene har vist at området var betydelig forurenset før deponiet ble etablert (NGI, 2006).

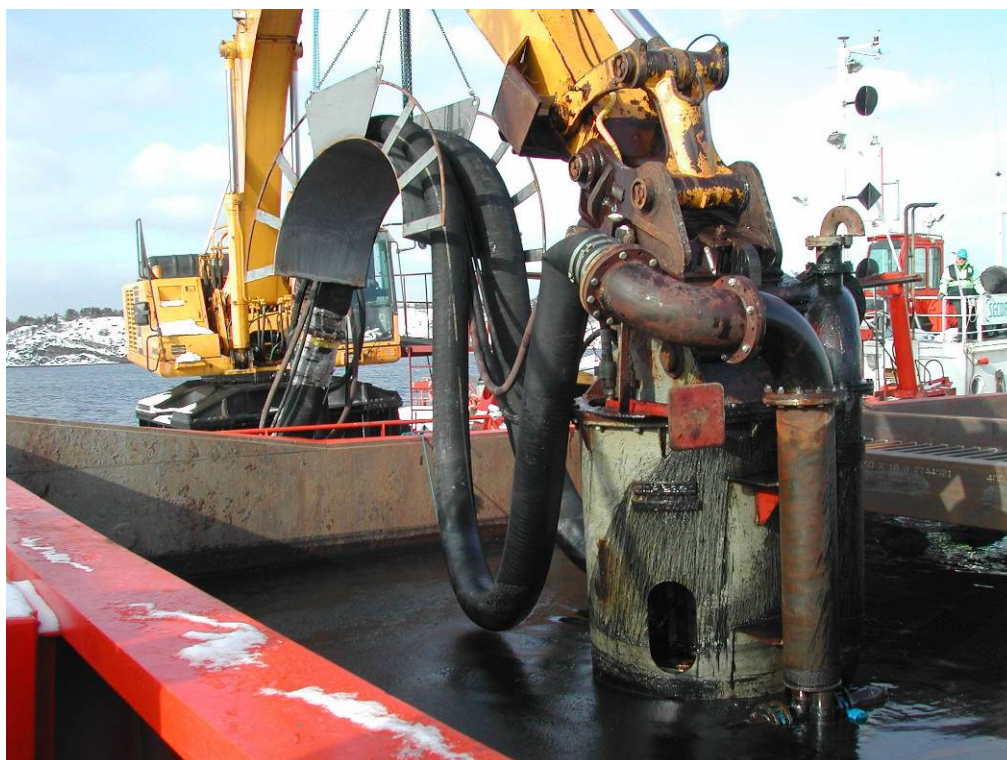
Massene som ble mudret i Oslo havn ble transportert til nedføringsriggen ved deponiet i lekter. Massene ble ført ned via et lukket rør som vist på fig. 12.

For å minimalisere oppvirvling ved nedføringen ble nedføringsrøret plassert så nær bunnen som mulig og påmontert en energidreper (diffusor).

Deponeringen startet på det dypeste området i deponiet, og ble styrt slik at massene ble jevnt fordelt i deponiområdet. Nedføringsmetoden ble tilpasset basert på turbiditetsmålinger underveis for å minimalisere oppvirvling og spredning. Nedføring av masser har foregått i perioden februar 2006 til oktober 2008. Deretter har deponiet blitt dekket til med sand.



Figur 11 Oversikt over dypvannsdeponiet i forhold til de naturlige tersklene i området og mudringsområdet i Oslo havn.



Figur 12 Bilde fra nedføringsriggen.

5.4 Tildekking av dypvannsdeponiet med rene masser

5.4.1 Prøvetildekking

I mars 2007 ble det gjennomført en prøvetildekking på dypvannsdeponiet for å vurdere egnede metoder for utlegging av tildekkingsmaterialet.

Resultater fra undersøkelsene viste at utlegging av sand fungerte bra ved hjelp av splittlekter. Det ble anbefalt å legge ut flere tynne lag for å oppnå en jevn lagtykkelse. Sedimentenes styrke økte etter tildekking og sanden viste seg å være delvis innblandet i overflatesediment (5-8 cm dyp). Det ble også observert at sanden under prøvetildekkingen spredde seg over et større areal enn det definerte prøvefeltet (NGI, 2008b)

5.4.2 Første tildekkingslag

Etter at deponeringen av mudrede masser ble avsluttet i oktober 2008 gjennomførte entreprenør (Secora AS) utlegging av første tildekkingslag på dypvannsdeponiet. Arbeidet ble utført i perioden november 2008 - januar 2009, etterfulgt av reparasjonsarbeid av det første lag fram til februar 2009.

Utleggingen av første tildekkingslaget ble gjennomført fra splittlekter som trekkes sidelengs mens lekteren åpnes gradvis. I begynnelsen av utleggingen ble det observert flere episoder med overskridelse av grenseverdien for turbiditet (NGI,

2009b). Optimering av utleggingsmetoden underveis gav redusert partikkelmengde i vann under utlegging.

Undersøkelse av det første tildekkingslaget (januar 2009) omfattet bruk av sediment profil kamera (SPI) og uttak av uforstyrrede prøver med boxcorer for analyser i geoteknisk laboratorium. På 55 stasjoner ble det påvist tildekking ≥ 3 cm, 20 stasjoner var tildekket mellom 1-3 cm sand (Figur 13). På 13 bilder ble det funnet sand under sedimentoverflaten, mens det ikke ble observert sand på 8 bilder (NIVA, 2009).

Overvåkingen av turbiditet viste at tildekkingsmassene førte til begrenset oppvirvling av deponerte mudrede masser. Horisontal utbredelse av oppvirvlet, deponert materiale var begrenset og innenfor en radius av 100 m fra der massene ble lagt ut (NGI, 2009c).

Geotekniske analyser viste at de mudrede massene i deponiet oppførte seg som normalkonsolidert leire, og ved lagvis tildekking med sand opptil en tykkelse av 0,4 m ville man ha en sikkerhetsfaktor mot brudd større enn 2, noe som anses å være høyt i geoteknisk analyser (NGI, 2008b).



Figur 13 Bilde tatt med sediment profil kamera (SPI) etter utlegging av første tildekkingslaget. Profilbilde viser en sandlagstykkelse ca. 4-5 cm på toppen av deponerte masser.

5.4.3 Hovedtildekking

Hovedtildekking ble utført i perioden fra februar 2009 til juli 2009 med samme tildekkingsmaterialet og den samme utleggingsmetoden som beskrevet ovenfor.

I mai 2009 gjennomførte Det Norske Veritas (DNV) på oppdrag fra Miljødirektoratet en tredjepartskontroll for å vurdere utleggingsmetoden der utleggingen skjer fra splittlekter som trekkes sidelengs mens lekteren åpnes gradvis (DNV, 2009a, 2009b). DNV konkluderte at det var lite sannsynlig at massene kan legge seg i store hauger på sjøbunnen med tanke på de korngraderinger som er valgt, kombinert med stort vanddyb. I tillegg antyder DNV at man kan forvente at massene spres mer enn planlagt, og det må flere runder til med utlegging for å oppnå ønsket tykkelse av tildekkingslaget.

For å tildekke enkelte områder der tykkelse av tildekkingslaget ikke tilfredsstilte krav i tillatelsen ble det besluttet å gjennomføre supplerende tildekking septem-

ber 2010 til april 2011). Agder Marine AS, innleid av Secora, har utført supplerende tildekking av dypvannsdeponiet med en annen metode for utlegging av tildekkingsmasser. Vann ble spylt inn i fartøyets lasterom slik at tildekkingsmassene ble ført ut av båten og sluppet ut under vannoverflaten for så å sedimentere på deponiet.

6 Utførte tiltak

Helhetlig tiltaksplan (Oslo kommune, 2005) peker på mudring og tildekking som metoder for å oppnå de angitte miljømålene. Det har vært flere tiltakshavere involvert i arbeidene med miljøopprydding i Oslo havn. Statens vegvesen har hatt ansvar for oppryddingen innenfor arealene som inngår i prosjektet med bygging av senketunnel og levert leirmasser for tildekking. Statsbygg hadde tilsvarende ansvar for arealet der den nye Operaen ligger. For de ulike entreprisene foreligger det egne tillatelser fra Miljødirektoratet. I denne rapporten er det hentet inn resultater fra disse tilstøtende arbeidene slik at det gis en helhetlig presentasjon av ny sjøbunn etter tiltak. En oversikt over arbeidene er vist i vedlegg A.

6.1 Bjørvika

I Bjørvika, som utgjør det største arealet i oppryddingen i Oslo havn, er følgende arbeider utført (se vedlegg A):

- I forbindelse med bygging av ny opera utførte Statsbygg mudring av forurenset sjøbunn innerst i Bjørvika, og deler av arealet ble tildekket med 0,6 m sand. Utenfor dette området ble det etablert en skipsbarriere av rene steinmasser opp til kote -2 m.
- Statens vegvesen har mudret forurenset masse fra traséen for senketunnelen, og ny sjøbunn består nå av sand, grus og pukk.
- Oslo Havn KF har gjennomført mudring av arealet i Bjørvika mellom senketunelltraséen og kote -15 m
- Statens vegvesen har under bygging av ny senketunnel i Bjørvika mudret et betydelig volum marin leire. Dette materialet er utnyttet til å gi en miljøforbedring som tildekkingsmasse i ytre del av Bjørvika, samt i Bispevika og indre Bjørvika (NGI, 2008a). Etter mudring ble det i den sentrale delen av Bjørvika også lagt ut leire og senere sand for å øke miljøeffekten av tiltaket (NGI, 2011b).
- Nær utløpet av Akerselva er det en fordypning etter flytedokker tilhørende Nyland verft. Dette arealet er ikke mudret, men er tildekket ved at det er lagt ut stein og marin leire.
- Utløpet av Akerselva er mudret og tildekket med ren sand. Dette arbeidet ble utført av Secora på bestilling av Oslo kommune ved Vann- og avløpsetaten.
- Et område utenfor Revierkaia er mudret sommeren 2011 som følge av behov for økt seilingsdyp. Områdene som ble mudret, samt randsonen rundt ble prøvetatt og resultatene viste for høye restkonsentrasjoner av miljøgifter i deler av området. Disse ble dekket til med sand for å kunne

oppfylle krav gitt i gjeldende tillatelse fra Miljødirektoratet (NGI, 2014a).

- I 2007 ble det deponert rene leirmasser fra senketunneltraseen (30 000 m³) i Bekkelagsbassenget. Denne utleggingen er dokumentert i NIVA (2007b).

6.2 Pipervika

I Pipervika er følgende tiltak utført (se vedlegg B):

- Det er gjennomført mudring innerst i Pipervika og utover mot kote -12 m. Dette området er etterpå tildekket med sand.
- I ytre del av Pipervika, fra kote -15 og ned til -20 m er forurenset sjøbunn tildekket med marin leire fra senketunelltraséen.
- Området mellom kote -12 og kote -15 er tildekket med sand
- Ved Akershuskaia hadde sedimentene et høyt innhold av organiske materiale som følge at det tidligere kloakkutløpet som munnet ut i området, og de forurensede sedimentene forelå i stor mektighet (NGI, 2007a). Etter anbefalingene i denne rapporten ble det mudret et begrenset volum sedimenter, og det mudrede arealet ble deretter dekket til med rene sandmasser.

6.3 Øvrige deler av trafikkhavnen

Det er gjennomført mudring i et mindre omfang ved havneavsnittene Hjortnes, Filipstad, Vippetangen, Lohavn og Sydhavna.

- Utenfor fergeterminalen ved Hjortnes var det til dels hard bunn, men i et begrenset område ble det gjennomført mudring. Noe supplerende mudring ble utført i 2012 for å øke seilingsdyp (NGI 2012a)
- Utenfor Filipstadkaia var det opprinnelig planlagt mudring i et smalt belte. Tidlig i arbeidene ble det imidlertid funnet ammunisjon i mudringsmassene, og arbeidene ble bestemt avbrutt.
- I Lohavnbukta ble det påtruffet mye stein og betong på sjøbunnen. Langs Grønlikaia ble det påtruffet ammunisjon. Disse arealene som opprinnelig var planlagt mudret har derfor blitt tildekket med sand i 2010/2011.
- I Sydhavna ble det utført noe mudringsarbeid, men mye stor stein og fast betong utenfor sementsiloene medførte en begrensning i mudringsomfanget.

6.4 Småbåthavnene

Det er gjennomført mudring i småbåthavnene i Bestumkilen, Frognerkilen Hovedøya og litt i Paddehavet. Dette arbeid er rapportert i 2009 (NGI, 2009d og 2009e). Videreføring av miljøforbedringen i disse områdene krever at forurensningskildene på land ved småbåthavnene fjernes (Klif, 2011). Dette arbeidet videreføres i regi av Oslo kommune.

6.5 Opprustning av badeplasser

Oslo Havn KF gjennomførte en undersøkelse av forurensningsgrad ved flere av Oslos badeplasser i 2006 (NGI, 2007b). Undersøkelsen viste bl.a. at en badeplass ved Hovedøya og Bygdøy sjøbad var betydelig forurenset. Det ble derfor bestemt å oppruste disse badeplassene. Tiltakene omfattet mudring av forurenset masse og tilføring av rene sandmasser.

7 Restforurensning på mudrede arealer

Den forurensede massen i Oslo havn kan ofte gjenkjennes ved at den er sort, mens den underliggende rene leiren er grå. Prosedyren i mudringsarbeidet var at arealet ble delt opp i ruter og en rute av gangen ble mudret ferdig. Føreren av mudringsapparatet gravde til han visuelt så at han hadde rene masser i grave-skuffen. Etter mudring ble arealet prøvetatt, og i en del av arealene ble det påvist et forurenset topplag av varierende tykkelse (fra 0 til noen cm) på den nye sjøbunnen. En gjennomgang av internasjonale erfaringer med denne type mudringsarbeider viser at tilsvarende effekter er observert i en rekke prosjekter (bl.a. Gustavson et. al, 2008). Dette kan skyldes flere mekanismer:

1. Suspenderte masser fra mudringsprosessen resedimenterer på det mudrede arealet.
2. Mudringsgrabben/skuffen gir en mekanisk blanding av forurenset masse og underliggende sjøbunn
3. Masser fra nærliggende arealer kan skli tilbake til det mudrede området
4. Sedimenter fra naboarealer transporteres inn i området som er mudret som følge av bl.a. oppvirvling fra trafikk eller andre pågående anleggsarbeider.
5. Naturlig sedimenterende materiale kan inneholde et forhøyet nivå av forurensning.

7.1 Observert restforurensning

Entreprenørens kontrollansvarlige, Rambøll, har prøvetatt og utført kjemisk analyse av toppsjiktet (0-10 cm) og materialet under det løse, resedimenterte topplaget. Beskrivelsen av prøvematerialet under det løse topplaget viser at det består av masser som i varierende grad er en sammenblanding av forurenset sediment og underliggende rene masser. Tykkelsen på dette laget er ikke kvantifisert i Rambøll (2009), men ser ut til å variere i mektighet (fra 0 til >10 cm). Det er mest sannsynlig at dannelsen av blandlaget skjer ved punkt 2 og 3 av overnevnte mekanismer. Resultatene fra kjemisk analyse av dette laget viser at konsentrasjonen av flere metaller og organiske forbindelser er høyere enn det som normalt påtreffes i visuelt ren leire.

7.2 Tiltak for å bedre resultatet etter mudring

For å øke tiltakseffektiviteten av mudringsarbeidene i enkelte områder kan følgende tiltak anvendes:

- Ytterligere mudring
- Tildekking med rene masser
- Naturlig restitusjon ved tilførsel (naturlig sedimentasjon) av rene sedimenter

I områder med relativt liten sedimentasjon fra elver, slik som i Oslo havn, vil naturlig restituering ha en lang tidshorison. Det er kvaliteten på naturlig sedimenterende materiale som vil være bestemmende for sedimentkvaliteten i tiltaksområdet i tiden etter avsluttet tiltak. Ytterligere mudring er krevende i det øverste laget av meget løst forurenset materiale noe som kan medføre store mudringsvolum og usikkert sluttresultat.

Tildekking med rene masser er derfor vurdert som det mest effektive tiltaket mot restforurensning etter mudring. Supplerende tildekking med sand har blitt utført i perioden 2010/2011 (NGI, 2011b).

8 Kvalitet på ny sjøbunn etter tiltak

Dokumentasjonen av oppnådd kvalitet på ny sjøbunn etter gjennomførte tiltak er basert på et stort antall prøver og analyser for innhold av tungmetaller, tjæreforbindelser (PAH), syntetisk framstilte klorerte bifenyler (PCB) og organiske tinnforbindelser (TBT). Datamaterialet omfatter prøver tatt før tiltaket ble iverksatt etter at mudring var gjennomført og etter at sjøbunnen var dekket med sand eller marin leire. Resultatene er presentert og vurdert inngående i følgende rapporter:

- Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status (NGI, 2008c)
- Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status (NGI, 2009f)
- Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavner. Status (NGI, 2009d)
- Sluttrapport miljøkontroll etter mudring (Rambøll, 2009)
- Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn – Sluttrapport (NGI, 2009e)
- Tildekking med sand som tiltak mot restforurensning etter mudring i Oslo Havn (NGI, 2011b)
- Mudring Revierkaia (NGI, 2012b, NGI, 2014a)
- Vedlikeholdsmudring ved Hjortneskaia (NGI 2012a)
- Tildekking av forurenset sjøbunn med leire (NGI, 2008a)
- Tildekking av forurenset sjøbunn med sand (NGI, 2009a)
-

Det er i tillegg gjort målinger i Bjørvika med spesielt utstyr som måler spredning fra sedimentoverflaten (diffusjonskamre) og passive prøvetakere som dokumenterer vannkvaliteten i bunnvannet like over sjøbunnen (NGI, 2008a). Videre

er det gjennomført undersøkelser i de tildekkede områdene for å dokumentere i hvilken grad bunnlevende organismer rekoloniserer tiltaksområdene (NIVA, 2011).

8.1 Datahåndtering

For å vurdere den generelle kvaliteten av ny sjøbunn i de ulike tiltaksområdene har datagrunnlaget blitt tolket statistisk, der man ser både på gjennomsnittsverdiene og fordelingen av verdiene ved hjelp av persentiler. Status i 2008 / 2009 er presentert i hver av delrapportene for Bjørvika, Pipervika og småbåthavnene (NGI 2008c, NGI 2009f, NGI 2009d). De måleverdiene som ligger til grunn for de ulike tiltakene finnes for mudring i Rambøll (2009), for leirtildekking i NGI (2008a) og sandtildekking i NGI (2009a). Resultatene for supplerende sandtildekking i Bjørvika, Pipervika, Lohavn og Grønlibukta er presentert i NGI, 2011a. I denne statusrapporten har dataene blitt brukt til å gi et generelt bilde av status etter tiltak i Oslo havn i 2014.

8.1.1 Kvalitetskriterier for sediment

For å vurdere tilstandsklassen av sedimentene har median verdien blitt brukt. I forhold til gjennomsnitt er median verdien mindre påvirket av ekstremverdier dvs. en svært lav verdi (eks. under deteksjongrense), eller svært høy verdi. Median verdier vil dermed representere en bedre beskrivelse av det generelle bildet for området og verdiene er sammenlignet med Miljødirektoratets tilstandsklasser, både eldre (SFT, 1997) som danner grunnlaget for tillatelsene fra Miljødirektoratet samt de nyere tilstandsklasser (SFT, 2007a).

8.1.2 Endring i konsentrasjonen av forurensning i bunnsedimentene

For å vurdere endring i konsentrasjonen av forurensning i toppsjiktet av ny sjøbunn (0-10 cm), er det viktig å ha en god beskrivelse av situasjonen før tiltaket ble startet. Grunnlagsmaterialet for de fleste delområdene består av flere enkeltstudier som varierer med hensyn på:

- Prøvetakingsomfang og metodikk
- Prøver tatt av overflaten eller hele det forurensete laget
- Parametere som ble målt
- Kjemiske analysemetoder og deteksjongrenser
- Analytiske laboratorier som har blitt brukt

Dette gjør det vanskelig å behandle alle data som et verdisett og beregne median fra dette datasettet. På den andre siden vil et gjennomsnitt av alle undersøkelser legge for mye vekt på enkeltundersøkelser som inneholder få prøver eller svært høye eller lave verdier i forhold til de øvrige undersøkelser. Derfor er det valgt å bruke et veid gjennomsnitt der undersøkelser med mange prøver tillegges mer vekt enn undersøkelser med få prøver. Disse dataene sammenlignes med gjennomsnittet av analyseresultatene fra prøver tatt etter de ulike tiltak.

8.1.3 *Vurdering av hot spots av forurensning i bunnsedimentene*

For å vurdere om det kan identifiseres områder som har betydelig høyere forurensningsgrad enn den generelle miljøkvaliteten i området har det blitt utført en vurdering av forekomsten av såkalte "hot spots". Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter (Klif, 2012) vurderer mulig forekomst av hot spots ut fra forholdet mellom maksimumsverdien og median verdien. Dersom forholdet maksimum/median er større enn 2 anses det å være mulig at det forekommer hot spots (NGI, 2010). Denne analysen har dannet grunnlaget for å utføre supplerende sandtildekking i 2010/2011.

For å sikre at det ikke ble liggende igjen forurensning med uakseptabel risiko for helse og miljø ble det i henhold til brev fra Miljødirektoratet datert 19/11-10 også vektlagt at:

- Median for et tiltaksområde må være tilstandsklasse II eller bedre for bly, kadmium, kvikksølv, PCB og PAH
- Det må ikke ligge igjen sediment med konsentrasjoner av bly, kadmium, kvikksølv, PCB eller PAH i tilstandsklasse V eller i øvre halvdel av tilstandsklasse IV. Dette gjelder både i henhold til nytt og gammelt klassifiseringssystem.

8.1.4 *Mengde forurensning fjernet*

For å beregne mengde forurensning fjernet er det tatt utgangspunkt i de undersøkelsene der det er tatt prøver som beskriver konsentrasjonen for hele det forurensede laget som har blitt mudret. I de fleste tilfellene er dette bare en av de nevnte undersøkelsene som har målt på hele det forurensede laget og derfor vil konsentrasjonene før tiltak være forskjellige fra konsentrasjonene for bare toppsjiktet som er basert på et veid gjennomsnitt. Førsituasjonen beskrives med gjennomsnittsverdien av forurensningsnivået og sammenlignes med gjennomsnittsverdien av forurensning etter mudringsarbeidet.

8.2 *Oppnådd resultat fremstilt som tilstandsklasser.*

I søknad om tillatelse til mudring, som bygger på den helhetlige tiltaksplanen (Oslo bystyre, 2005), er tilstrebelse av tilstandsklasse II (etter SFT 97:03) gitt som operativt miljømål. Oppnådde klasser etter mudring og tildekking er oppsummert i tabell 2 i denne rapporten.

I vedlegg B og C er tilstandsklasser i overflatesedimentet (0-10 cm) presentert på oversiktskart som viser tungmetallene Hg (kvikksølv), Cd (kadmium) og de organiske forbindelsene PCB og PAH (tjærestoffer) etter tiltak i Bjørvika og Pipervika. Figurene er basert på et stort antall prøvepunkter i både Pipervika og Bjørvika. For sjøarealene som ble ryddet under bygging av ny Opera, for Akerselvas utløp, senketunneltraséen og det tildekkede arealet i fordypningen etter flytedokkene til Nyland verft, er tilstandsklassene basert på en ekstrapolering fra resultatene fra de tildekte områdene der det foreligger måledata der samme type

masser har blitt brukt. Tabell 1 angir referanser til de rapportene hvor undersøkelsene av delområdene er beskrevet i detalj, og hvor originale analyserapporter fra kjemisk analyser av sedimentene foreligger.

Tabell 2 og vedlagte figur B1-C4 viser at det i områdene som er dekket til med leire eller sand er oppnådd tilstandsklasse I eller II for både metallene Hg og Cd og de organiske forurensningene PCB og PAH. Også for TBT er det oppnådd tilstandsklasse I og II i tildekkede områder i Bjørvika, mens klasse I og III ble oppnådd i Pipervika.

Tabell 1 Kildeoversikt for utarbeidelse av oversiktskartene over tilstandsklassene i Pipervika og Bjørvika (vedlegg B og C)

Område	Del område *	Tiltak utført	Tilstandsklasse, figur nr.	Kilde	Byggherre
Bjørvika	1	Tildekking med sand på mudret sjøbunn	C1-C4	Estimert ¹	Statsbygg
	2	Tildekking med leire		NGI (2008a)	Statens vegvesen
	3				
	4	Tildekking med sand på mudret sjøbunn		Estimert ¹	Vann- og avløpsetaten
	5	Senketunnel med toppdekke av sand og grus		Estimert ¹	Statens vegvesen
	6	Tildekking med stein og leire		Estimert ¹	Oslo Havn KF
	7	Tildekking med leire og sand på mudret sjøbunn		NGI (20011b, 2014a)	Oslo Havn KF
	8	Tildekking med sand		NGI (2008c, 2011b)	Statens vegv. Oslo havn KF
	9	Tildekking med leire		NGI (2008a)	Statens vegvesen
	10	Skipsstøtvoll av stein		Estimert ¹	Statsbygg
Pipervika	1	Tildekking med leire	B1-B4	NGI (2008a)	Oslo Havn KF
	2	Tildekking med sand		NGI (2009a, 2011b)	
	3				
Lohavn		Tildekking med sand	C1-C4	NGI; 2011b	Oslo Havn KF

*Som vist i figur A2 og A3.

¹Gitt samme tilstandsklasse basert på data fra målinger i delområder med tilsvarende tiltak.

Tabell 2 Klassifisering av overflatesedimenter basert på median faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet ($\approx 0-10$ cm)

Klassifisering av overflate sedimenter (0-10 cm) ^{1/2}						
Tiltaksområde	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
Bjørvika						
Etter utlegging av leire (Ytre)	I/I	I/I	I/I	I	I/I	II
Etter mudring og sandtildekning (Indre)	I/I	I/I	I/I	II	I/I	I
Lohavn						
Etter sandtildekning	I/I	I/I	I/I	I	I/I	I
Pipervika						
Etter leirtildekning (Ytre)	I/I	I/I	I/I	I	I/I	III
Etter sandtildekning (Indre)	I/I	I/I	I/I	I	I/I	I

¹Gamle tilstandsklasser (SFT, 1997), ²Nye tilstandsklasser (SFT, 2007a)

8.3 Forbedring i overflatesedimentet av ny sjøbunn etter tiltak

Når effekten av tiltak skal vurderes er det mest relevant å fokusere på de kvalitetsforbedringer som er oppnådd i sedimentets toppsjikt (0-10 cm). Det er dette overflatelaget bunnlevende organismer bioturberer (omrører) og har direkte kontakt med. Videre er det sedimentets overflate som er i kontakt med overliggende sjøvann som gir en eventuell spredning av forurensing fra sjøbunn til vann.

Forbedringene av sedimentkvaliteten i de øverste 0-10 cm av sjøbunnen er vist for kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) bly (Pb) PAH, PCB og TBT. Den oppnådde miljøforbedring som følge av tiltakene er vist i tabell 3-5 der dette er presentert både som gjennomsnittskonsentrasjoner, og prosentvis forbedring. Gjennomsnittskonsentrasjoner er i enkelte tilfeller sterkt påvirket av høye enkeltverdier.

Resultatene viser en sterk forbedring av sedimentkvaliteten etter tiltak i indre deler av havnen. Supplerende tildekning med sand og leire har ført til en miljøforbedring i overflatesedimentene på 89-99 %. Dette må karakteriseres som svært høyt.

I ytre del av Bjørvika og Pipervika, samt i Bispevika og indre Bjørvika, er forurenset sjøbunn tildekket med marin leire fra trasé for E18 senketunnelen i Bjør-

vika. Bruk av overskuddsmasser til positiv miljøforbedring var en viktig forutsetning i helhetlig tiltaksplan. Ny sjøbunn etter utlegging av leire viser en høy tiltakseffektivitet med 75 - 97 % forbedring av konsentrasjoner i overflatelaget.

Tabell 3 Tiltakseffektivitet i Bjørvika basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0-10$ cm).

Bjørvika						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før tiltak	5.2	6.0	336	34	285	442
Etter utlegging av leire (Ytre Bjørvika)	0.81	0.70	42.7	2.4	7.8	27
Etter utlegging av sand i mudringsområdet	0.30	0.31	33,5	1.7	8,3	13
Forbedring						
Etter utlegging av leire	84 %	88 %	87 %	93 %	97 %	94 %
Etter utlegging av sand i mudringsområdet	94 %	95 %	90 %	95 %	97 %	97 %

Tabell 4 Tiltakseffektivitet i Lohavn basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0 - 10$ cm)

Lohavn						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før tiltak	9,6	3,6	374	35,6	102	1 093
Etter sandtildekning	0.026	0.032	3.7	0.165	1.6	24
Forbedring						
Etter sandtildekning	>99 %	> 99 %	99 %	> 99 %	99 %	98 %

Tabell 5 Tiltakseffektivitet i Pipervika basert på gjennomsnittlig faststoffkonsentrasjon i toppsjiktet av sedimentene ($\approx 0 - 10$ cm)

Pipervika						
Tiltaksfase	Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$\mu\text{g/kg}$	$\mu\text{g/kg}$
Konsentrasjon						
Før tiltak	9,6	3,6	374	35,6	102	1 093
Etter leirtildekning	1,43	0,31	52	0,93	26	97
Etter mudring og sandtildekning	0.026	0.032	3.7	0.165	1.6	24
Forbedring						
Etter leirtildekning	85 %	91 %	86 %	97 %	75 %	91 %
Etter mudring og sandtildekning	> 99 %	> 99 %	> 99 %	> 99 %	99 %	98 %

8.4 Vurdering av "hot spots" i konsentrasjoner på sjøbunnen

Hot spot vurderingen viser at forurensningen var ujevnt fordelt før tiltaket startet i alle områdene. Alle parameter har en maks/median verdi større enn 2 og PAH peker seg ut som den med størst konsentrasjonsforskjell mellom prøvene. Detaljerte analyser av hvert delområde er gjort i NGI (2010b) og har dannet grunnlaget for supplerende sandtildekking i 2010/2011. Sluttresultatene er vist i tabellene 3, 4 og 5

8.5 Mengde forurensning fjernet

Ved mudring er forurenset sediment fjernet fra tiltaksområdet og lagt i deponi. Tabell 6 presenterer for hvert delområde antall kilo av metaller og organiske forbindelser som er tatt ut av de ulike tiltaksområdene. Tabellen viser også et estimat av den mengde forurensning som ligger tilbake som en restforurensning. Det er i tabell 6 videre vist hvilken tiltakseffektivitet i prosent (miljøforbedring) som er oppnådd basert på gjennomsnittskonsentrasjoner for hele det forurensete laget før og etter tiltak. Dette laget har de fleste steder en mektighet som er større enn 10 cm og konsentrasjoner vil derfor være forskjellig fra konsentrasjoner vist i tabell 2, 3, 4 og 5. For detaljer henvises til de ulike statusrapportene etter mudring i Bjørvika og Pipervika (NGI 2008c og 2009f).

Resultatene viser at mudringen har fjernet 95-99 % av de forurensende stoffene som opprinnelig var til stede i Pipervika og Bjørvika.

Tabell 6 Oversiktstabell over mengde forurensning som har blitt fjernet, med tilhørende tiltakseffektivitet etter mudring

	Miljøforbedring	Forbindelse					
		Hg	Cd	Pb	PAH-16	PCB-7	TBT
Bjørvika	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	940	900	49700	5000	28	36
	Etter mudring	28	32	1500	250	1,4	1,9
	Tiltakseffektivitet	97 %	96 %	97 %	95 %	95 %	95 %
Pipervika	Mengde forurensning i området	kg	kg	kg	kg	kg	kg
	Før tiltak	1 090	280	33 800	3 600	5	78
	Etter mudring	10	2,3	370	83	0,22	1,1
	Tiltakseffektivitet	99 %	99 %	99 %	98 %	95 %	99 %

8.6 Redusert spredning fra sjøbunnen til bunnvannet

En viktig kilde til spredning av forurensning før tiltak var oppvirvling av partikulært materiale som følge av propellersosjon. Mudringsarbeidene har medført en meget betydelig reduksjon i mengden forurenset sediment i tiltaksområdene og vanddybden er økt. I tillegg har områdene blitt dekket til med ren sand og eller leire. Oppvirvling av forurensete partikler ved propellersosjon vil følgelig være signifikant redusert.

8.7 Reetablering av bunnlevende organismer

NIVA har gjennomført undersøkelser med sedimentkamera for å undersøke reetablering av bunnfauna etter tiltaksarbeidene (Klif, 2010 og SFT, 2008a). Bildene i figur 14 (SFT, 2008a) viser et snitt av det øverste sjiktet i sjøbunnen. Bildet til venstre i figur 14 er tatt like etter utleggingen av leire i ytre Bjørvika (2007). Bildet til høyre er tatt et år senere (2008), og viser sedimentlevende børstemark i sjøbunnens øverste sjikt. Bildet viser også hvordan toppsedimentet er bearbeidet og omrørt av organismer. Nyere undersøkelser (NIVA, 2011) viser at bunndyrene har kommet tilbake til tiltaksområdene i Oslo havn.



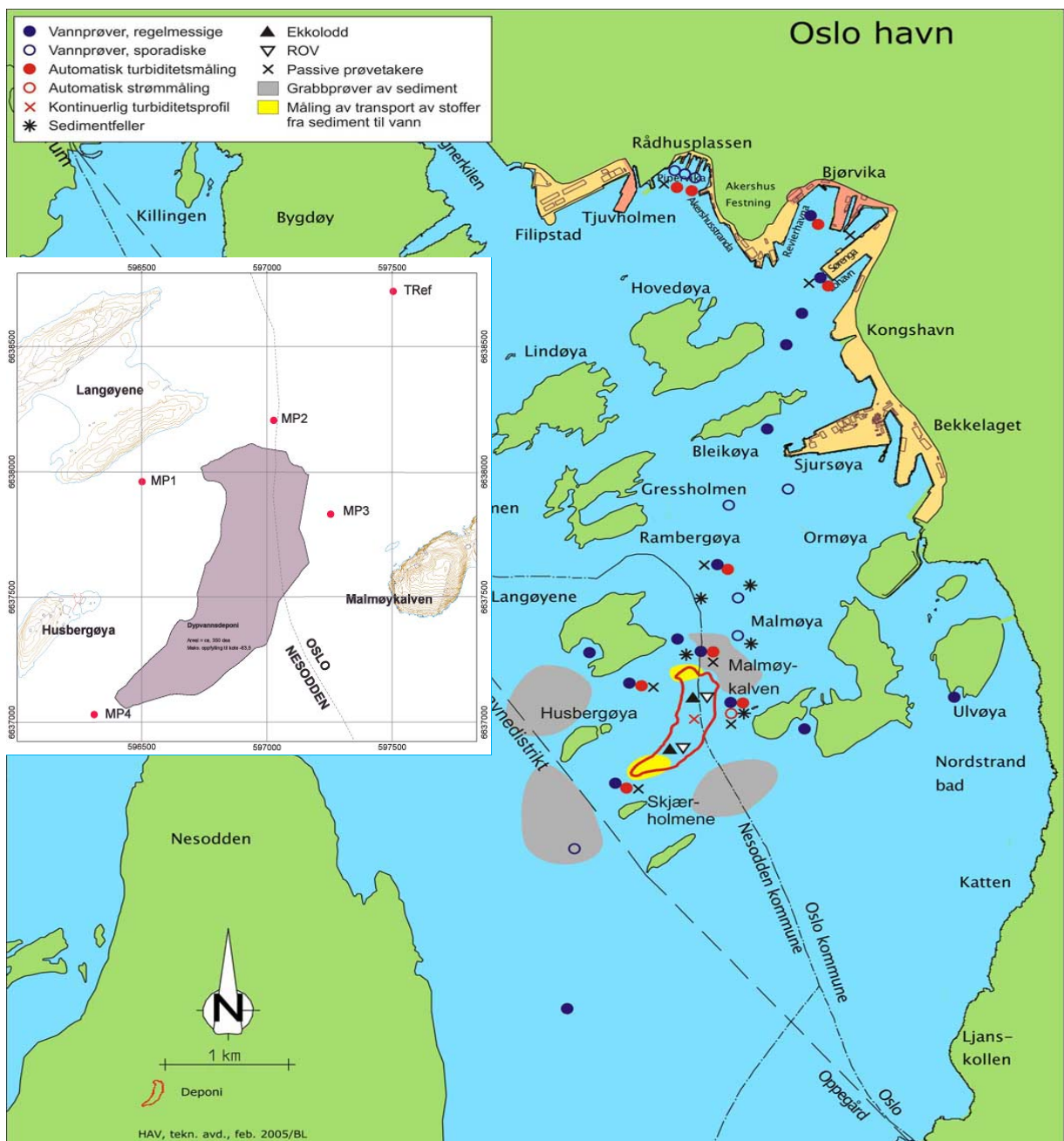
Figur 14 Bildet tatt med sedimentkamera (SPI) som viser i høyere bildet hvordan bunnlevende organismer rekoloniserer det leirtildekkede området i ytre Bjørvika. (Foto: Hans C Nilsson, NIVA)

9 Overvåking av dypvannsdeponiet under nedføring

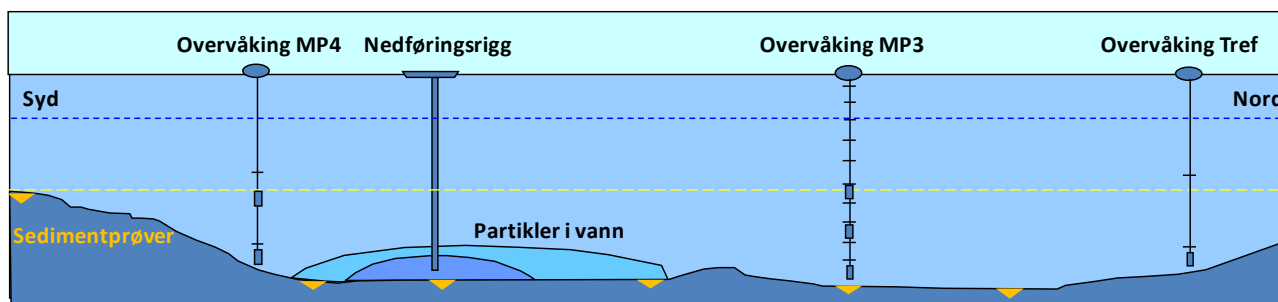
I perioden dypvannsdeponiet var åpent (2006-2008) pågikk et omfattende program for miljøovervåking. I tillegg til den overvåking og kontroll som ble gjort av prosjekt Ren Oslofjord ble det gjennomført en lang rekke undersøkelser og målinger av andre firma, forskningsinstitutter og offentlige instanser (kapittel 15). Alle disse rapportene er tilgjengelige på internetsiden www.renoslofjord.no eller Miljødirektoratets nettsider. Det totale omfanget av utført overvåking må kunne karakteriseres som meget omfattende. Det er benyttet metoder som delvis overlapper hverandre slik at måleresultatene kan verifiseres med uavhengige observasjoner.

Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av de overvåkingmetoder som er benyttet og hovedfunnene som er gjort. For detaljert informasjon om overvåkingresultatene henvises til rapportene nevnt i referanselisten og rapportoversikten (Kapittel 15).

En oversikt over plassering av overvåkingpunkter og de anvendte metodene er vist i figur 15. En skjematisk vertikal tverrsnitt som viser overvåkingpunktene nærmest deponiet er vist i figur 16.



Figur 15 Kartskisse som viser plassering av de ulike overvåkingspunkter og anvendte metoder ved dyppvannsdeponiet. Innfelt bilde viser plassering av automatiske overvåkingsbøyer.



Figur 16 Skjematisk vertikal profil Nord-Syd gjennom deponiområdet som viser plassering av overvåkingsstasjoner for turbiditet og passiv prøvetaking i tillegg til sedimentprøver. Partikkelskyen rundt nedføringsrøret er vist som illustrasjon.

9.1 Kontinuerlig måling av turbiditet og strømhastighet

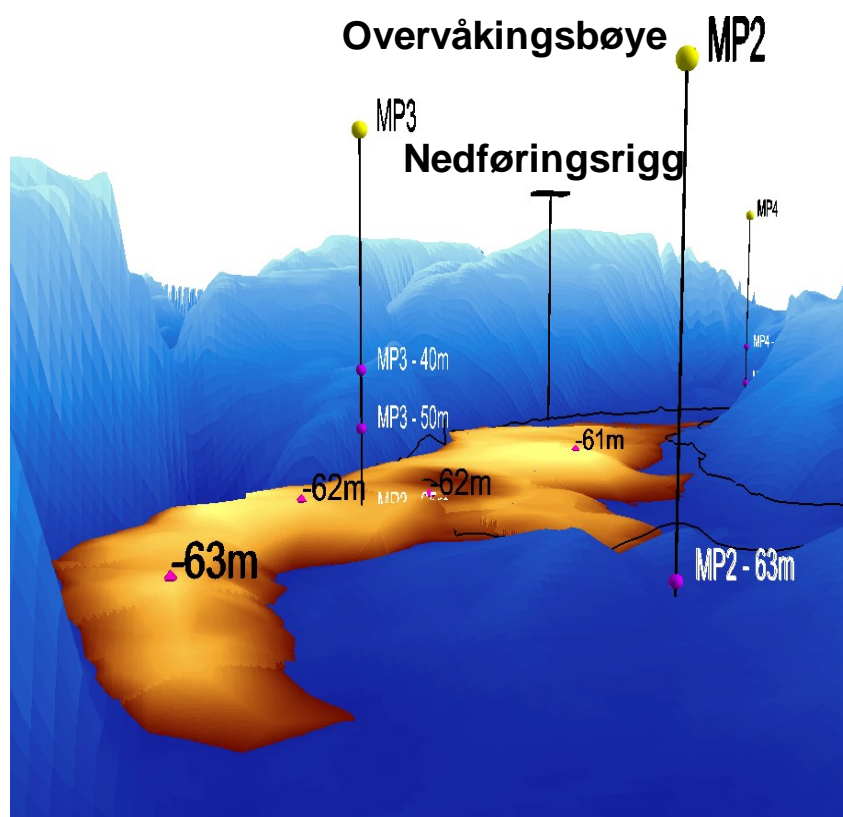
Det ble gjennomført kontinuerlig overvåking av turbiditet ved fire stasjoner (MP1-4) rundt dypvannsdeponiet, samt ved en referansestasjon lengre nord i Bekkelagsbassenget. Ved en av stasjonene (MP3) ble det gjort målinger av strømhastigheten i bunnvannet. Det var etablert turbiditetssensorer i bunnvannet (3-5 m over sjøbunnen) ved alle stasjoner, og senere også ved 43 m ved stasjon MP4 og ved 50 og 63 m ved stasjon MP3 (figur 16). Fra desember 2007 ble det etablert et tilsvarende overvåkingsystem for turbiditet om bord i nedføringsenheten, med sensor i overflatevannet (10 m vanddyp).

Turbiditetsmålingene, som ble gjort hver 10 minutt, viste generelt lave verdier med unntak av episoder der grenseverdien ble overskredet, som var konsentrert til bunnvannet i nordøstre hjørne av deponiet (MP3). Dette er det naturlig laveste nivået ut av deponiområdet basert på bunntopografien. Gjennom justering av nedføringen, stans i arbeidene og flytting av riggen kunne overskridelsene begrenses. Måledata er presentert i NGIs månedsrapporter (se kapittel 15).

9.2 Turbiditetsprofiler

NGI har i perioden med nedføring av mudrede masser målt turbiditet i hele vannsøylen over dypvannsdeponiet, 6 ganger i 2007 og 3 ganger i 2008. Dette er gjort ved ca. 50 målestasjoner. Hovedhensikten med målingene har vært å avdekke eventuell oppadrettet spredning av partikler fra deponeringen. Basert på den store mengden data som ble samlet inn ved hver undersøkelse (ca. 4000 målepunkter) ble det utarbeidet en 3D modell som beskriver partikkelfordelingen i vannmassene over dypvannsdeponiet (NGI, 2008d, 2009c).

Analysene viste at partiklene holder seg nede i bunnvannet (> 55 m) og ikke spredde seg oppover i vannsøylen. Målingene bekreftet at det forekom episoder med partikkelspredning i bunnvannet ved nord østre hjørne, som er laveste punkt i deponiet. Figur 17 viser et eksempel på en slik 3D modell.



Figur 17 Modell som viser fordeling av partikler ved dypvannsdeponiet fra nord til syd. Eksempel hentet fra måling utført 27.09.2007 (NGI, 2008d)

Entreprenør var ansvarlig for å overvåke turbiditet i vannsøylen under nedføringsenheten da det ble nedført mudrede masser. Dataene skulle brukes av entreprenøren til å avdekke evt. søl til overflate under utførelse. Måledata ble etterskuddsvis oversendt NGI som gjorde en statistisk sammenstilling av materialet for å vurdere om det var noen signifikant oppadrettet partikkeltransport fra de deponerte massene.

I henhold til kontrollplanen skulle entreprenør gjøre disse målingene mens det pågikk arbeider. For å automatisere arbeidet monterte entreprenør turbiditets-sensoren på et utstyr som automatisk trakk denne opp og ned i vannmassen (en juksamaskin som brukes i fiskeri) og samlet data kontinuerlig (inntil 30000 målepunkter pr. arbeidsuke). Dette har gitt opphav til klengenavnet "juksamåleren" til dette overvåkingsutstyret.

NGIs statistiske analyser av mottatte måleresultatene viste ingen oppadrettet spredning av nedførte masser (se NGIs månedsrapporter, kapittel 15).

9.3 Prøvetaking av vann

Det er gjennomført regelmessig prøvetakning av vann ved flere nivåer i og utenfor dypvannsdeponiet (>300 prøver) som ledd i den utvidede overvåkingen. Det er også dokumentert vannkvalitet ved en rekke badeplasser i sommerhalvåret. Denne overvåkingen kom som et tillegg til vannprøvetakning beskrevet i kontrollplanen ved overskridelse av grenseverdi for turbiditet. Analyseprogrammet har omfattet metaller, organiske tinnforbindelser (TBT), organiske tjærestoffer (PAH), mineralolje og PCB.

Vannanalysene viste ingen økning i vannkonsentrasjonen utover bakgrunnsforurensningen i området. Unntaket var bunnvannet i deponiområdet der det kunne påvises noe høyere konsentrasjoner. De organiske forbindelser var generelt lavere enn bestemmelsesgrensen og kunne bare påvises med passive prøvetaker (NGI, 2007c, 2007d, 2007e, 2009g).

9.4 Passive prøvetakere

For å kunne måle svært lave konsentrasjoner av ikke vannløselige (hydrofobe) organiske forbindelser som PAH og PCB er det gjennomført undersøkelser med bruk av passive prøvetakere. Det er benyttet både likevektsprøvetakere av typen POM av NGI, og passive prøvetakere av typen SPMD av NIVA og Exposmeter i perioden med nedføring av mudrede masser. Med disse metodene kan det påvises og kvantifiseres forbindelser ved svært lave konsentrasjoner. Metoden gjør det i tillegg mulig å gi tidsintegreerte målinger for perioden utstyret har vært utplassert. Slike målere har vært utplassert i flere perioder, og ved flere dyp nedover i vannsøylen. Det er gjennomført målinger både inne i selve deponiområdet, og ute ved tersklene som omkranser Bekkelagsbassenget.

Med passive prøvetaker kunne både PAH og PCB påvises i vannmassene i og rundt deponiet. Konsentrasjonsnivåene var generelt på samme nivå som for indre Oslofjord (bakgrunnsnivået) med unntak av de dypeste prøvene (63 m) ved overvåkingsbøyen MP3 i Nordøstre hjørne av deponiet som viste en klar økning (Cornelissen et al., 2008 og NGI, 2006b, 2007f, 2008e). Målingene med passive prøvetaker utført av NIVA og Exposmeter viste tilsvarende resultater (Exposmeter, 2007a, 2007b og NIVA/UiO, 2007).

9.5 Sedimentfeller

Dypvannsdeponiet er omkranset av høye terskler mot øst, sør og vest. Mot nord i Bekkelagsbassenget er tersklene lavere og en slik høy fysisk barriere er ikke tilstede. Den mest sannsynlige spredningsveien for partikler fra deponerte masser er følgelig nordover og ut i Bekkelagsbassenget. For å kvantifisere dette er det gjennomført en rekke undersøkelser med sedimentfeller i dette området. Det ble satt ut sedimentfeller over sjøbunnen i fire posisjoner og oppe i vannmassene (50 m vanddyp) ved en posisjon. Det store omfanget av målingene har

gjort det mulig å følge den årlige naturlige variasjon av sedimentasjon i området, og kvantifisere mengden partikler som stammer fra deponeringen.

Sedimentfellene har påvist en økt sedimentasjon som følge av deponidriften i et begrenset område nordøst for dypvannsdeponiet. Den økte sedimentasjonen er ca. 2 ganger den naturlige sedimentasjonen i området (3-4 mm i driftsperioden). Konsentrasjonen av metaller og organiske forbindelser var en faktor 0,9-2 høyere enn i naturlig sedimenterende materiale i området (NGI, 2007g, 2008f, 2009c).

9.6 Sedimentkamera (SPI)

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en metode for visuell kartlegging og klassifisering av sedimenter og bunnfauna (Nilsson og Rosenberg, 1997). Metoden kan sammenliknes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i det øverste laget av sedimentene. Utstyret består av en rigg med digitalkamera montert i vannrett hus. Denne senkes ned til sedimentet slik at en vertikal glassplate penetrerer ned i sjøbunnen. Det tas bilde av sedimentene via et skråstilt speil, slik at det tas bilder som viser strukturer og farger i sedimentene. NIVA har benyttet metoden jevnlig i tiltaksperioden både ute ved dypvannsdeponiet og i mudringsområdene. Metoden er effektiv i forhold til å beskrive sedimentasjon og avleiring av materiale på sjøbunnen samt til å dokumentere bunnfauna. Det er utviklet klassifiseringsverktøy for biologisk mangfold for denne type metoddikk.

Sedimentfotografering viste ingen unormal sedimentasjon utenfor deponiområdet, sammenlignet med bilder tatt i 2005 før deponiet ble etablert (SFT, 2007b, 2008a).

9.7 Kjemisk analyse av biologisk materiale

NIVA har gjennomført overvåking av blåskjell ved flere stasjoner rundt dypvannsdeponiet i anleggsperioden. I alt 16 prøvetakingsrunder ble gjennomført i perioden juni 2006 til desember 2008 (NIVA, 2007, 2008a, 2008b). Blåskjell lever av å filtrere partikler i vann, slik at kjemisk analyse av disse organismene er en effektiv metode for å overvåke spredning av partikulært materiale fra arbeidene. Metoden gjenspeiler miljøgiftbelastningen innenfor et relativt kort tidsrom og er gjennomført ved å høste skjell fra naturlige forekomster på relativt grunt vann. Blåskjellovervåking inngår i mange norske overvåkingsprogram.

Blåskjellanalysene ved deponiet viste at forurensningsnivåene var lave gjennom hele anleggsperioden og tilsvarende det som ble målt før tiltaket kom i gang. Nivåene var innenfor tilstandsklasse I og II (ubetydelig til moderat forurenset). Data har blitt presentert gjennom flere tidligere nevnte NIVA notater og SFT (2008b).

9.8 Andre metoder

Universitetet i Oslo (UiO) ved professor Elisabeth Alve har benyttet en metode som omfatter analyse av rester av foraminiferer i sedimentene i Bekkelagsbassenget. Foraminiferer er små vannlevende organismer. Disse organismene har et skall som kan gjenfinnes i sjøsedimentene der disse lever. Skallene er typiske slik at ulike arter og grupper av foraminiferer kan identifiseres.

UiO har samlet inn en rekke kjerneprøver i Bekkelagsbassenget nord for dypvannsdeponiet, og gjennomført en slik analyse på dette materialet. Resultatene viste at det ikke kunne spores kalkskallet av gruntvannsforaminiferer utenfor deponiet. Det ble imidlertid påvist organiske foringer (tectin-hinner) til gruntvannsforaminiferer i Bekkelagsbassenget rett nord for deponiet. Disse lette foringer blir igjen etter at det ytre kalkskallet har blitt løst opp (NIVA/UiO, 2007). Dette tyder på at spredningen har vært begrenset.

10 Status ved dypvannsdeponiet

10.1 Tildekking

10.1.1 Dokumentasjon av lagtykkelse etter utleggelse i 2009

Dokumentasjon av lagtykkelse, utbredelse og dekningsgrad har vært gjennomført av entreprenør med målestaver, i samarbeid med Rambøll Norge AS. Rambøll konkluderte med at gjennomsnittstykkelse av tildekkingslaget var på 31 cm (beregnet på grunnlag av målinger utført på 26 av de 45 målestavene som ble satt ut) og at 34 – 46 % av dypvannsdeponiet hadde en tykkelse av tildekkingslaget på ≥ 40 cm (Rambøll, 2010)

For å dokumentere tykkelsen av laget med rene masser etter at entreprenøren erklærte seg ferdig, har NGI på oppdrag av Oslo Havn KF, gjennomført byggherrens egenkontroll i perioden. Undersøkelsene ble gjennomført i november 2009 og resultatene er tidligere rapporterte (NGI, 2010c). I samtlige 79 prøver som ble hentet opp ved kjerneprøvetaking ble det observert tildekkingsmasser på toppen av de deponerte massene med en gjennomsnittlig tykkelse på 25,7 cm. NGI konkluderte at kravet om at hele dypvannsdeponiet skal tildekkes med minimum 0,4 m tildekkingsmasser ikke var oppfylt.

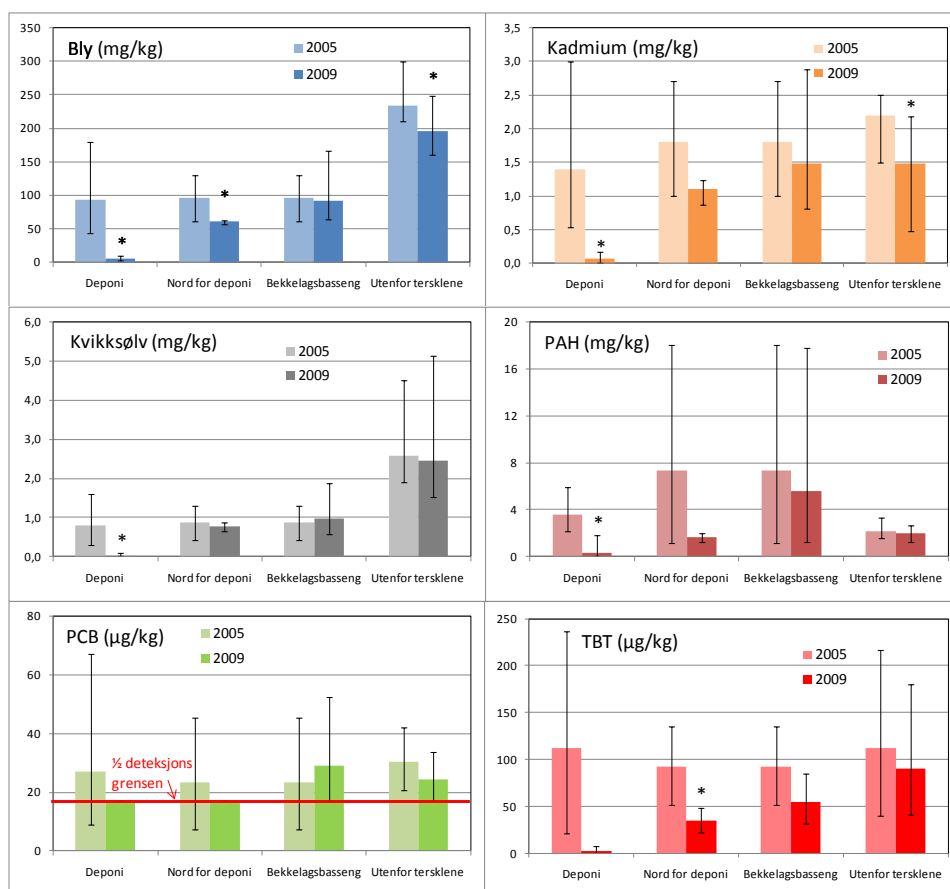
10.1.2 Supplerende tildekking

Tykkelse av supplerende tildekking, gjennomført i 2010/2011, ble dokumentert ved hjelp av målestaver. Etter at tildekkingsmassene var lagt ut, ble målestavene fotografert med hjelp av en ROV. Bildene ble benyttet (sammen med tidligere dokumentasjon) for å vurdere tykkelse av tildekkingslaget (Rambøll, 2011). Måleresultatene varierte fra 0,4 til 0,9 m sand, i samtlige av de 38 ruter, som dekker hele området regulert til dypvannsdeponi. Rambøll konkluderer i sin rapport datert 20. oktober 2011: "*Hele dypvannsdeponiet på Malmøykalven tilfredsstillende nå kravet om 0,4 m mektighet på overdekkingslaget.*"

Rambøll gjennomførte i 2013 en kontroll av tildekkingslagets tykkelse, i tråd med krav i tillatelsen. Kontrollen omfattet fotografering av målestavene i dypvannsdeponiet for å måle tykkelsen på sandtildekkingen. Fotografiene ble analysert med dataverktøyet UTHSCSA image tool. Rambøll (2014) konkluderer at: *"Det er observert liten eller ingen endring i tildekkingslagets tykkelse sammenlignet med tidligere kontroller"*. De skriver videre i sin rapport at: *"Hele deponiet er i dag dekket av finstoff, noe som indikerer at dypvannsdeponiet er et sedimentasjonsområde og at det ikke forekommer erosjon av tildekningslaget"*.

10.2 Kjemisk status

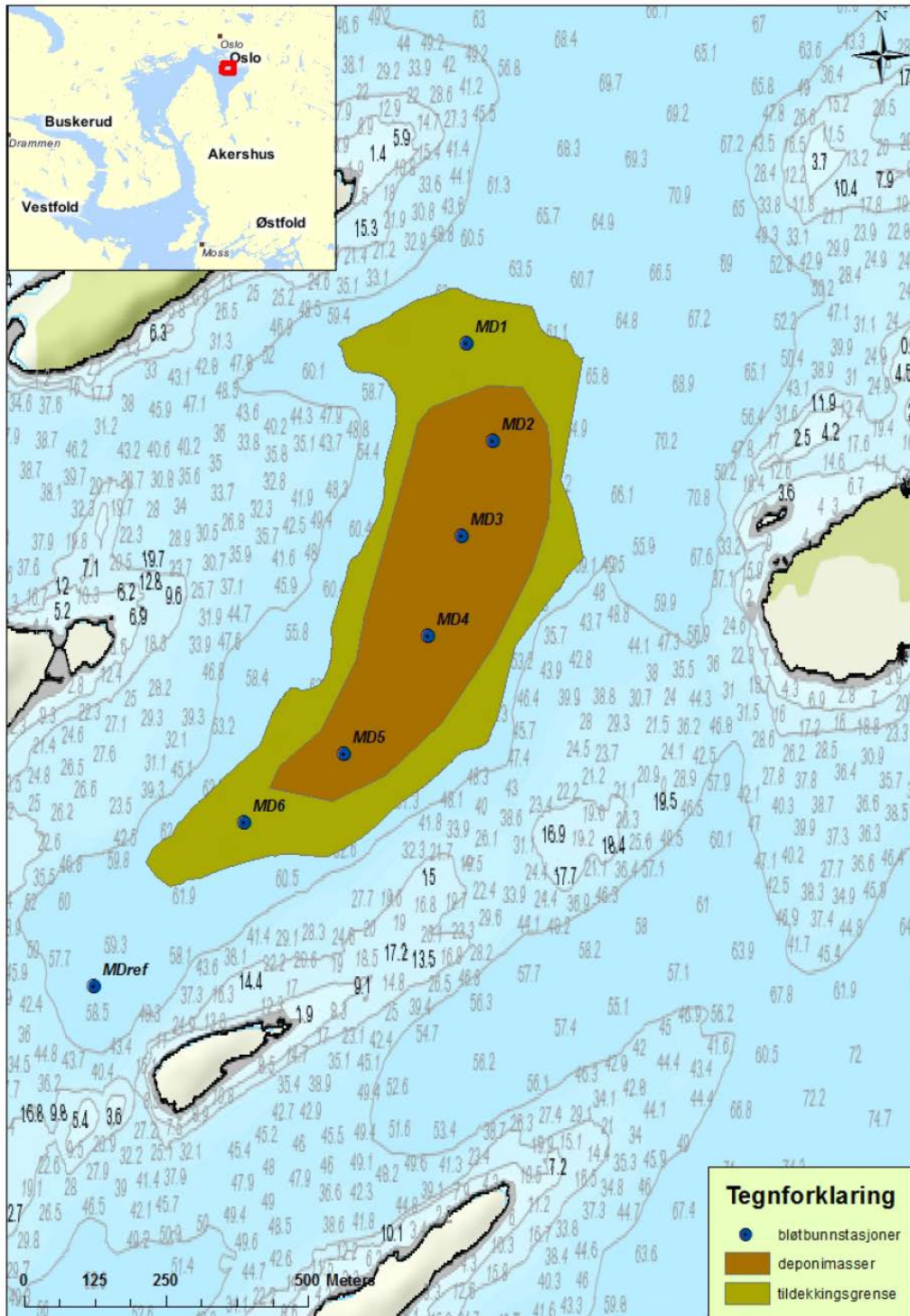
Omfattende prøvetaking av sedimentene i og rundt deponiet etter at deponiet var tildekket (juni 2009) viser at sedimentkvaliteten i området ikke har blitt påvirket av deponidriften. Selve deponiarealet viser en sterk miljøforbedring i 2009 som følge av sandtildekkingen og tilstandsklasse I-II oppnås med unntak av PCB som ikke ble påvist i noen av prøvene, men som følge av forhøyet deteksjonsgrense havnet i klasse III. Bekkelagsbassenget og områdene utenfor tersklene viser ingen endring i forhold til situasjonen i 2005 før deponiet ble etablert (Figur 18) og ligger fortsatt i klasse III-V (NGI, 2010a). Etter gjennomført hovedtildekking ble det i 2010 og 2011 gjennomført supplerende tildekking for å nå kravet om 0,4 m tykkelse.



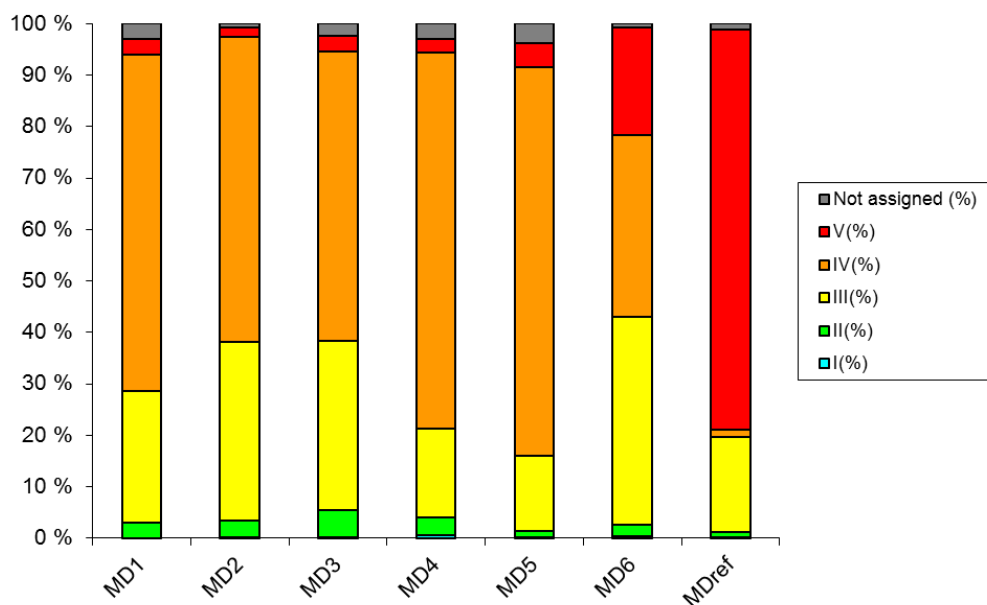
Figur 18 Sedimentkonsentrasjoner før etablering av dypvannsdeponiet (2005) og etter hovedtildekkingen i 2009 i og utenfor Bekkelagsbassenget (se figur 15). Figuren viser gjennomsnittskonsentrasjonen samt høyest og lavest verdi.
 (* statistisk signifikant endring).

10.3 Biologisk status

I 2012 gjennomførte DNV en undersøkelse av bunnfaunaen i dypvannsdeponiet (DNV, 2012). I undersøkelsen ble tildekkingslaget på dypvannsdeponiet prøvetatt med grabb sammen med en referansestasjon utenfor deponiområdet etter ISO 16665. Se stasjonsoversikt i figur 19. Grabbprøvene ble opparbeidet for en undersøkelse av bunnfauna der organismene ble artsbestemt og antallet av hver art ble talt opp. Med dette datagrunnlaget ble det utarbeidet indekser som beskriver biodiversiteten i tildekkingslaget (Figur 20).



Figur 19 Stasjonsoversikt for bunnfaunaundersøkelse gjennomført av DNV (DNV, 2012).



Figur 20 Resultater fra bunnfaunaundersøkelsen utført av DNV (DNV, 2012) som viser andel av arter i de ulike økologiske gruppene (AMBI).

DNV konkluderer med at resultatene viser at variasjonen i bunnfauna reflekterer sedimenttypen; sand og grus i tildekkingsområdet og leire og slam i det utenforliggende referanseområdet. I tildekkingsområdet vitner artssammensetningen om et typisk koloniseringsstadium, mens de dominante artene utenfor tildekkingsområdet er forurensningstolerante arter. DNV skriver videre at området som er tildekket fremstår som en "øy" av renere masser i forhold til omkringliggende forurensete sedimenter. Over tid forventes det at faunaen i tildekkingsområdet følger et typisk bentisk suksesjonsmønster så lenge oksygennivået i vannsøylen er tilfredsstillende. Området rundt deponiet har et høyt innhold av organisk materiale som kan fortsatt være forurenset av miljøgifter. Tilførsel fra tilgrensede forurenset sjøbunn kan muligens påvirke tildekkingsområdet over tid, og forringe forholdene for faunaen i området.

10.4 Spredning

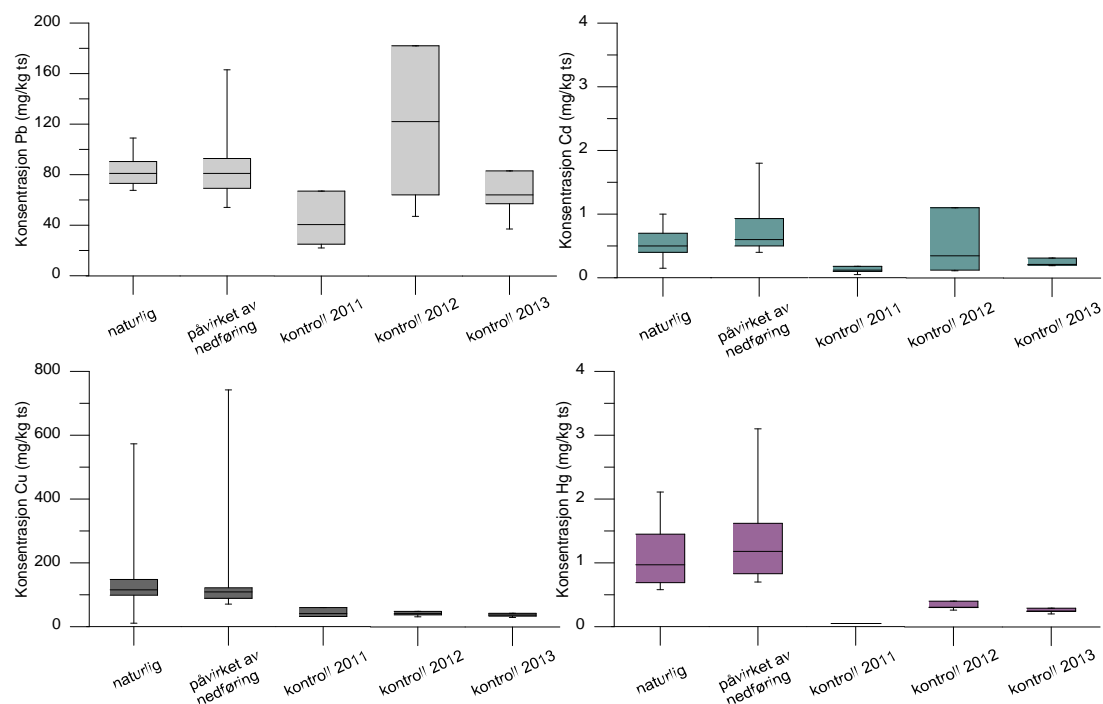
Oslo Havn KF har gjennomført etterkontroll av dypvannsdeponiet i henhold til kontrollplanen som var utarbeidet på grunnlag av vilkår gitt i Miljødirektoratets tillatelse, i 2011, 2012 og 2013 (NGI, 2012c; NGI, 2013a og NGI 2014b).

I 2012 ble det foreslått at langtidsovervåking av dypvannsdeponiet kunne utføres i regi av Fagrådet for indre Oslofjord. Dette forslaget har Fagrådet avvist, så for å sikre ytterligere dokumentasjon av tildekkingens effekt i de første årene etter at dypvannsdeponiet er avsluttet, har Oslo Havn KF gjennomført nye undersøkelser i 2013.

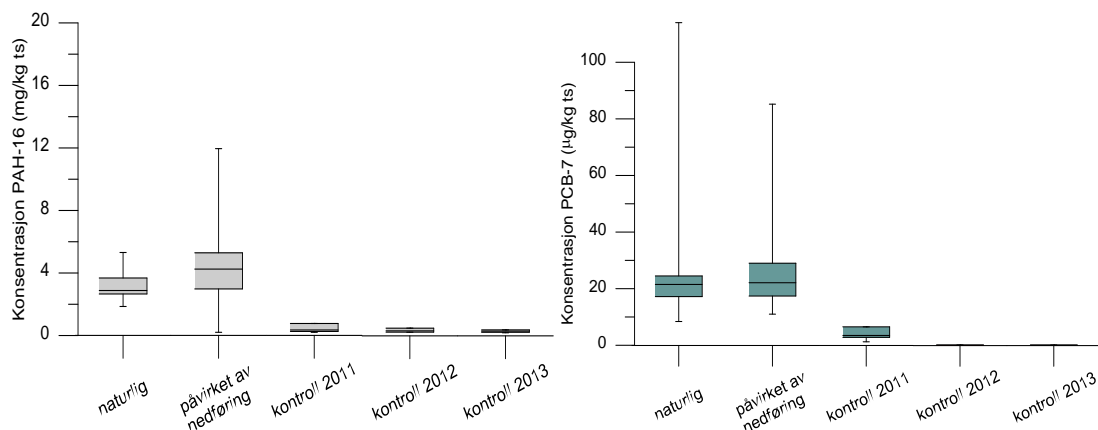
NGI har gjennomført kontroll av dypvannsdeponiet, der hensikten var å dokumentere eventuell spredning av partikulært materiale med sedimentfeller og å dokumentere tildekkingens effekt med passive prøvetakere og diffusjonskamre.

Kvaliteten på sedimenterende materiale både før, under og etter deponering er vist i Figur 21 og Figur 22 som benytter den samme grupperingene: naturlig sedimenterende materiale, sedimenterende materiale påvirket av nedføring, kontroll gjennomført i 2011, 2012 og 2013. Konsentrasjoner av utvalgte metaller er illustrert i Figur 21 og konsentrasjoner av PAH-16 og PCB-7 er illustrert i Figur 22. Analyseresultater av sedimenterende materiale fra periodene 2011-2013 viser at konsentrasjon av metaller og organiske forbindelser er generelt på samme nivå og er en faktor 2-4 lavere enn under nedføringen, med unntak av bly som viser en større variabilitet.

Generelt viser observasjonene fra kontrollene gjennomført i 2011, 2012 og 2013 at kvaliteten av det sedimenterende materiale ved dypvannsdeponiet varierer lite innenfor den statistiske usikkerheten for de ulike undersøkelsene og anses som representativ for kvaliteten av naturlig sedimenterende materiale i området.

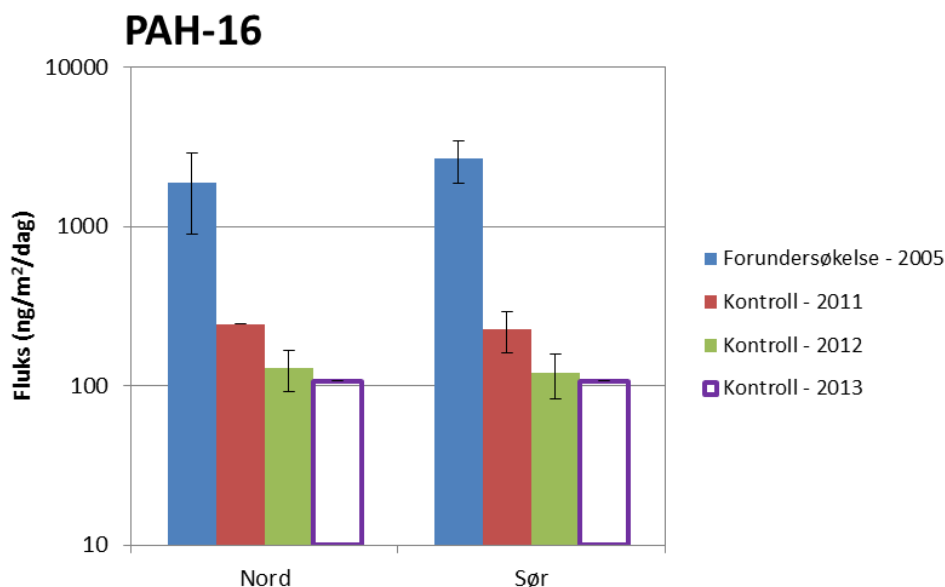


Figur 21 *Kvaliteten av sedimenterende materiale. Konsentrasjoner av utvalgte metaller målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet før, under og etter nedføring av mudrede masser og sandtildekking.*

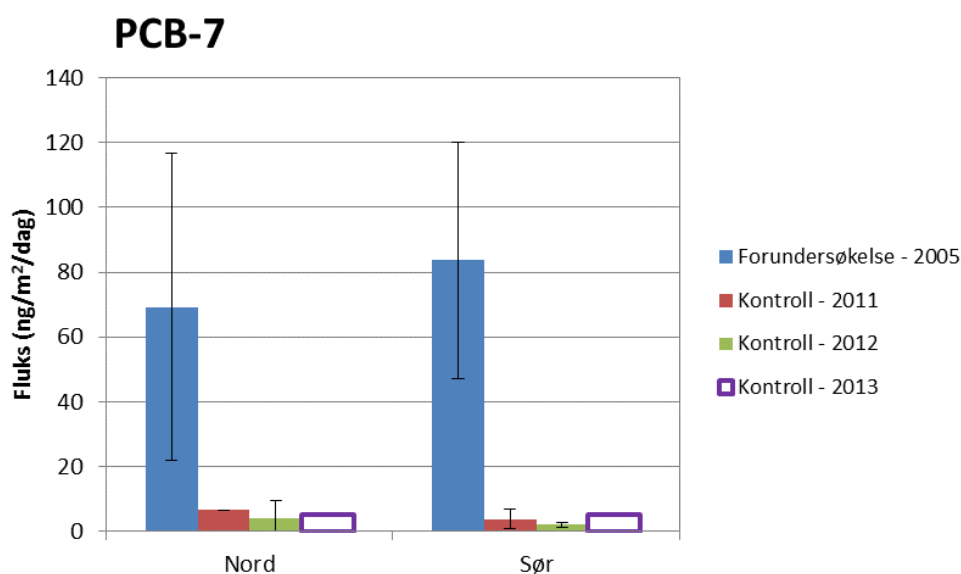


Figur 22 *Kvaliteten av sedimenterende materiale. Konsentrasjoner av PAH-16 og PCB-7 målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet før, under og etter nedføring av mudrede masser og sandtildekking.*

Det er ikke registret utlekking av PAH eller PCB (figur 23 og 24) ved undersøkelsen med flukskamre i 2013 (deteksjonsgrensene vises). Resultatene viser at utlekking fra sedimentoverflaten før deponiet ble etablert ved Malmøykalven (NGI, 2006a), er redusert med henholdsvis mer enn 95 % og 93 %.

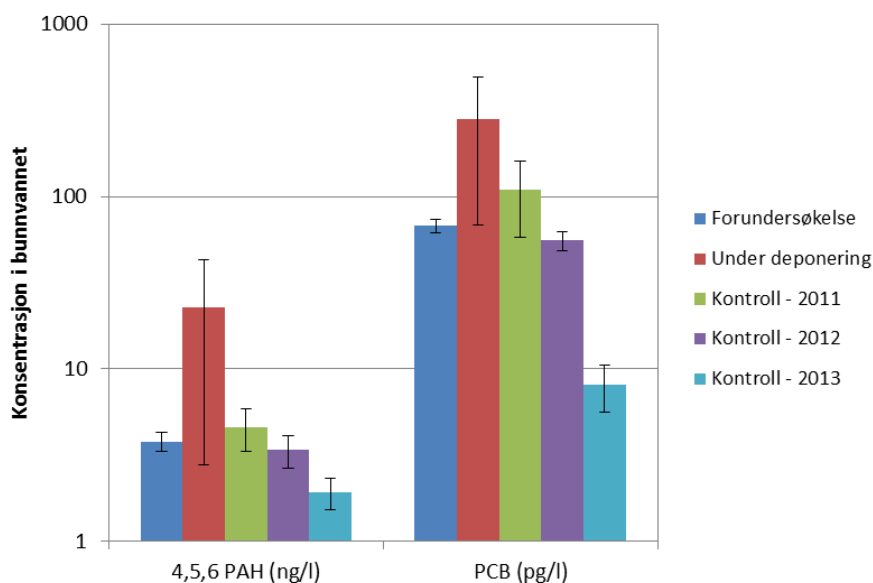


Figur 23 *Fluks av PAH-16 (ng/m²/dag, logaritmisk skala) målt før deponering og etter tildekking av dypvanns-deponiet, ved kontrollene gjennomført i 2011 og 2012. I 2013 ble ingen PAH påvist men deteksjonsgrensen er brukt i figuren.*



Figur 24 Fluks av PCB-7 (ng/m²/dag) målt før deponering og etter tildekking av dypvannsdeponiet, under kontrollene gjennomført i 2011 og 2012. I 2013 ble ingen PCB påvist men deteksjonsgrensen er brukt i figuren.

Det ble også gjennomført målinger med passive prøvetakere (POM) for å verifisere om vannkvaliteten ved dypvannsdeponiet har blitt endret etter deponerings- og tildekkingsarbeid. Vannkvaliteten like over sjøbunnen ble målt med passive prøvetakere som måler konsentrasjon av løst PAH og PCB i vannet. Figur 25 sammenligner fritt løste konsentrasjoner av PAH (4, 5 og 6-ring PAH) samt PCB-7 målt i bunnvannet ved dypvannsdeponiet både før, under og etter deponering. Disse resultatene viser at konsentrasjonen av PAH og PCB målt i 2013 er lavere enn målt under kontrollen i 2011 og 2012. I tillegg er analyse-resultatene lavere enn det som var målt før deponeringsarbeid var påbegynt.



Figur 25 Konsentrasjoner for fritt løst 4, 5, 6-ring PAH og PCB-7 i bunnvannet ved dypvannsdeponiet (NGI, 2014b).

Analyseresultatene tyder på at deponiets konsolideringsfase er dokumentert gjennom overvåkingen og at spredning fra dypvannsdeponiet på lang sikt vil styres av diffusjon. Basert på tidligere modellering, forventes det at spredningen fra diffusjon vil fortsette å minke gradvis.

En samlet vurdering av resultatene fra kontrollene som er gjennomført i 2011, 2012 og 2013 etter avslutning av deponiet viser at tildekkingslaget fungerer som forutsatt.

11 Vurdering av oppnådd resultat

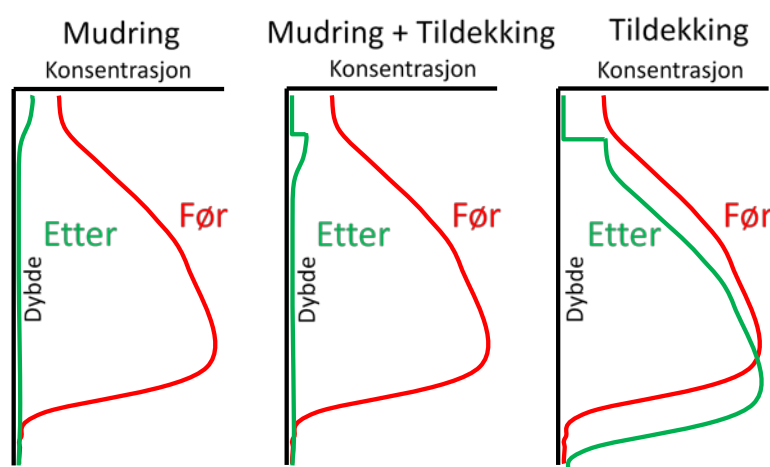
11.1 Mudring og tildekking

En gjennomgang av tilgjengelige data for miljøkvalitet av sedimentene etter gjennomførte tiltak i de ulike deler av Oslo havn, viser at mudring i de grunne deler av havnen har fjernet mer enn 95 % av miljøgiftene som var der. Denne forurensningen er nå tatt ute av sirkulasjon og vil ikke lenger kunne tilføres miljøet som følge av menneskelig aktivitet eller naturlige hendelser. Dette betyr at den langsiktige risikoen forurensningen representerte før tiltaket er sterkt redusert.

Den kortsiktige effekten av tiltakene er styrt av sedimentkvaliteten i det øvre sediment sjiktet (0-10 cm). Mudringen og supplerende tiltak har ført til en sterk reduksjon i overflatekonsentrasjonen av forurensningen i havneområdet (75 til > 99 %).

Tilførsel av nytt sediment, enten fra sedimentflater utenfor tiltaksområdet eller fra landbaserte kilder vil ha en innvirkning på den langsiktige effekten av tiltaket, og vil gradvis dominere forholdene i det bioaktive laget i tiltaksområdene.

En skjematisk konsentrasjonsprofil i sedimentet etter tiltak (grønn) er vist i figur 26 sammen med sedimentprofilen før tiltak (rødt) ved bruk av de ulike tiltaksmetodene. Figuren illustrerer hvordan det forurensede laget ved mudring blir fjernet, men at det blir igjen en restforurensning i et tynt lag på den nye sjøbunnen. Der mudringen er etterfulgt av en tildekking med rene masser blir toppsjiktet i sedimentene ytterligere forbedret. Der forurenset sjøbunn kun blir tildekket blir forurensningen liggende under det rene tildekkingslaget.

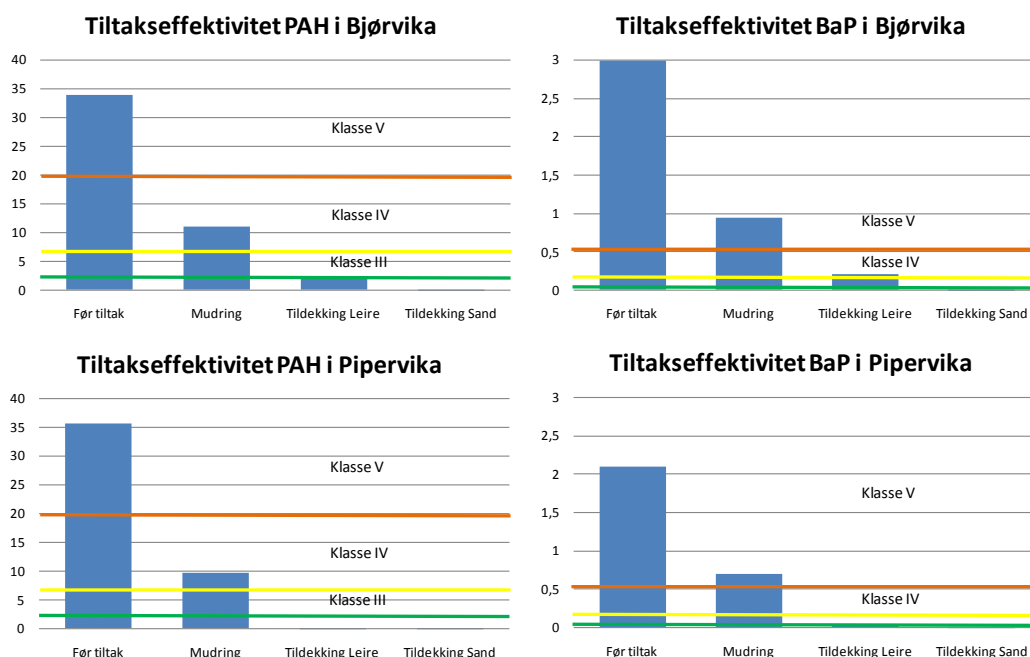


Figur 26 Ny sjøbunn etter gjennomførte tiltak, der nivåene av forurensning før og etter tiltak er illustrert. Dybde for det forurensede laget vil variere fra ca. 0,5-1,5 m.

Tiltaksresultatene etter mudring viser at spesielt konsentrasjonene av PAH (inkludert BaP) og TBT er sterkt påvirket av restforurensningen. Tildekking av sjøbunnen med rene masser er et meget effektivt tiltak for å forbedre resultatet etter mudring (Figur 27). Dette er gjennomført i store deler av tiltaksområdet og en oppnår da tilstandsklasse II eller bedre.

Den langsiktige effekten av tiltaket vil bli styrt av kvaliteten på naturlig sedimenterende materiale. Nær byer og tettsteder vil overvann være en viktig bidragsyter til vann og sedimentkvaliteten i fjorden. Det utføres nå store arbeider langs Oslos sjøsiden som vil ta hånd om overvannet fra byen, slik at det er grunn til å tro at den positive tilstandseffekten som er oppnådd gjennom tiltaksarbeidene i Oslo havn vil opprettholdes.

I småbåthavner vil sedimentkvaliteten være avhengig av at kildekontroll for avrenning fra landbaserte aktiviteter gjennomføres. Deretter kan supplerende tiltak i sjøen vurderes.



Figur 27 Oversikt over tiltakseffektivitet for PAH og Benzo(a)pyren i Bjørvika og Pipervika etter mudring og tildekking (tilstandsklasser ihht. SFT, 1997)

11.2 Dypvannsdeponiet etter avslutning

Nedføring av mudrede masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven har medført en begrenset spredning av forurensning i bunnvannet inn i Bekkelagsbassenget. Sedimentkvaliteten rundt deponiet har imidlertid ikke blitt endret, og vannkvaliteten i de øvre vannmassene har ikke blitt påvirket. I deponiet har sedimentkvaliteten vist en markert forbedring som følge av tildekkingen.

Etterkontroll av dypvannsdeponiet gjennomført i 2011 (NGI, 2012c), 2012 (NGI, 2013a) og 2013 (NGI, 2014b) viser at spredning fra området er sterkt redusert i forhold til før situasjonen. Konsolideringsfasen av deponiet har avtatt og på lang sikt vil evt. spredning styres av diffusjon. Basert på tidligere modellering, forventes det at spredningen via diffusjon fra sedimentene til vannmassene vil fortsette å minke gradvis.

Fysisk overvåking av tildekkingslaget bekrefter dette bildet ved at det er observert liten endring i tildekkingslagets mektighet sammenliknet med tidligere kontroller og målingene tilfredsstillende kravet om 0,4 m mektighet. Det er ikke observert tegn til brudd i tildekkingslaget, og det ble observert avsetninger av finpartikulært materiale på overflaten av hele deponiet, noe som indikerer at området er et sedimentasjonsområde og at det ikke forekommer erosjon av tildekkingslaget (Rambøll, 2014).

Det er observert rekolonisering med bunnlevende organismer og begroing på målepinnene utplassert i området.

12 Blågrønn strategi

Oslo Havn KF er miljøsertifisert etter ISO 14001, og dette forplikter å sikre at negativ miljøpåvirkning blir redusert, og at muligheter til å påvirke ytre miljø positivt utnyttes. Oslo Havn har identifisert tre viktige strategier. Dette er støystrategi, klimastrategi og blågrønn strategi. Oppnår Oslo Havn delmålene i strategiene, bidrar de til sin miljøvisjon om et renere hav, friskere luft, og en grønnere by. I miljøpolitikken inngår også en maritim kulturminneplan og estetiske veiledere.

Strategiens måloppnåelse realiseres gjennom konkrete tiltak som forvaltes av ulike seksjoner i Oslo Havn KF.

I forhold til prosjekt Ren Oslofjord er det flere av delmålene i strategien som er viktige for å sikre at den miljøeffekten som ble oppnådd ikke forringes ved ny tilførsel av forurensning. Under er disse delmålene fremhevet:

- Vi i Oslo havn salter og støver mindre, og håndterer snø på best mulig måte
- Vi i Oslo havn håndterer overvann på best mulig måte
- Vi i Oslo havn benytter miljøvennlige kjemikalier og har et bevisst forhold til materialvalg
- Vi i Oslo havn bidrar til å stanse forurensning fra skip og havnedrift
- Vi i Oslo havn bidrar til å skape gode forhold for livet i havet

Som et ledd i å evaluere overnevnte delmål initierte Oslo havn i 2013 en undersøkelse av forurensningstilførsler til Bjørvika og Pipervika via overvannsnett og samt undersøkelse av sediment i disse to tiltaksområdene for å dokumentere utviklingen i miljøstatus (NGI, 2013b).

I rapporten konkluderes det med at kvaliteten på ny sjøbunn i 2013 generelt er i samme tilstandsklasse som etter gjennomført tiltak, men det kan observeres en økning i konsentrasjon som følge av tilførsel av forurensning fra land. Dette gjelder spesielt stoffene Cu, Hg, Pb, Zn og TBT.

Stoffer det er lave konsentrasjoner av i overvann (som As og Cr) øker ikke i sedimentene. I sediment innerst i Bjørvika nært et større utslippspunkt for overvann er det observert en signifikant forverring i sedimentkvaliteten.

Dette viser at det er viktig med en blågrønn strategi for å beskytte de oppryddede sjøarealene mot tilførsel av ny forurensning. Det må spesielt vurderes om det kan gjøres tiltak mot utslippspunktet av overvann innerst i Bjørvika.

13 Oppsummering og konklusjon

Oslo Havn KF som tiltakshaver har gjennomført mudring og tildekking av forurenset sjøbunn i perioden fra mai 2006 til oktober 2011. Det er gjennomført tiltak i Bjørvika, Pipervika og i flere mindre områder i trafikkhavnen. Mudringsarbeidene er utført av Secora AS, og mudrede masser er deponert i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven.

I søknaden om tillatelse til mudring, som bygger på den helhetlige tiltaksplanen, er følgende operative miljømål for oppryddingsarbeidene definert:

Forurensede sedimenter skal fjernes eller dekkes til slik at miljøtilstanden forbedres betydelig, og at det skal tilstrebes at kvalitet på overflatesedimentet i hovedsak oppfyller klasse II (moderat forurenset) i Miljødirektoratets klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT veileder 97:03).

Som foreslått i tiltaksplanen er det benyttet overskuddsmasser (marin leire) fra utgravingen av trasé til senketunnelen som bygges under Bjørvika. Disse massene er benyttet i ytre deler av Bjørvika og Pipervika, i Bispevika og i indre Bjørvika. Det er også benyttet sand for å tildekke sjøbunn i Pipervika, Bjørvika og Lohavn.

Gjennom et omfattende prøvetakningsprogram er effekten av arbeidene blitt dokumentert. Resultatene fra dette omfattende datagrunnlaget viser at 95-99 % av forurensningen er fjernet fra Bjørvika og Pipervika. Tilstandsklasse II eller bedre oppnås i både Pipervika, Bjørvika og Lohavn med unntak av TBT i ytre deler av Pipervika som ligger i klasse III.

Nedføring av mudrede masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven har medført en begrenset spredning av forurensning i bunnvannet inn i Bekkelagsbassenget. Sedimentkvaliteten rundt deponiet har imidlertid ikke blitt endret, og vannkvaliteten i de øvre vannmassene har ikke blitt påvirket. I deponiet har sedimentkvaliteten vist en markert forbedring som følge av tildekkingen. Tildekkingslaget er fysisk stabilt og det ble observert få tegn til endringer i sandlaget og ingen tegn til erosjon. Det ble observert avsetninger av finpartikulært materiale på overflaten av hele deponiet, noe som indikerer at området er et sedimentasjonsområde. Rambøll mener at sandlagets tykkelse er tilstrekkelig dokumentert. Bunnlevende organismer har begynt å rekolonisere området.

Oslo Havn KF har utviklet en blågrønn strategi som har til hensikt å redusere tilførsel til et minimum og dermed sikre at miljøeffekten som ble oppnådd gjennom tiltakene ikke forringes ved ny tilførsel av forurensning.

HOVEDKONKLUSJONER

Mudringsarbeidene har gitt god miljøforbedring i Oslo havn og småbåthavnene. Denne miljøforbedringen er ytterligere forsterket ved å utnytte tilgjengelig rene overskuddsmasser som tildekkingsmasser. Det er oppnådd median tilstandsklasse II eller bedre for alle forbindelser i havneområdet med unntak av TBT i Pipervika ved områder som er tildekket med leire. I småbåthavner er det restforurensning igjen i sedimentene, som vurderes nærmere i forhold til kilder til avrenning av forurensning fra land. Arbeidet med småbåthavnene følges opp av Oslo kommune.

Overvåkingsresultatene fra dypvannsdeponiet viser at tildekkingslaget har tilfredsstillende tykkelse og ikke er utsatt for erosjon. Tildekkingslaget virker etter forutsetningen og hindrer spredning av miljøgifter. Spredning fra deponiområdet er nå vesentlig lavere enn før deponiet ble etablert. Marin bunnfauna er observert og rekoloniserer deponiområde. Fauna viser høy biodiversitet med innslag av nye mindre forurensningstolerante arter.

Fremtidig kvalitet i Oslohavn vil være sterk styrt av langtidsstrategien "Blågrønn strategi" som har til hensikt å redusere tilførsel fra byen til et minimum og dermed beskytte de oppryddede sjøarealene mot tilførsel av ny forurensning.

14 Referanser

Cornelissen, G., Pettersen, A., Eek, E., Nesse, E., Helland, A., and Breedveld, G.D. (2008).

The contribution of urban runoff to organic contaminant levels in harbour sediments near two Norwegian cities. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 56, pp. 565-573.

DNV (2009a)

Fase 1. Befaring ved tildekking på Malmøykalven 8.5.2009. DNV teknisk rapport 2009-0762, rev 1 datert 18/5-09.

DNV (2009b)

Fase 2. Vurdering av tildekking ved Malmøykalven. DNV teknisk rapport 2009-0817, rev 2 datert 15/6-09.

DNV (2012)

Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012. DNV rapport 2012-1437, rev 1 23/11-12.

Exposmeter (2007a)

Oslo fjord. Investigation of chemicals released from the Malmøykalvel dumping area. Polycyclic aromatic hydrocarbons. ExposMeter AB. Rapport nr 2006N-001, datert 20/6-07

Exposmeter (2007b)

Oslo fjord. Investigation of chemicals released from the Malmøykalvel dumping area. Polycyclic aromatic hydrocarbons. ExposMeter AB. Rapport nr 2006N-003, datert 20/6-07

Gustavson, K. E., Burton, G. A., Francingues, N. R., Rieble, D. J. and Wolfe, J. R. (2008). Evaluating the Effectiveness of Contaminated Sediment Dredging. *Environmental science and technology*. July 15, 2008, pp. 5042-5047.

HAV (2005)

Søknad om mudring av forurensede sedimenter i Oslo havnebasseng, datert 28/9-05. Dokumentet er tilgjengelig på www.renoslofjord.no.

Klif (2010)

Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2009. Klif rapport TA-2638/2010

Klif (2011)

Prosjekt småbåthavner - utredning av miljøfarlige utslipp som følge av drift. Kartlegging av forurensing i utvalgte småbåthavner i Norge. Klif rapport TA-2751/2010, rev 1 datert 22/2-11

Klif (2012)

Veileder risikovurdering forurenset sediment. Veileder TA-2802/2012, datert 15/8-2012.

NGI (2005)

Stabilitet av forurensete sedimenter-SIP 9. Grunnleggende kartlegging av Bispevika. NGI rapport 20031020-2, datert 6/5-05.

NGI (2006a)

Forundersøkelser dypvannsdeponi. Datarapport. NGI rapport 20051732-1, datert 14/07-06.

NGI (2006b)

Resultater fra passive prøvetakere utplassert rundt dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. NGI rapport 20051785-15, datert 1/12-06

NGI (2007a)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Kontroll av ferdig mudrede områder. NGI rapport 20051785-11, datert 20/6-07.

NGI (2007b)

Oslo havnedistrikt - Prøvetakning i småbåthavner og på badestrender. Kartlegging av forurenset sediment og kjemiske analyser. NGI rapport 20061705-1, datert 9/1-07.

NGI (2007c)

Miljøregnskap for perioden september til desember 2006. NGI rapport 20051785-22, rev 2 datert 29/6-07

NGI (2007d)

Miljøregnskap for perioden januar til juni 2007. NGI rapport 20051785-31, datert 11/10-07

NGI(2007e)

Miljøregnskap for perioden juli til desember 2007. NGI rapport 20051785-39 datert 14/3-08

NGI (2007f)

Passive prøvetakere. Resultater fra april 2007. NGI rapport 20051785-32, datert 9/10-07

NGI (2007g)

Resultater fra sedimentfelleundersøkelser 1. halvår 2007. NGI rapport 20051785-28, datert 10/10-07

NGI (2008a)

Tildekking av forurenset sjøbunn med leire i Oslo havn. Kvalitet på ny sjøbunn etter tildekking. NGI rapport 20071396-2, datert 14/2-08.

NGI (2008b)

Prøvetildekking av dypvannsdeponiet. NGI rapport 20051785-34, datert 15/4-08

NGI (2008c)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status. NGI rapport 20051785-48, rev 1 datert 29/6-09.

NGI (2008d)

SFTs utvidet program for overvåkning under deponering av masser ved dypvannsdeponiet. Resultater fra 2007. NGI rapport 20071310-1, datert 7/3-08

NGI (2008e)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Passive prøvetakere. Resultater fra august og desember 2007 i deponiområdet. NGI rapport 20051785-45, datert 30/4-08.

NGI (2008f)

Sedimentfelleundersøkelser 2. halvår 2007. NGI rapport 20051785-40 datert 21/2-08

NGI (2009a)

Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Tildekking med sand i Pipervika og Lohavn, Oslo havn. NGI rapport 20051785-66, datert 30/6-09.

NGI (2009b)

SFTs utvidet program for overvåkning under deponering av masser ved dypvannsdeponiet. Vertikale turbiditetsprofiler Resultater fra 2008. NGI rapport 20071310-2, datert 30/1-09

NGI (2009c)

Overvåkning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med sediment-feller 2008. NGI rapport 20071310-3, datert 10/9-09

NGI (2009d)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavnene. Status. NGI rapport 20051785-63, rev 01 datert 26/6-09.

NGI (2009e)

Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn –Sluttrapport. NGI rapport 20051785-64, rev 1 datert 1/7-09

NGI (2009f)

Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter mudring i Pipervika. Status. NGI rapport 20051785-62, rev 01 datert 26/6-09.

NGI (2009g)

Miljøregnskap for perioden januar til oktober 2008. NGI rapport 20051785-55 datert 12/2-09

NGI (2010a)

Dypvannsdeponi ved Malmøykalven Sluttrapport del 1: Miljøkvalitet. NGI rapport 20051785-65/20051785-00-480-R, rev 1 datert 5/2-2010

NGI (2010b)

Oslo Havn KF - Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Vurdering av potensiell miljøeffekt ved ytterligere sandtildekking i Pipervika, Lohavn og Bjørvika. NGI rapport 20051785-00-523-R, rev 1 datert 23/11-2010

NGI (2010c)

Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherres egenkontroll. NGI rapport 20051785-00-513-R, datert 26/2-2010

NGI (2011a)

Dypvannsdeponi ved Malmøykalven Sluttrapport del 2: Dokumentasjon av tildekking. NGI rapport 20051785-00-559-R, datert 12/12-2011

NGI (2011b)

Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Tildekking med sand som tiltak mot restforurensning etter mudring i Oslo havn. NGI rapport 20051785-00-529-R, datert 4/8-2011

NGI (2012a)

68HAV11 - Overvåking av forurensning ifm. Mudring ved Hjortneskaia. NGI rapport 20120332-00-4-R, datert 26/6-2012

NGI (2012b)

Mudring ved Revierkaia Overvåking av tiltaksarbeider – sluttrapport. NGI rapport 20110489-00-8-R, datert 14/5-2012

NGI (2012c)

Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Dypvannsdeponi ved Malmøykalven – etterkontroll. NGI rapport 20051785-00-562-R, datert 31/1-2012.

NGI (2013a)

Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Ett års kontroll 2012. NGI rapport 20120393-01-R, datert 22/4-2013.

NGI (2013b)

Overvannskummer og sediment – Bjørvika og Pipervika. Prøvetakning av overvannskummer og sediment i Bjørvika og Pipervika. Kontroll av miljøtilstand. NGI rapport 20130671-01-R, datert 16/12-13.

NGI (2014a)

Tildekking Revierkaia – Overvåking av tiltaksarbeider – sluttrapport. NGI rapport 20110489-9-R datert, 6/3-14

NGI (2014b)

Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven 2013. NGI rapport 20130439-01-R, rev 02, datert 3/7-2014.

NIVA (2007)

Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord. Pr. august 2007. NIVA notat O-27106, datert 7/11-07.

NIVA (2007b)

Utlegging av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget – etterundersøkelse 2007. NIVA rapport 5540-2008, datert 24/1-08.

NIVA/UiO (2007)

Spredning av partikler og miljøgifter under deponering av masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. NIVA rapport 5501-2007, datert 6/11-07

NIVA (2008a)

Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord, per april 2008, NIVA Notat O-27476, datert 11/8-08

NIVA (2008b)

Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord, per juni 2008. NIVA Notat O-27476, datert 23/10-08

NIVA (2009)

Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera. NIVA rapport 5775-2009, datert 31/3-09

NIVA (2011)

Restituering av plante- og dyreliv i Bjørvika. Utsetting av stein med tang og utsetting av kunstige rev utenfor operaen i Bjørvika. NIVA rapport 6167-2011, datert 18/4-2011

Oslo kommune (2005)

Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt. Vedtatt av Oslo bystyre. Oslo, 26/10-05.

Rambøll (2009)

Secora AS – Bistand ved opprydding av sedimenter. Sluttrapport miljøkontroll etter mudring. Rambøll oppdrag 1060036, rapport datert 4/2-09.

Rambøll (2010)

Overdekning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, Sluttrapport og vurdering av etterkontroll, rev 3. Oppdragnr: 1060036D, datert 17/6-2010

Rambøll (2011)

Secora AS Sluttrapport for tildekking av dypvannsdeponi på Malmøykalven, rev 2. Oppdragnr: 1060036E, datert 21/10-2011

Rambøll (2014)

Oslo Havn KF. Malmøykalven - etterkontroll av tildekkingslaget i dypvannsdeponiet 2013. Rambøll dokumentnummer. 1350000209 m-rap-001, rev 2, datert 08/12-14.

SFT (1997)

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veileder 1467/1997.

SFT (2007a)

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veileder 2229/2007.

SFT (2007b)

Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2007. TA-2288/2007, datert 1/9-07

SFT (2008a)

Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven-2008. TA-2434/2008, datert 1/9-08

SFT (2008b)

Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord - miljøgifter i blåskjell, fisk og reker. Årsrapport 2007. TA 2383/2008, datert 29/4-08

15 Bibliografi

Kronologisk oversikt over rapporter utarbeidet i perioden 1992-2014.

nr	Firma	Tittel	Rappnr	Dato
1	NIVA	Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde	O-91150	1992-02-27
2	NIVA	Vurdering av deponeringslokaliteter i indre Oslofjord	O-94206	1995-03-21
3	NGI	Deponi Lohavn, Geoteknisk og miljøteknisk prosjektering	964109-1	1997-06-18
4	NGI	Forprosjekt: mudring, deponering og overvåking	964109-4	1998-12-15
5	NGI	Kartlegging av forurenset sediment i Oslo Havn - tykkelse av slamsjikt	984139-2	1999-02-26
6	NIVA	Strømundersøkelse og sedimentkvalitet i dypbassenget vest for Malmøykalven.	4019-99	1999-02-26
7	NGI	Risiko for spredning av miljøgifter under etablering av dypvannsdeponi	994104-1	2000-06-14
8	NIVA	Miljøgifter i sedimenter fra Oslo havn mars 2001, Effekter av flomsituasjonen høsten 2000	4407-2001	2001-07-11
9	NIVA	Observasjoner av siktedyp, turbiditet og partikler i Oslo havnebasseng høst og vinter 2000-2001	4408-2001	2001-07-15
10	NGI	Tekniske løsninger for mudring, transport og deponering	994104-2	2001-10-12
11	NIVA	Opprydding av forurensete sedimenter i Oslo Havn. Etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven. Modell og estimater for spredning av miljøgifter.	4438-2001	2001-11-13
12	NIVA	Opprydding av forurensete sedimenter i Oslo havn. Anaerob nedbrytningstest med sedimenter fra Bjørvika	4476-2002	2002-01-18
13	NIVA	Miljøgifter i blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>) fra grunnområdene rundt et planlagt dypvannsdeponi ved Malmøykalven, indre Oslofjord	4463-2001	2002-02-26
14	NIVA	Miljøgifter og næringsstoffer i sjøvann fra Malmøykalven, indre Oslofjord,	4492-2002	2002-02-26
15	NGI	Dypvannsdeponi ved Malmøykalven, tilleggsutredning til konsekvensutredning. Miljøgiftbudsjett, kostnader og in situ tildekking	20011067-1	2003-01-02
16	NIVA	Undersøkelser av forurensninger i sedimentene utenfor Tjuvholmen i Oslo	4686-2003	2003-05-23
17	NIVA	Tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslofjorden. Fase 1. Miljøtilstand, kilder og prioriteringer	4742-2003	2003-11-03
18	NIVA	Ny senketunnel i Bjørvika. Forundersøkelser i november 2003. Bunnforhold kartlagt med ROV og bunnfauna innsamlet med grabb	4832-2004	2004-05-10
19	Oslo kommune	Snøtømming på Oslo havn vinteren 2004/2005. Brev fra Oslo kommune Samferdselsetaten.		2004-12-01
20	NIVA	Forundersøkelse til overvåking av mudringsarbeider i samband med bygging av senketunnel i Bjørvika/Bispevika	O-VK-204	2004-12-20
21	FMOA	Dumping av snø i Oslo havn vinteren 2004/2005. Brev fra FMOA		2005-02-23
22	RF	Tildekking av forurenset sjøbunn med leire. Rapport fra pilotprosjekt i Bjørvika.	2005-027	2005-03-09
23	NIVA	Beregning av muligheten for oppvirvling av deponerte sedimenter på dypt vann i Bekkelagsbassenget under en dypvannsfornyelse	5035-2005	2005-06-30
24	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 4. juni 2009. Teknisk Notat	20051785-00-506-TN	2005-07-15
25	Aquateam	Miljøgifter i sjøbunnen i Oslo havn. Helse- og miljøegenskaper til de viktigste miljøgiftene.	05-028	2005-10-05

26	Aquateam	Kartlegging av tilførsler av miljøgifter fra elver og overvann til Oslo Indre havn.	05-054	2005-11-30
27	NGI	Kartlegging av forurenset sediment i Oslo havn - tykkelse av slamsjikt. Fase II	20051483-1	2005-12-01
28	SVV	Utforming og utsetting av kunstig vandringskorridor i Akerselva. Notat fra Statens vegvesen		2006-03-02
29	NGI	Gjennomføring av Oslo kommunes "Helhetlig tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslo havnedistrikt" Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponi - prosedyrer og begrunnelser, rev 1	20051459-2	2006-03-05
30	SVV	Temamøte om fiskevandring - FISK 1. Statens vegvesen		2006-03-07
31	UiO	Akustisk undersøkelse ifm deponering av slam ved Malmøykalven. Dr. scient Maren Onsrud		2006-03-21
32	NGI	Måned rapport mars 2006	20051785-2	2006-03-31
33	NIVA	Programforslag Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord		2006-04-01
34	SVV	Temamøte om fiskevandring - FISK 2. Statens vegvesen		2006-04-07
35	Fagrådet for indre Oslofjord	Fagrådets miljøovervåkningsprogram for indre Oslofjord - tokt den 18.04.2006		2006-04-27
36	NIVA	Marinbiologiske forbedringer i Bjørvika/Bispevika, Vurdering av muligheter	5237-2006	2006-05-04
37	NIVA	Dypvannsdeponi Malmøykalven. Undersøkelser av partikkel- og miljøgiftspredning under prøvedumping.	5221-2006	2006-05-15
38	Fagrådet for indre Oslofjord	Fagrådets miljøovervåkningsprogram for indre Oslofjord - tokt den 15.5.2006		2006-05-18
39	Sperre AS	Rapport ROV inspeksjon av dypvanns dumpeområde		2006-05-22
40	NGI	Måned rapport april 2006	20051785-4	2006-05-23
41	NGI	ROV undersøkelse av dypvannsdeponiet, rev 1	20051785-5	2006-06-05
42	NGI	Måned rapport mai 2006	20051785-6	2006-06-25
43	NGI	Måned rapport juni 2006	20051785-8	2006-07-13
44	NGI	Rapportering av hærverk på målestasjon MP2. Teknisk Notat		2006-08-11
45	NGI	Måned rapport juli 2006	20051785-9	2006-08-22
46	Fagrådet for indre Oslofjord	Fagrådets miljøovervåkningsprogram for indre Oslofjord - tokt den 17.08.2006		2006-08-29
47	NGI	Program for prøvetaking av sjøvann i 2006	20051785-3	2006-08-30
48	Oslo kommune	Snøtømming på Oslo havn vinteren 2006/2007. Brev fra Oslo kommune Samferdselsetaten. Inkl NIVA rapport "forurenset snø i kommunale gater i Oslo 2006"		2006-08-31
49	NIVA	Biologiske undersøkelser sep 2006.	26323	2006-09-08
50	NIVA	Turbiditetsmålinger ved prøvedeponering i Bekkelagsbassenget, Notat fra NIVA datert 12/9-06		2006-09-12
51	NGI	Måned rapport august 2006	20051785-10	2006-09-20
52	Rambøll	Prøvetaking av sediment i tildekkingsområdet i Bispevika, notat	OH4-220906-S	2006-09-22
53	NGI	Måned rapport september 2006	20051785-12	2006-10-20
54	Fagrådet for indre Oslofjord	Fagrådets miljøovervåkningsprogram for indre Oslofjord - tokt den 25.10.2006		2006-10-27
55	Aquateam	Sporing av kilder til miljøgifter langs vassdragene Alna, Akerselva og Hoffsbekken.	06-035	2006-11-06
56	NGI	Sammenstilling av analysedata i vannprøver	20051785-7	2006-11-09

57	NGI	Månedssrapport oktober 2006	20051785-13	2006-11-23
58	NGI	Resultater fra passive prøvetakere utplassert rundt dypvannsdeponiet ved Malmøykalven	20051785-15	2006-12-01
59	NGI	Månedssrapport november 2006	20051785-16	2006-12-06
60	NIVA	SPI undersøkelser 12. desember 2006. Notat NIVA		2006-12-12
61	NGI	Notat - Ren Oslofjord. Geoteknisk vurdering Bestum og Frognerkilen. Fra Prosjektet Ren Oslofjord		2006-12-19
62	FMOA	Oslo - tipping av snø i havnebassenget. Brev fra FMOA		2006-12-21
63	Miljødirektoratet	Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven 2006, rev 1	TA2215-2006	2007-01-01
64	NGI	Oslo havnedistrikt - Prøvetaking i småbåthavner og på badestrender, Kartlegging av forurenset sediment og kjemiske analyser	20061705-1	2007-01-09
65	DNV	Ekkoloddmålinger som verktøy for beregning av volumendringer i et dypvannsdeponi, rev 1	2006-2132	2007-01-10
66	Rambøll	Analyseresultater fra prøvetaking 19. og 22. januar 2007 Rambøll Notat nr. 04		2007-02-09
67	Rambøll	Prøvetaking av sjøvann, Bekkelagsbassenget 31. januar 2007, Notat	BE3-310107-V	2007-02-12
68	Rambøll	Prøvetaking av sjøvann, Bekkelagsbassenget 7. februar 2007, Notat	BE4_070207_V	2007-02-12
69	NGI	Månedssrapport desember 2006	20051785-18	2007-02-22
70	NGI	Månedssrapport januar 2007	20051785-19	2007-02-22
71	NGI	Sedimentprøvetaking i Pipervika Teknisk Notat		2007-03-06
72	Rambøll	E18 i senketunell mellom Festnings - og Ekeberg tunnelen, Miljøforhold av betydning for fiskevandring i Akerselva, 2006.	1050388	2007-03-13
73	NGI	Svar på tema tatt opp av SFT. Teknisk Notat		2007-03-16
74	ExposMeter	Oslo fjord. Investigation of chemicals released from the Malmøykalvel dumping area. Polycyclic aromatic hydrocarbons.	2006N-001	2007-03-24
75	Rambøll	Overvåking av vannkvalitet resultater fra 2005-2006, rev 1	1050388	2007-03-30
76	Norsk Sjøfartsmuseum	Årsrapport 2006 - Arbeider i forbindelse med helhetlig tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslo havnedistrikt.	2005-084	2007-04-02
77	NIVA	Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven - Spredning av miljøgifter under deponering, miljøgifter i fisk og kartlegging av spredning av muddermasser på bunnen rundt deponiet. Forslag til overvåking		2007-04-13
78	NGU	Dokumentering av volumer av nedførte sedimenter i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, brev til SFT		2007-04-18
79	Rambøll	Analyseresultater fra prøvetaking 24. og 27. april 2007	1060036 notat nr. 6	2007-05-08
80	NGI	Månedssrapport februar 2007	20051785-21	2007-05-15
81	NGI	Analysereporter fra kjemisk analyse 2006	20051785-26	2007-06-01
82	Oslo Havn KF	Ren Oslofjord - Statusrapport fra prosjektet Ren Oslofjord, Juni 2007		2007-06-01
83	National Environmental Research Institute	Evaluation of Project report 2006N-001 by ExposMeter: Oslo Fjord - Investigation of chemicals releases from Malmøykalven dumping area - Polychlorinated biphenyls. National Environmental Research Institute, Denmark		2007-06-04
84	Exposmeter	Oslo fjord. Investigation of chemicals released from the Malmøykalvel dumping area. Polycyclic aromatic hydrocarbons.	2006N-003	2007-06-20
85	NGI	Kontroll av ferdig mudrede områder	20051785-11	2007-06-20

86	DNV	Usikkerhetsvurdering av deponerte masser i dypvannsdeponi ved malmøykalven.	2007-0751	2007-06-25
87	NGI	Månedsrapport for mars 2007	20051785-24	2007-06-26
88	NGI	Miljøregnskap per august 2006, rev 2	20051785-14	2007-06-29
89	NGI	Årsrapport for 2006, rev 1	20051785-20	2007-06-29
90	NGI	Miljøregnskap for perioden september til desember 2006, rev 2	20051785-22	2007-06-29
91	NGI	Vurdering av miljørisiko knyttet til metandannelse i sedimenter fra Pipervika	20051785-17	2007-06-29
92	NGI	Tildekking av forurenset sediment med leire i Oslo Havn Kartlegging av leiretildekking, 1. lag Pipervika	20071396-1	2007-07-02
93	NGI	Månedsrapport for april 2007	20051785-25	2007-07-09
94	Rambøll	Secora - Mudring Oslo havn, Kontroll av mudringsfelt Bjørvika og Bispevika	Notat Nr 7	2007-08-21
95	Exposmeter	Oslo fjord. Investigation of chemicals released from the Malmøykalvel dumping area. Polychlorinated naphthalens.	2006N-002	2007-08-28
96	NGI	Prosjektering av mudring og tildekking av østre del av Pipervika mellom Rådhusbrygge 1 og Akershuskaia. Teknisk Notat		2007-08-30
97	Miljødirektoratet	Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2007	TA-2288/2007	2007-09-01
98	NGI	Vurdering av om overvåkningsprogrammet vil fange opp ulovlig dumping av steinmasser. Teknisk Notat		2007-09-24
99	NIVA	Miljøkonsekvensvurdering - dumping av stein i deponiområdet ved Malmøykalven Notat		2007-09-24
100	NGI	Program for utvidet overvåkning av området ved Malmøykalven og mudringsområdet i 2007	20051785-23	2007-09-25
101	NGI	Passive prøvetakere. Resultater fra april 2007	20051785-32	2007-10-09
102	NGI	Resultater fra sedimentfelleundersøkelser 1. halvår 2007	20051785-28	2007-10-10
103	NGI	Miljøregnskap for perioden januar til juni 2007	20051785-31	2007-10-11
104	NGI	Månedsrapport for juni 2007	20051785-29	2007-10-18
105	NIVA	Spredning av partikler og miljøgifter under deponering av masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven	5501-2007	2007-11-06
106	NIVA	Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord. Pr. august 2007	O-27106	2007-11-07
107	NGI	Månedsrapport for juli 2007	20051785-30	2007-11-08
108	NGI	Månedsrapport august 2007	20051785-33	2007-11-20
109	DNV	Rapport Uavhengig revisjon av Secora AS og Oslo HAV prosjektet	2007-1626	2007-12-07
110	Rambøll	Kontroll av mudringsfelt Bjørvika og Bispevika,	Notat nr 11	2007-12-18
111	NIVA	Miljøkonsekvensvurdering, Utslipp av forurensete sedimenter til overflatelaget i deponiområdet ved Malmøykalven	5513-2007	2007-12-19
112	Aquadyne	Aquadyne. Havbunnsundersøkelser og volumberegninger av konsesjonsområdet ved Malmøykalven.		2007-12-20
113	NGI	Månedsrapport september 2007	20051785-35	2007-12-21
114	NGI	Månedsrapport oktober 2007	20051785-37	2008-01-16
115	NIVA	Utlegging av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget - etterundersøkelse 2007	5540-2008	2008-01-24
116	Oslo Havn KF	Ren Oslofjord, Statusrapport fra prosjekt Ren Oslofjord februar 2008		2008-02-01
117	Rambøll	Secora - Bistand ved opprydding av sedimenter, Miljøkontroll etter mudring	1060036	2008-02-01



118	NGI	Analyserapporter fra kjemisk analyse 2007	20051785-41	2008-02-04
119	NGI	Forslag til utvidet program for overvåkning under nedføring av masser ved Malmøykalven - 2008	TN 20071310	2008-02-13
120	NGI	Tildekking av forurenset sediment med leire i Oslo Havn. Kvalitet på sjøbunn etter tiltak	20071396-2	2008-02-14
121	NGI	Utvidet overvåkningsprogram ved mudring og nedføring 2008	20051785-36	2008-02-15
122	NGI	Sedimentfelleundersøkelser 2. halvår 2007	20051785-40	2008-02-21
123	Miljødirektor atet	SFTs vurdering av Aquadynes rapport "Havbunnsundersøkelser og volumberegning av konsesjonsområdet ved Malmøykalven"		2008-03-03
124	Multiconsult	Karakterisering av masser for tildekking av sjøbunn.	117917-1	2008-03-03
125	NGI	SFTs utvidet program for overvåkning under deponering av masser ved dypvannsdeponiet. Resultater fra 2007	20071310-1	2008-03-07
126	Oslo Havn KF	Ren Oslofjord, Statusrapport fra prosjekt Ren Oslofjord pr 31.12.2007		2008-03-12
127	NGI	Årsrapport 2007	20051785-42	2008-03-13
128	NGI	Miljøregnskap for perioden juli til desember 2007	20051785-39	2008-03-14
129	NGI	Prøvetildekking av dypvannsdeponiet	20051785-34	2008-04-15
130	NGI	Månedrapport november 2007	20051785-38	2008-04-25
131	Miljødirektor atet	Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord - miljøgifter i blåskjell, fisk og reker. Årsrapport 2007 NIVA og SFT	TA 2383/2008	2008-04-29
132	NGI	Passive prøvetakere Resultater fra august og desember 2007 i deponiområdet	20051785-45	2008-04-30
133	NIVA	Kjemiske analyser av sedimentkjerner fra deponiområdet ved Malmøykalven og randområdene,	5614-2008	2008-05-01
134	NGI	Månedrapport desember 2007	20051785-43	2008-05-06
135	Aquateam	Kartlegging av forurensete sedimenter på Hovedøya, april 2008, Aquateam	08-017	2008-05-09
136	NGI	Månedrapport januar 2008	20051785-44	2008-05-26
137	NGI	Månedrapport mars 2008	20051785-47	2008-06-13
138	NGI	Månedrapport februar 2008	20051785-46	2008-06-20
139	NGU	Volume of disposed sediments in the deep water confined disposal facility at Malmøykalven, inner Oslofjord, NGU rapport 2008.059, datert 26/6-08	2008.059	2008-06-26
140	Rambøll	Mudringskontroll Pipervika, Hjortneskaia og Filipstad	1060036A	2008-07-02
141	NIVA	Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord. Per april 2008, NIVA Notat O-27476, datert 11/8-08		2008-08-11
142	NGI	Månedrapport april 2008	20051785-49	2008-08-29
143	Miljødirektor atet	Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2008	TA-2434/2008	2008-09-01
144	NIVA	Ekstraanalyser av PAH i blåskjell fra tiltaksområdet i indre Oslofjord - april 2008, Notat NIVA O-27476)		2008-09-01
145	NGI	Månedrapport mai 2008	20051785-50	2008-09-03
146	NGI	Ny sjøbunn etter mudring i Bjørvika. Status	20051785-48	2008-09-19
147	NGI	Månedrapport juni 2008	20051785-51	2008-09-20
148	Multiconsult	Karakterisering av masser for tildekking av sjøbunn.	117917-3	2008-09-23
149	NGI	Kontrollplan for tildekking av forurenset sediment i Oslo havn	20051785-54	2008-09-26
150	UiO	En akustisk undersøkelse av biologiske og fysiske forhold i et dypvannsdeponi for forurenset sediment i indre Oslofjord, UiO Ingrid Solberg		2008-10-01

151	NGI	Månedrappport juli 2008	20051785-52	2008-10-08
152	NIVA	Oppsummering av overvåkingsdata - Blåskjell fra indre Oslofjord. Per juni 2008, NIVA Notat O-27476, datert 23/10-08		2008-10-23
153	NGI	Månedrappport august 2008	20051785-56	2008-10-28
154	Rambøll	Mudringskontroll Kneppeskjærkai, Oslo havn	M-not-006-	2008-11-17
155	NGI	Masser for tildekking av forurenset sjøbunn i Oslo havnedistrikt	20051785-53	2008-11-24
156	NGI	Månedrappport september 2008	20051785-57	2008-11-27
157	NGI	Månedrappport oktober 2008	20051785-58	2008-12-19
158	Rambøll	Mudringskontroll Sydhavna, Lohavn og Vipppetangen, rev 2	1060036A	2009-01-13
159	Rambøll	Sluttrappport Bestumkilen, Frognerkilen og Paddehavet, rev 1	1060036	2009-01-13
160	Rambøll	Mudringskontroll Hovedøya, rev 1	1060036A	2009-01-13
161	NGI	Analyserapporter fra kjemisk analyse 2008	20051785-60	2009-01-16
162	NGI	Kontroll av tildekkingen av dypvannsdeponiet etter utlegging av første dekklag	20051785-61	2009-01-27
163	NGI	SFTs utvidet program for overvåkning under deponering av masser ved dypvannsdeponiet. Vertikale turbiditetsprofiler Resultater fra 2008	20071310-2	2009-01-30
164	Rambøll	Miljøkontroll etter mudring ved Hovedøya	1060036A	2009-02-03
165	Rambøll	Sluttrappport miljøkontroll etter mudring		2009-02-04
166	Rambøll	Miljøkontroll etter mudring i Bestumkilem, Frognerkilen og Paddehavet	1060036	2009-02-05
167	Rambøll	Miljøkontroll etter mudring i Sydhavna, Lohavn og Vipppetangen	1060036A	2009-02-05
168	NGI	Miljøregnskap for perioden januar til oktober 2008	20051785-55	2009-02-12
169	Oslo kommune	Ren Oslofjord. Gjennomføring av Oslo kommunes" Helhetlig tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslo havnedistrikt" Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponiet. Rev 4, datert 16/3-2009.		2009-03-16
170	NGI	Overvåkning under utlegging av rene tildekkingsmasser på dypvannsdeponi ved Malmøykalven	20051785-59	2009-03-20
171	NGI	Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status	20051785-62	2009-03-30
172	NGI	Ny sjøbunn etter mudring i småbåthavnene. Status	20051785-63	2009-03-30
173	NGI	Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo havn. Sluttrappport	20051785-64	2009-03-30
174	NIVA	Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera.	5775-2009	2009-03-31
175	Rambøll	Miljøkontroll etter mudring i Pipervika, Hjortneskaia og Filipstad, rev 1	1060036A	2009-05-06
176	Rambøll	Miljøkontroll etter mudring i Bjørvika, rev 1	1060036	2009-05-06
177	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser den 16. april 2009. Teknisk Notat, rev 1	20051785-00-5-TN	2009-05-20
178	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 24. april 2009. Teknisk Notat, rev 1	20051785-00-468-TN	2009-05-20
179	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 28. april 2009. Teknisk Notat	20051785-00-471-TN	2009-05-20
180	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 6. mai 2009. Teknisk Notat	20051785-00-474-TN	2009-05-26
181	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 11. mai 2009. Teknisk Notat	20051785-00-477-TN	2009-06-08
182	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 19. mai 2009. Teknisk Notat	20051785-00-487-TN	2009-06-15

183	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 28. mai 2009. Teknisk Notat	20051785-00-492-TN	2009-06-23
184	NGI	Tildekking av mudrede områder som tiltak mot restforurensning. Teknisk Notat	20051785-00-493-TN	2009-06-30
185	NGI	Tildekking med sand i Pipervika og Lohavn, Oslo havn	20051785-66/20051785-00-472-R	2009-06-30
186	Miljødirektoratet	Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord - miljøgifter i blåskjell, fisk og reker. Årsrapport 2008	TA 2536/2009	2009-07-10
187	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 15. juni 2009. Teknisk Notat	20051785-00-507-TN	2009-07-15
188	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 24. juni 2009. Teknisk Notat	20051785-00-508-TN	2009-07-15
189	NGI	Overvåkning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med sediment-feller 2008	20071010-3	2009-09-10
190	NGI	Sedimentfeller 2008	20071310-3	2009-09-10
191	NIVA	Miljøgiftregnskap for tiltaksområder i Oslo Havn	5154-2006	2009-10-10
192	NGI	Dypvannsdeponi ved Malmøykalven Sluttrapport del 1: Miljøkvalitet, rev 1	20051785-65/20051785-00-480-R	2010-02-05
193	NGI	Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherres egenkontroll	20051785-00-513-R	2010-02-26
194	NGI	Risikovurdering av mudrede og tildekkede områder	20051785-00-514-R	2010-03-19
195	Miljødirektoratet	Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilkamera (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2009	TA 2638/2010	2010-06-01
196	Rambøll	Overdekning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, Sluttrapport og vurdering av etterkontroll, rev 3	1060036D	2010-06-17
197	NGI	Dypvannsdeponi Malmøykalven. Sammenstilling av data vedrørende tykkelse på tildekkingslaget. Teknisk Notat	20051785-00-520-TN	2010-08-23
198	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 16. september 2010. Teknisk Notat	2051785-00-522-TN	2010-09-22
199	NGI	Vurdering av potensiell miljøeffekt ved ytterligere sandtildekking i Pipervika, Lohavn og Bjørvika	2005-00-523-R	2010-09-30
200	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 21. september 2010. Teknisk Notat	20051785-00-525-TN	2010-10-01
201	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 27. september 2010. Teknisk Notat	20051785-00-526-TN	2010-10-07
202	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 6. oktober 2010. Teknisk Notat	20051785-00-527-TN	2010-10-26
203	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 12. oktober 2010. Teknisk Notat	20051785-00-528-TN	2010-10-27
204	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 18. oktober 2010. Teknisk Notat	20051785-00-530-TN	2010-11-04
205	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 26. oktober 2010. Teknisk Notat	20051785-00-531-TN	2010-11-09
206	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 9. november 2010. Teknisk Notat	20051785-00-532-TN	2010-11-19
207	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 16. november 2010. Teknisk Notat	20051785-00-533-TN	2010-11-29
208	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 23. november 2010. Teknisk Notat	20051785-00-534-TN	2010-12-07
209	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 30. november 2010. Teknisk Notat	20051785-00-535-TN	2010-12-13
210	Miljødirektoratet	Prosjekt småbåthavner - utredning av miljøfarlige utslipp som følge av drift. Kartlegging av forurensning i utvalgte småbåthavner i Norge	TA-2751/2010	2010-12-15
211	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 7. desember 2010. Teknisk Notat	20051785-00-537-TN	2010-12-17

212	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 13. desember 2010. Teknisk Notat	20051785-00-539-TN	2011-01-06
213	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 17. januar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-542-TN	2011-02-04
214	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 26. januar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-543-TN	2011-02-04
215	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 3. februar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-544-TN	2011-02-15
216	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 7. februar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-546-TN	2011-02-17
217	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 15. februar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-548-TN	2011-03-04
218	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 23. februar 2011. Teknisk Notat	20051785-00-550-TN	2011-03-08
219	Miljødirektoratet	Mudring og deponeringen i Oslo Havn - Langsiktig overvåking av miljøgifter i blåskjell, reker og fisk - 2009/2010	TA 2770/2011	2011-03-17
220	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 3. mars 2011. Teknisk Notat	20051785-00-551-TN	2011-03-18
221	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 9. mars 2011. Teknisk Notat	20051785-00-552-TN	2011-03-22
222	NIVA	Potensielle bioturbatorer i deponiet ved Malmøykalven.	6138-2011	2011-03-22
223	NGI	Kontroll av mudring og deponering i dypvannsdeponi. Prosjekthåndbok, rev 2	20051785-1	2011-04-08
224	NGI	Evaluering av fyllingshøyde i dypvannsdeponi ved Malmøykalven. Teknisk notat	20051785-00-540-TN	2011-05-24
225	Oslo Havn KF	Mudringssøknad Revierkaia		2011-06-01
226	NGI	Mudring ved Revierkaia. Kontrollplan for mudring ved Revierkaia	20110489-00-4-R	2011-06-27
227	NGI	Prosedyre for måling av turbiditet og vannprøvetaking i forbindelse med mudring ved Revierkaia	20110489-00-5-TN	2011-06-27
228	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 24. juni 2011. Teknisk Notat	20051785-00-555-Tn	2011-07-05
229	NGI	Produksjonskontroll dekkmasser 27. juni 2011. Teknisk Notat	20051785-00-556-TN	2011-07-06
230	Oslo Havn KF	Mudringssøknad Hjortneskaia		2011-07-26
231	NGI	Månedsrapport for mai 2007, rev 1	20051785-27	2011-09-07
232	NGI	Miljøstatus 2011 etter tiltaksarbeider i Oslo Havn	20051785-00-558-R	2011-09-12
233	Rambøll	Secora AS Sluttrapport for tildekking av dypvannsdeponi på Malmøykalven, rev 2	1060036E	2011-10-21
234	NGI	Tildekking med sand som tiltak mot restforurensning etter mudring i Oslo Havn, rev 1	20051785-00-529-R	2011-10-24
235	NGI	Kontrollplan for mudring ved Hjortneskaia	20110538-00-2-R	2011-12-02
236	NGI	Dypvannsdeponi ved Malmøykalven Sluttrapport del 2: Dokumentasjon av tildekking	20051785-00-559-R	2011-12-12
237	NGI	Vurdering av miljøtilstanden i Bjørvika etter mudring ved Revierkaia	20110489-00-9-TN	2011-12-15
238	NGI	Dypvannsdeponi ved Malmøykalven - etterkontroll 2011	20051785-00-562-R	2012-01-31
239	NGI	Mudring ved Revierkaia - Overvåking av tiltaksarbeider - sluttrapport	20110489-00-8-R	2012-05-14
240	NGI	68HAV11 - Overvåking av forurensning ifm. Mudring ved Hjortneskaia	20120332-00-4-R	2012-06-26
241	DNV	Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012, rev 1	2012-1437	2012-11-23
242	NGI	Dypvannsdeponi ved Malmøykalven - Kontroll 2012	20120393-00-R	2012-12-19







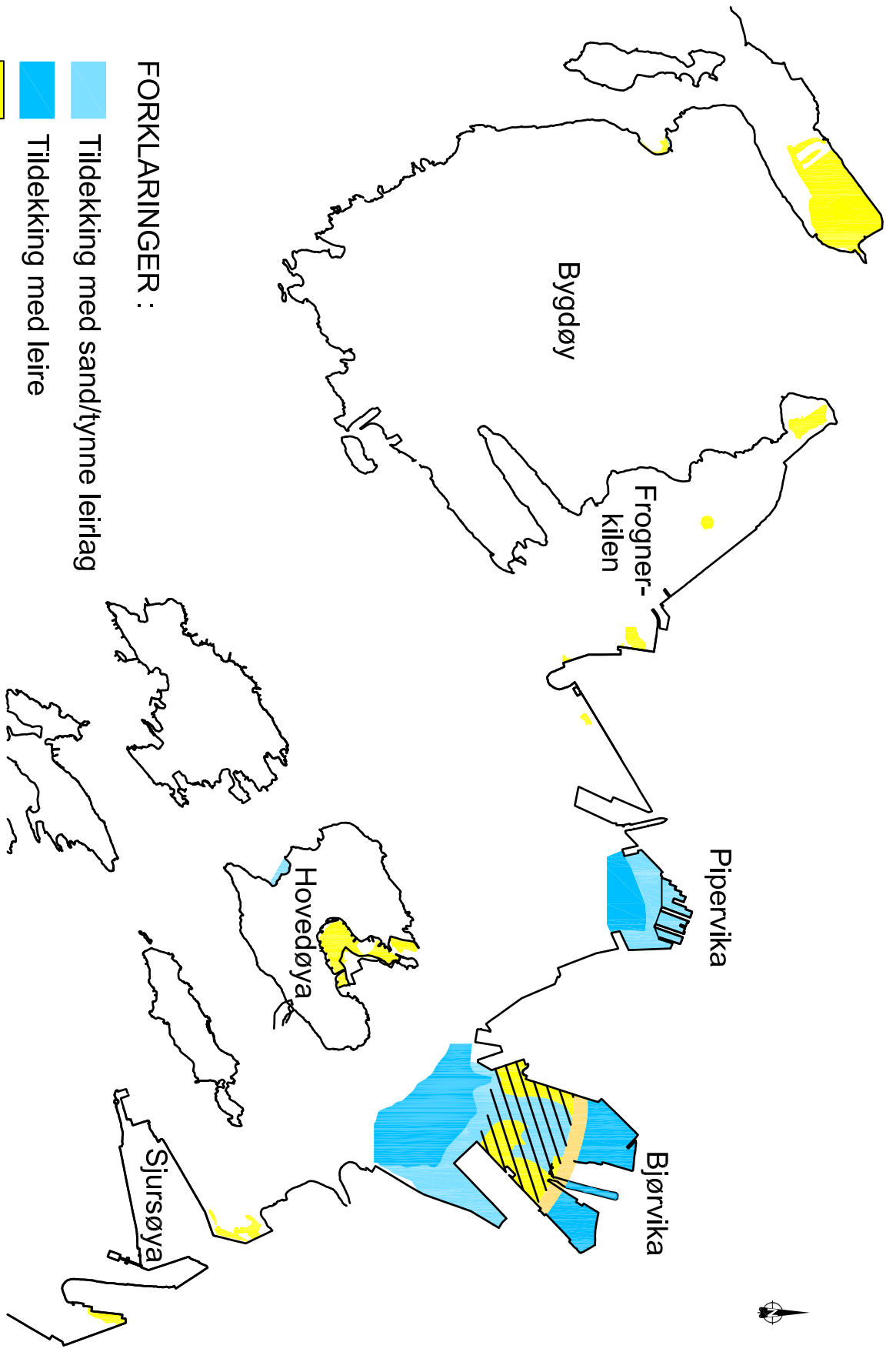
243	NGI	Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Ett års kontroll 2012.	20120393-01-R	2013-04-22
244	NGI	Overvannskummer og sediment – Bjørvika og Pipervika. Prøvetakning av overvannskummer og sediment i Bjørvika og Pipervika. Kontroll av miljøtilstand.	20130671-01-R	2013-12-16
245	NGI	Tildekking Revierkaia – Overvåking av tiltaksarbeider – sluttrapport. NGI rapport	20110489-9-R	2014-03-06
246	NGI	Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven 2013, rev 2	20130439-01-R	2014-07-03
247	Rambøll	Oslo Havn KF. Etterkontroll av tildekkingslaget i dypvannsdeponiet 2013, rev 2	1350000209 m- rap-001	2014-12-08




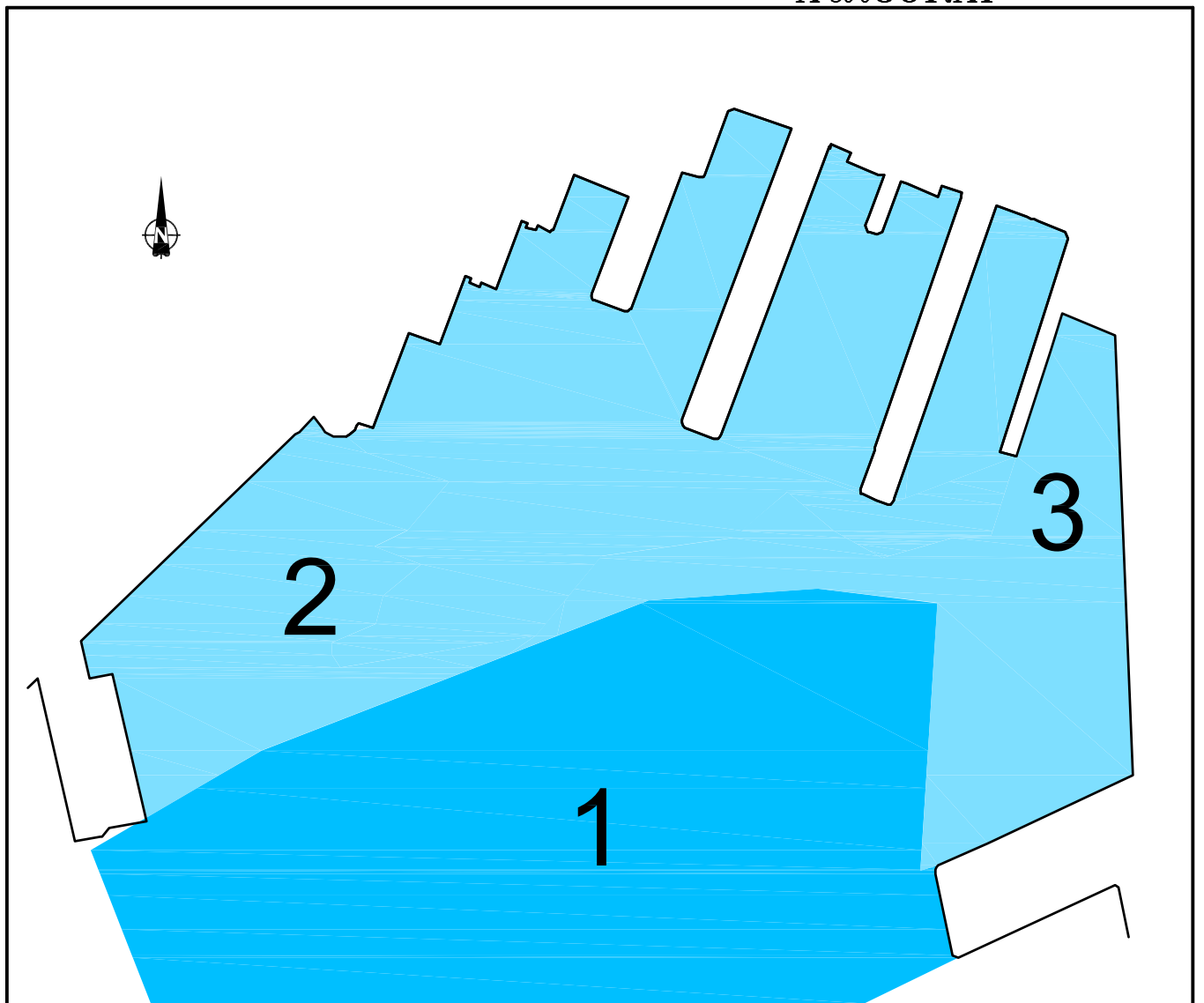
Vedlegg A - Oversiktskart som presenterer gjennomførte tiltak

- A1 Oversiktskart utførte tiltak**
- A2 Utførte tiltak Pipervika**
- A3 Utførte tiltak Bjørvika**

- FORKLARINGER :
-  Tildekking med sand/tynne leir lag
 -  Tildekking med leire
 -  Mudring
 -  Mudring og delvis tildekking



REN OSLO HAVN	Rapport nr. 20140442-03-R	Figur nr. A1
	Tegner TS	Dato: 15.11.14
Oversiktskart tiltak Oslo Havn	Kontrollert GBr	
	Godkjent AP	



FORKLARINGER :

- 1** Tildekking med tykt leirlag
- 2** Tildekking med sand på mudret og opprinnelig sjøbunn
- 3** Tildekking med tykt sandlag på mudret sjøbunn

REN OSLO HAVN

Situasjonsplan tiltak Pipervika

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
A2

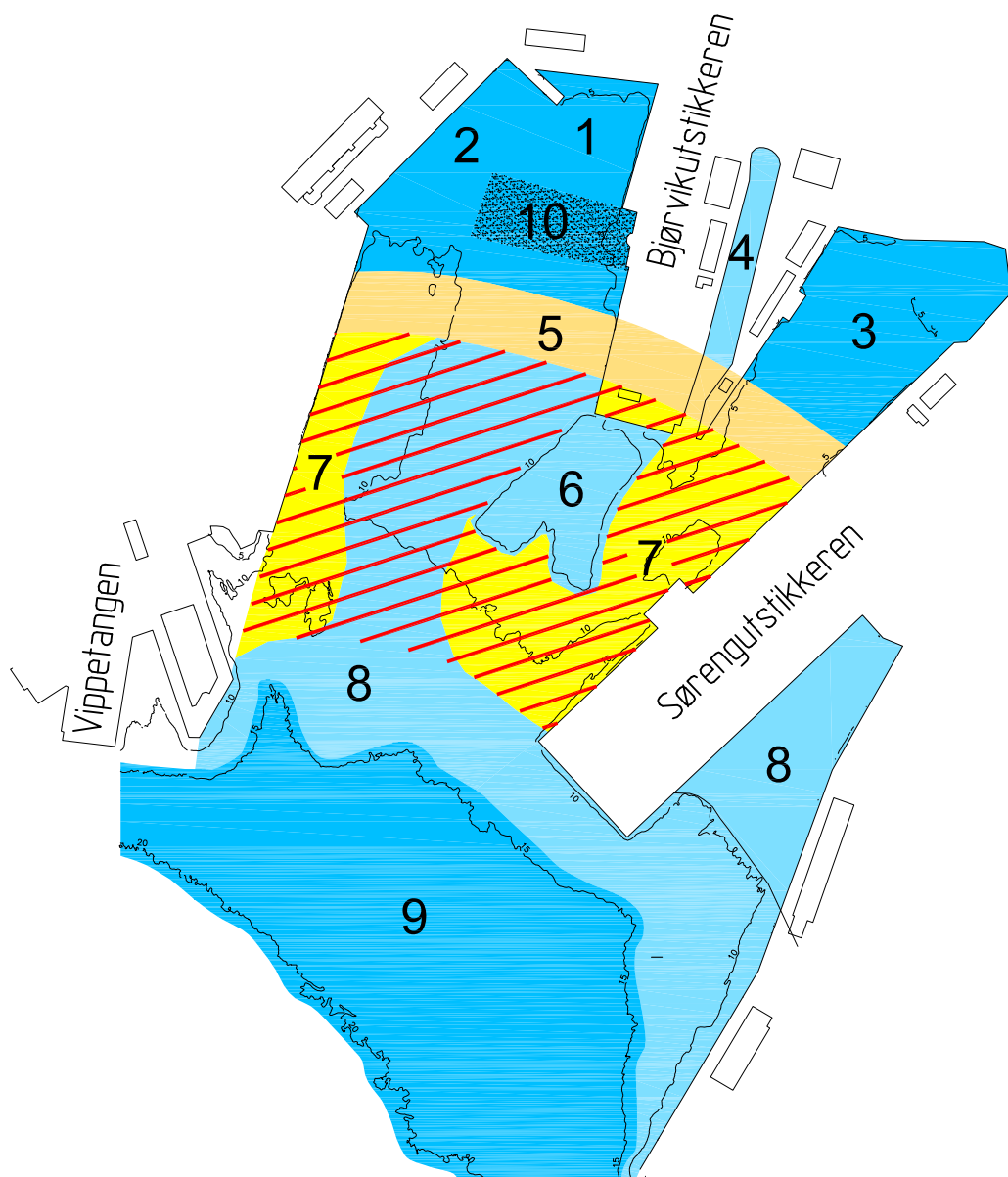
Tegner
TS

Dato:
15.11.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP





FORKLARINGER :

- 1 Tildekking med 0,6m sand på mudret område
- 2-3 Tildekking med tykt leirlag
- 4 Mudring med tildekking av sand/grus
- 5 Senketunneltrasé
- 6 Tildekking med stein og leire
- 7 Tildekking med leir-/sandlag på mudret område
- 8 Tildekking med sand
- 9 Tildekking med tykt leirlag
- 10 Skipsstøtvoll

REN OSLO HAVN

Situasjonsplan tiltak Bjørvika

Rapport nr.
20140442-03-R

Tegner
TS

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP

Figur nr.
A3

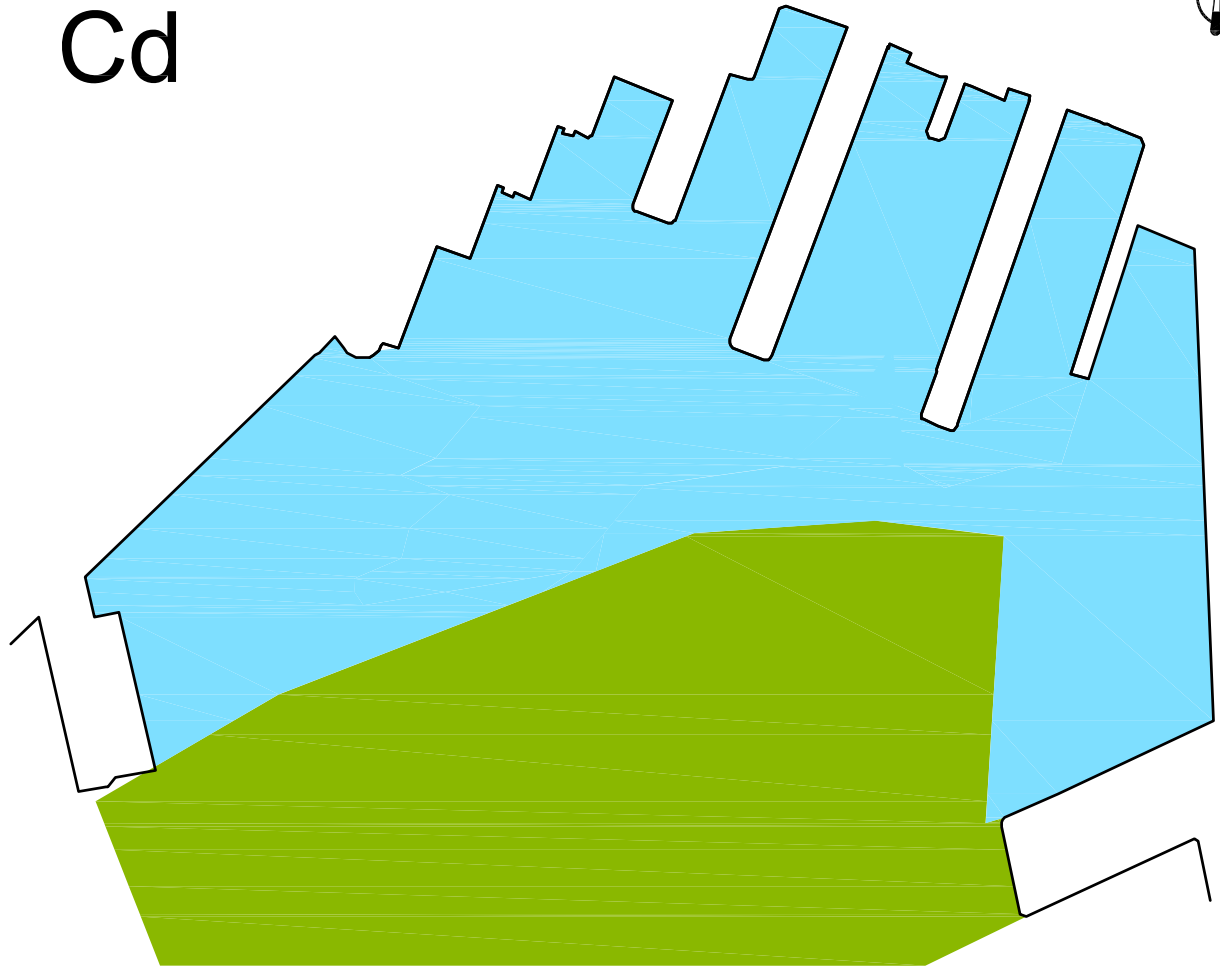
Dato:
15.11.14



Vedlegg B - Oversiktskart som viser tilstandsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika

- B1** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - Kadmium
- B2** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - Kvikksølv
- B3** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - Bly
- B4** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika – PCB
- B5** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika - PAH
- B6** Sedimentkvalitet etter tiltak Pipervika – TBT

Cd



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Cadmium (Cd)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B1

Tegner
TS

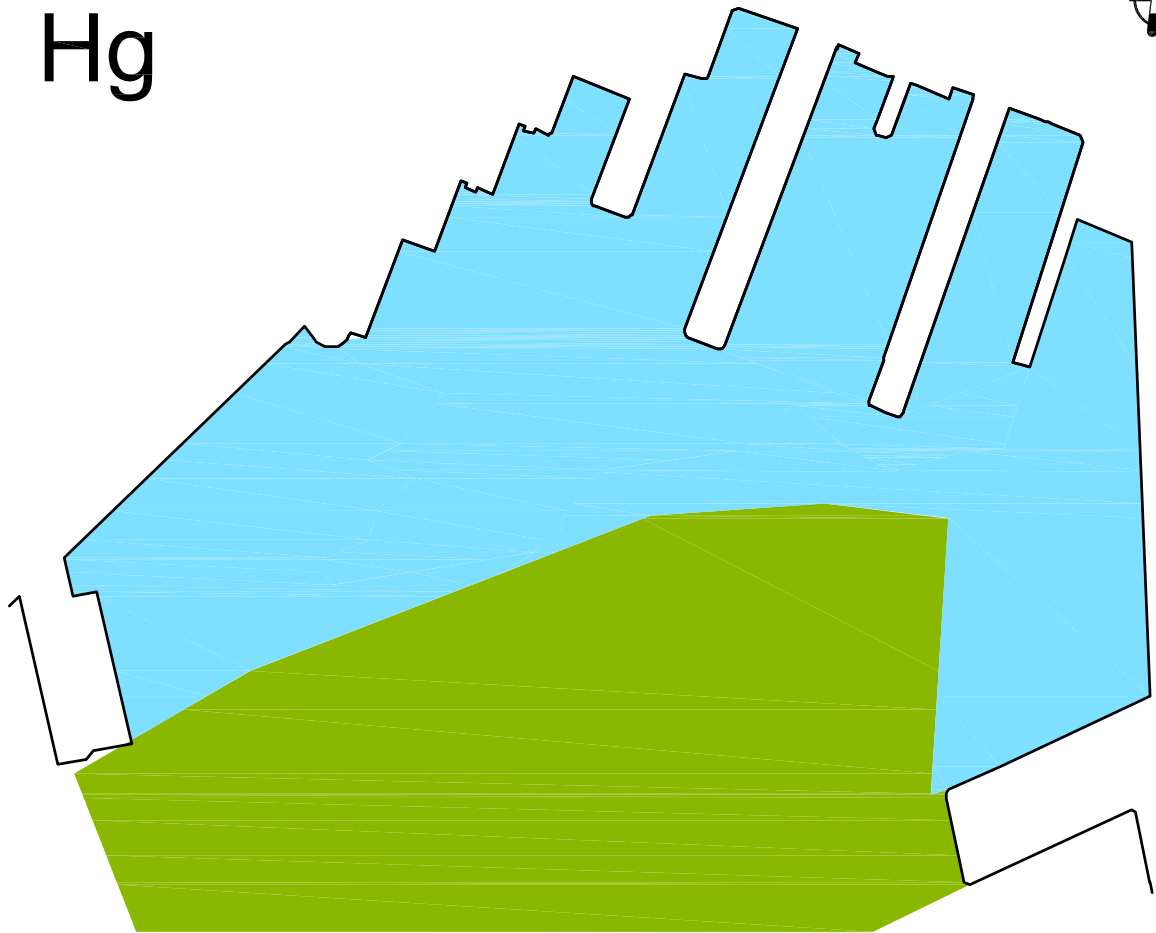
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



Hg



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
Kvikksølv (Hg)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B2

Tegner
TS

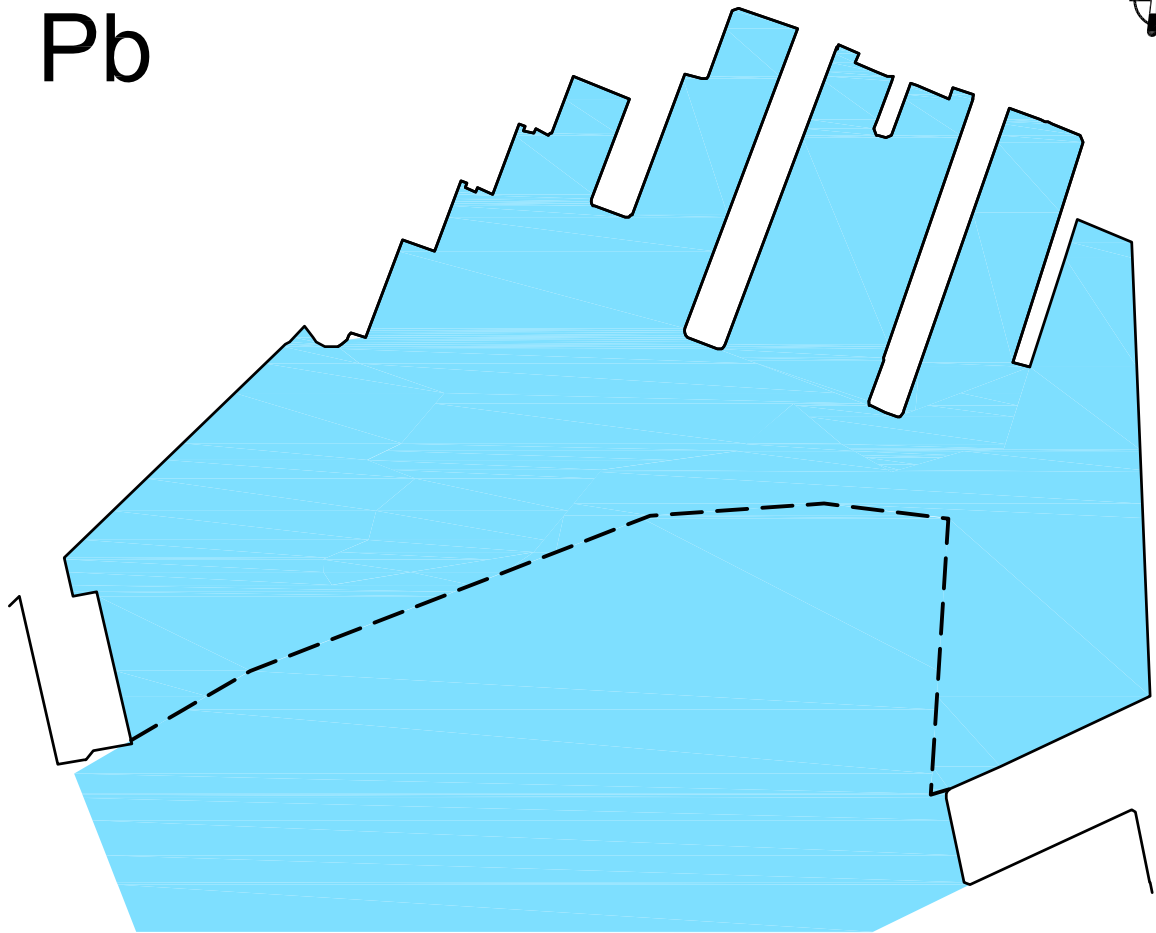
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



Pb



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
Bly (Pb)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B3

Tegner
TS

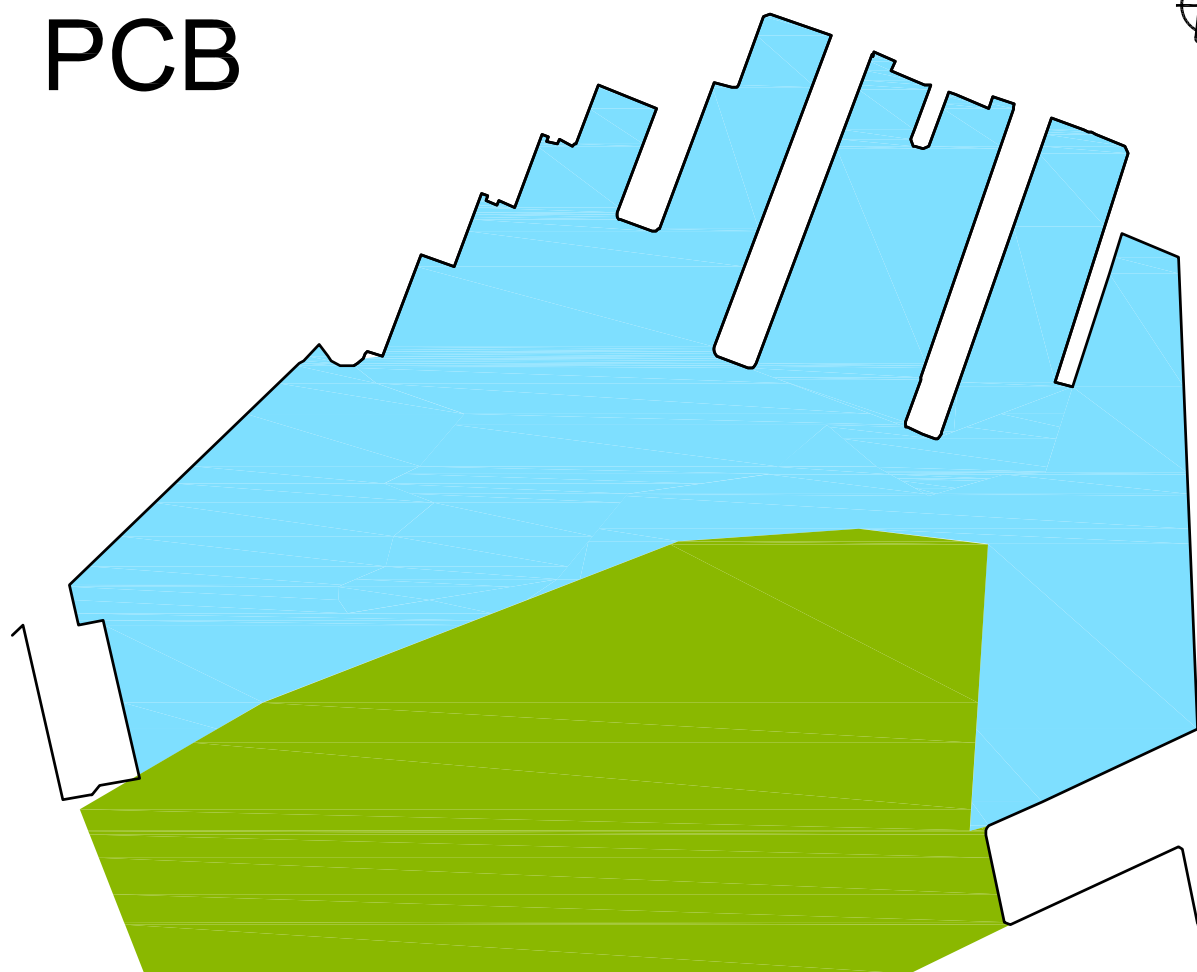
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



PCB



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
PCB

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B4

Tegner
TS

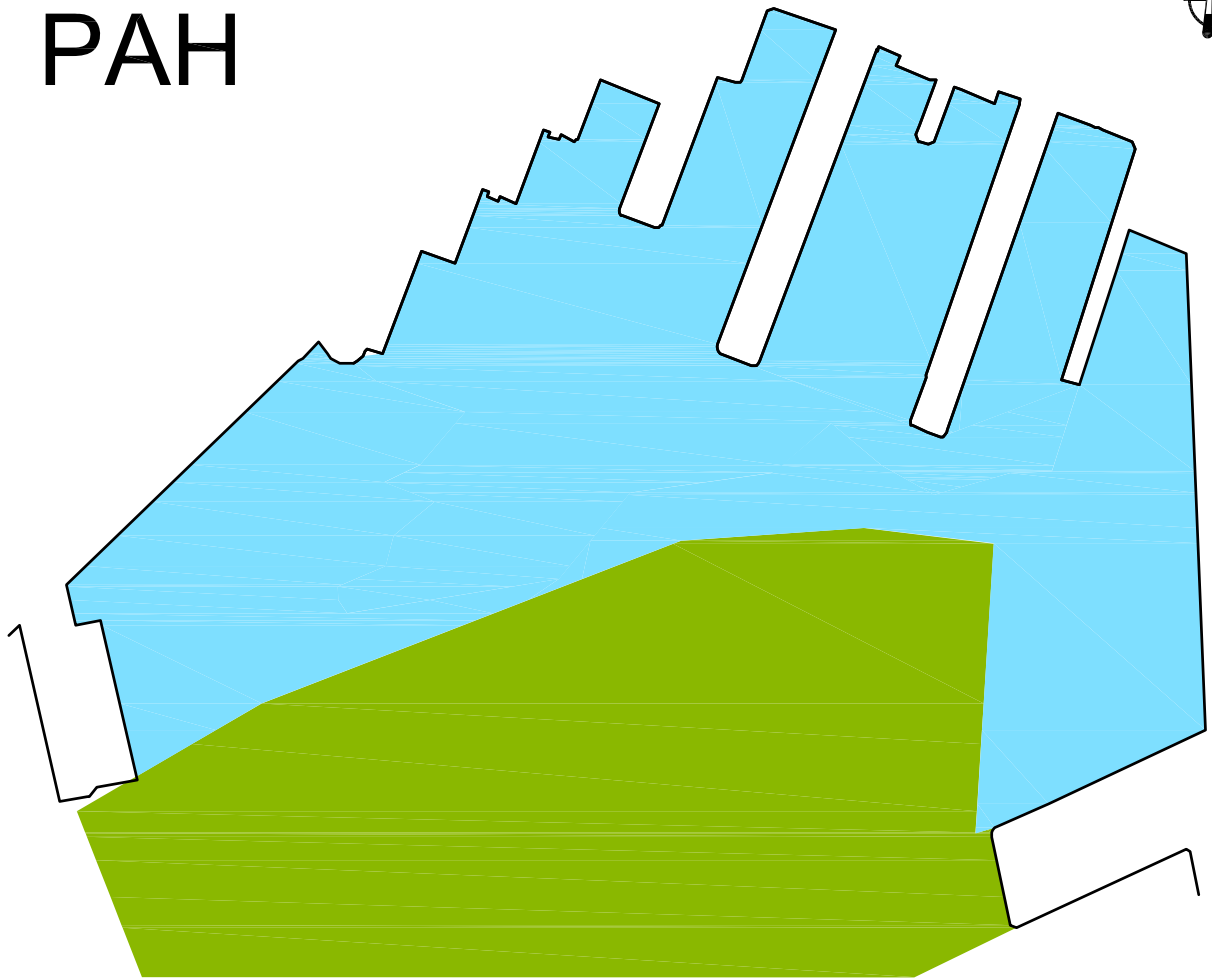
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



PAH



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
PAH

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B5

Tegner
TS

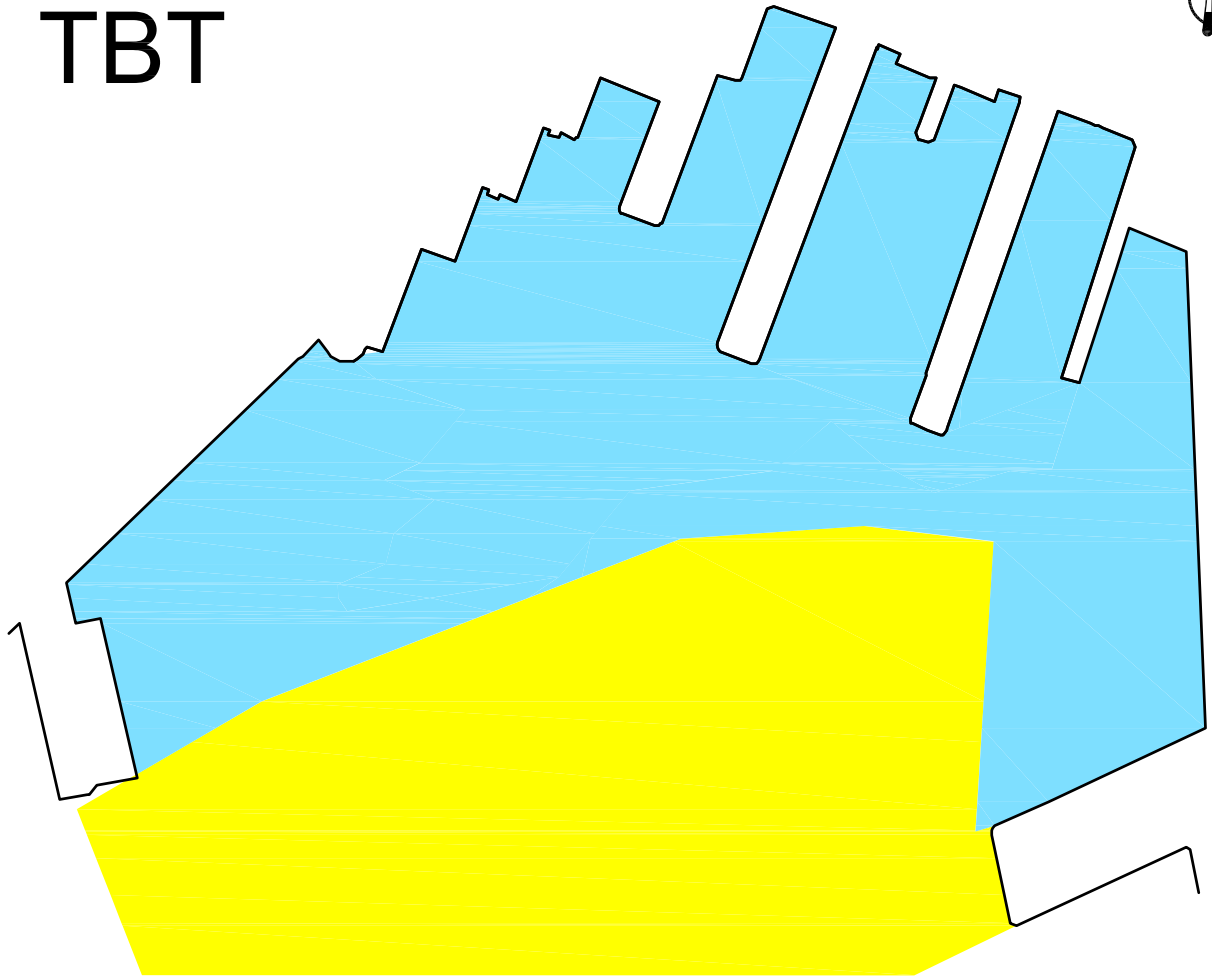
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



TBT



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Pipervika
TBT

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
B6

Tegner
TS

Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

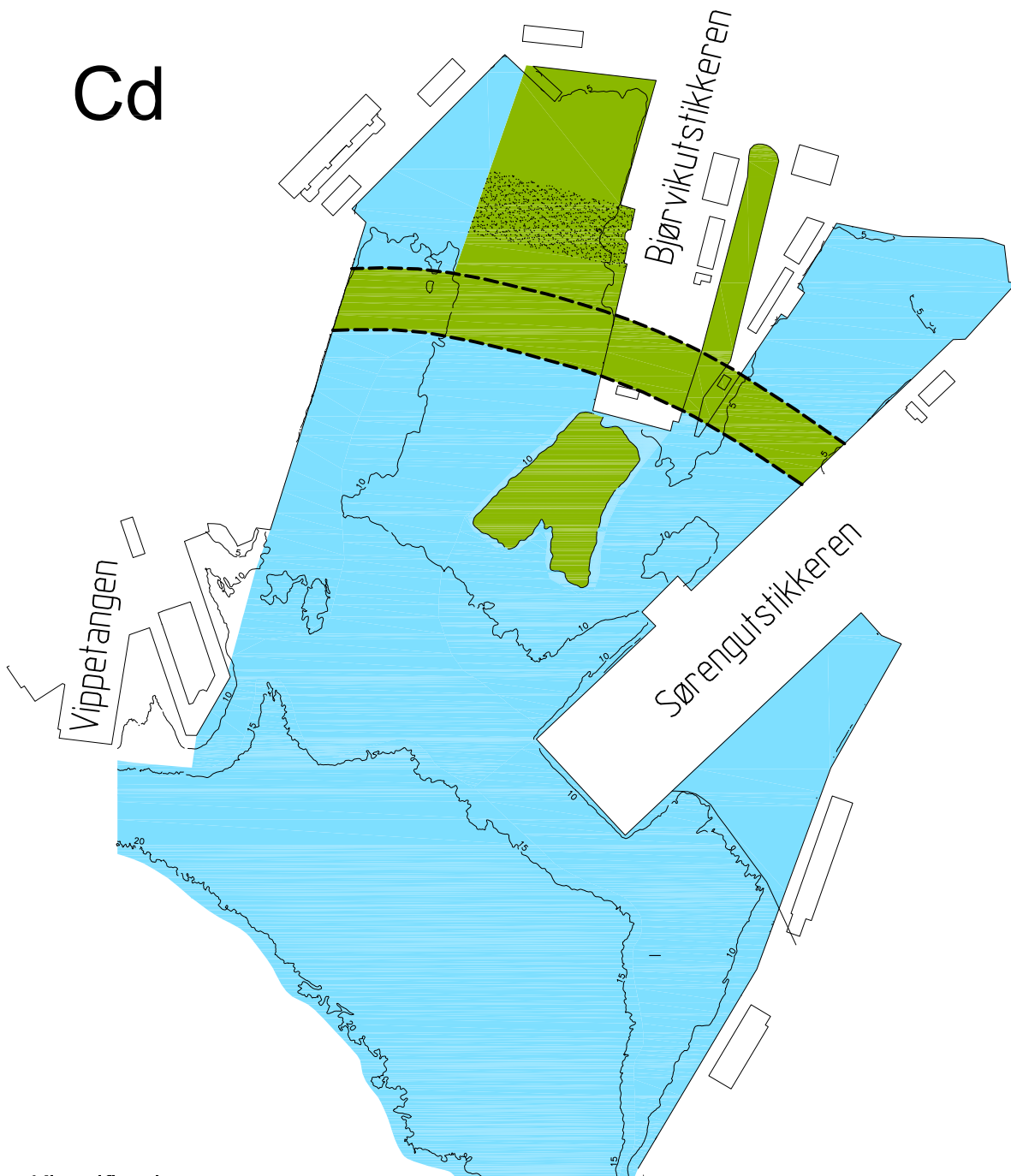
Godkjent
AP



Vedlegg C - Oversiktskart som viser til- standsklasser i ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika

- C1 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - Kadmium**
- C2 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - Kvikksølv**
- C3 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - Bly**
- C4 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - PCB**
- C5 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - PAH**
- C6 Sedimentkvalitet etter tiltak Bjørvika - TBT**

Cd



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Cadmium (Cd)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C1

Tegner
TS

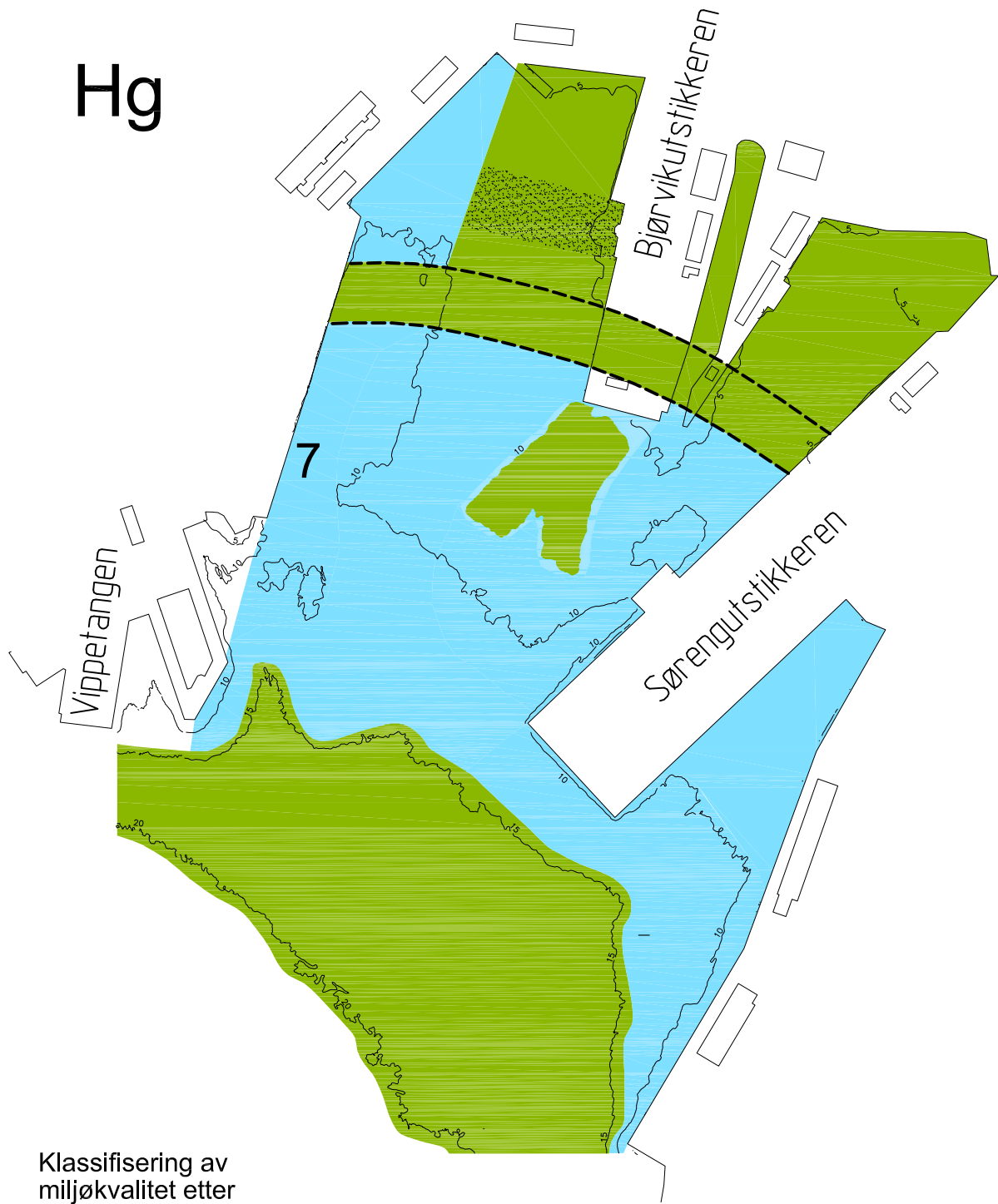
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



Hg



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Kvikksølv (Hg)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C2

Tegner
TS

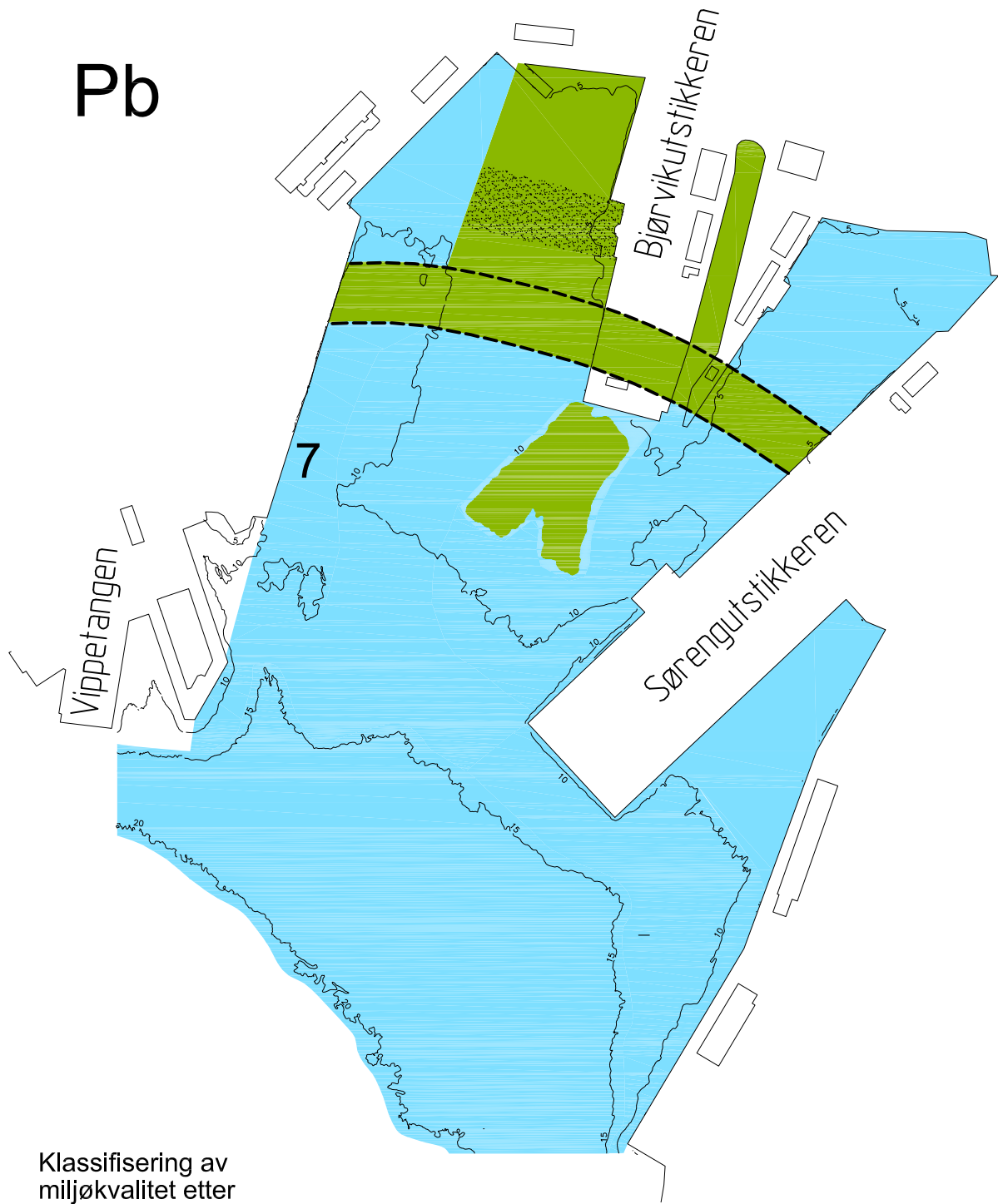
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



Pb



Klassifisering av
miljøkvalitet etter
SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
Bly (Pb)

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C3

Tegner
TS

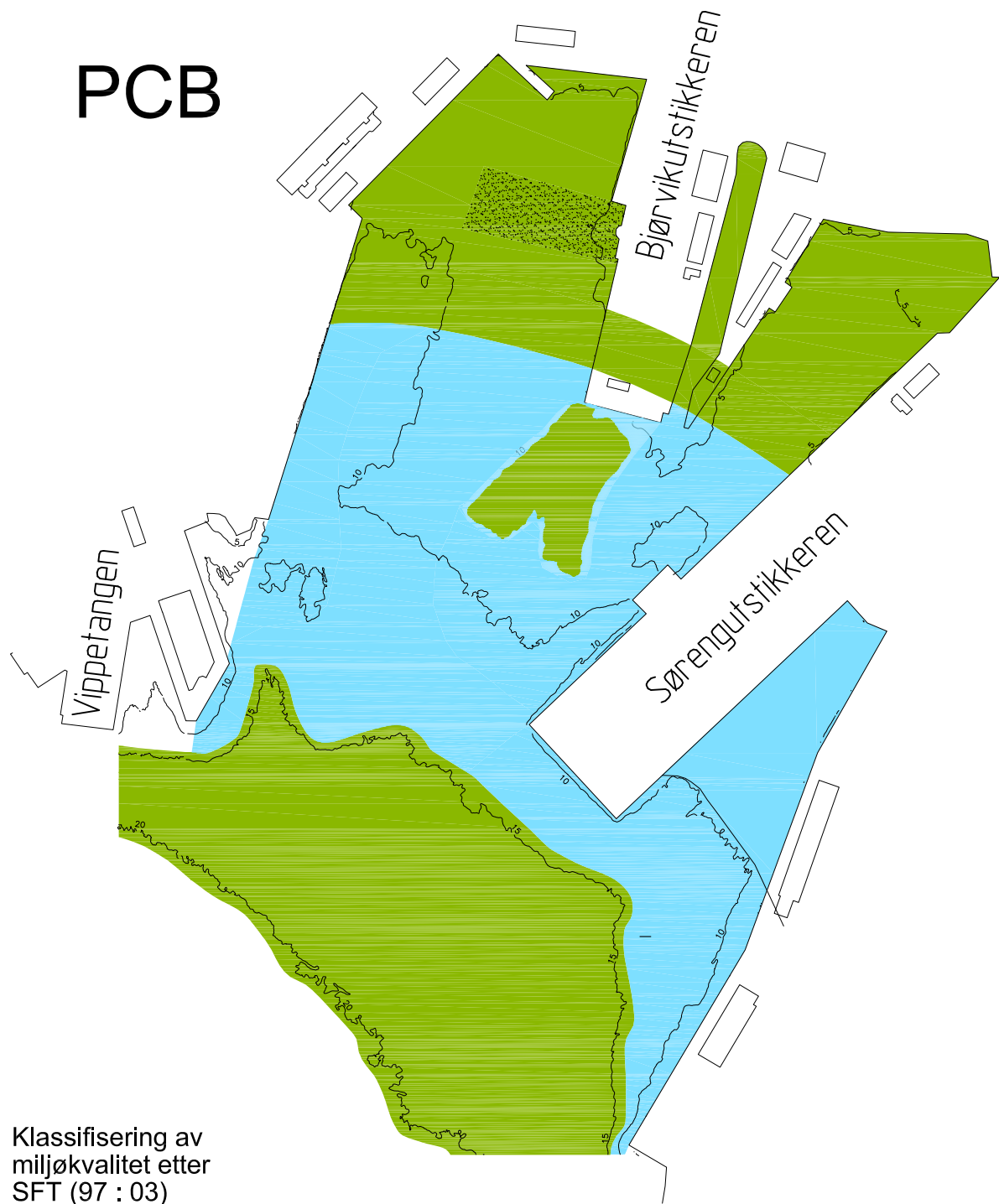
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



PCB



Klassifisering av miljøkvalitet etter SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentasjonskvaliteter etter tiltak i Bjørvika
PCB

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C4

Tegner
TS

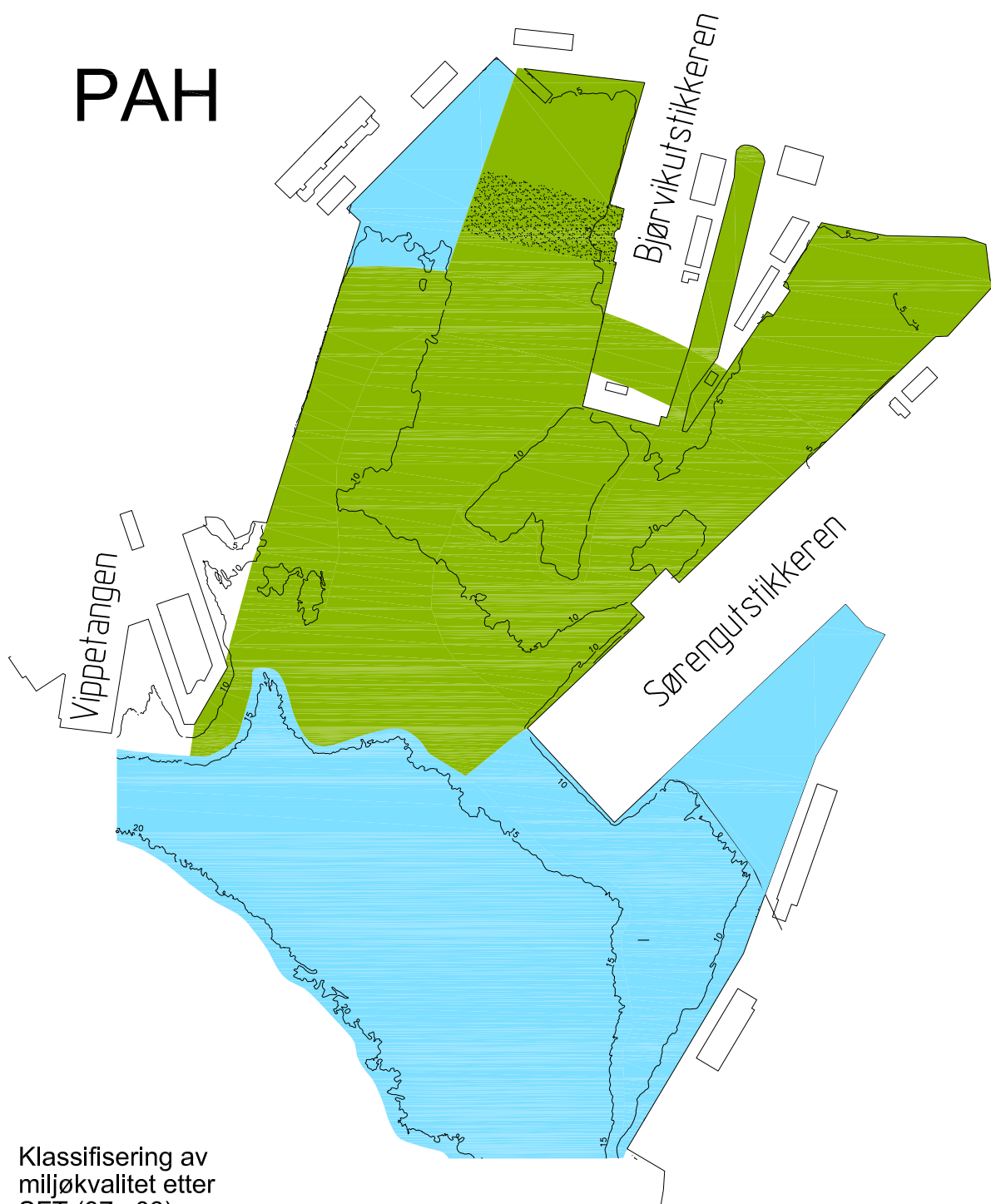
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



PAH



Klassifisering av miljøkvalitet etter SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentkvaliteter etter tiltak i Bjørvika
PAH

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C5

Tegner
TS

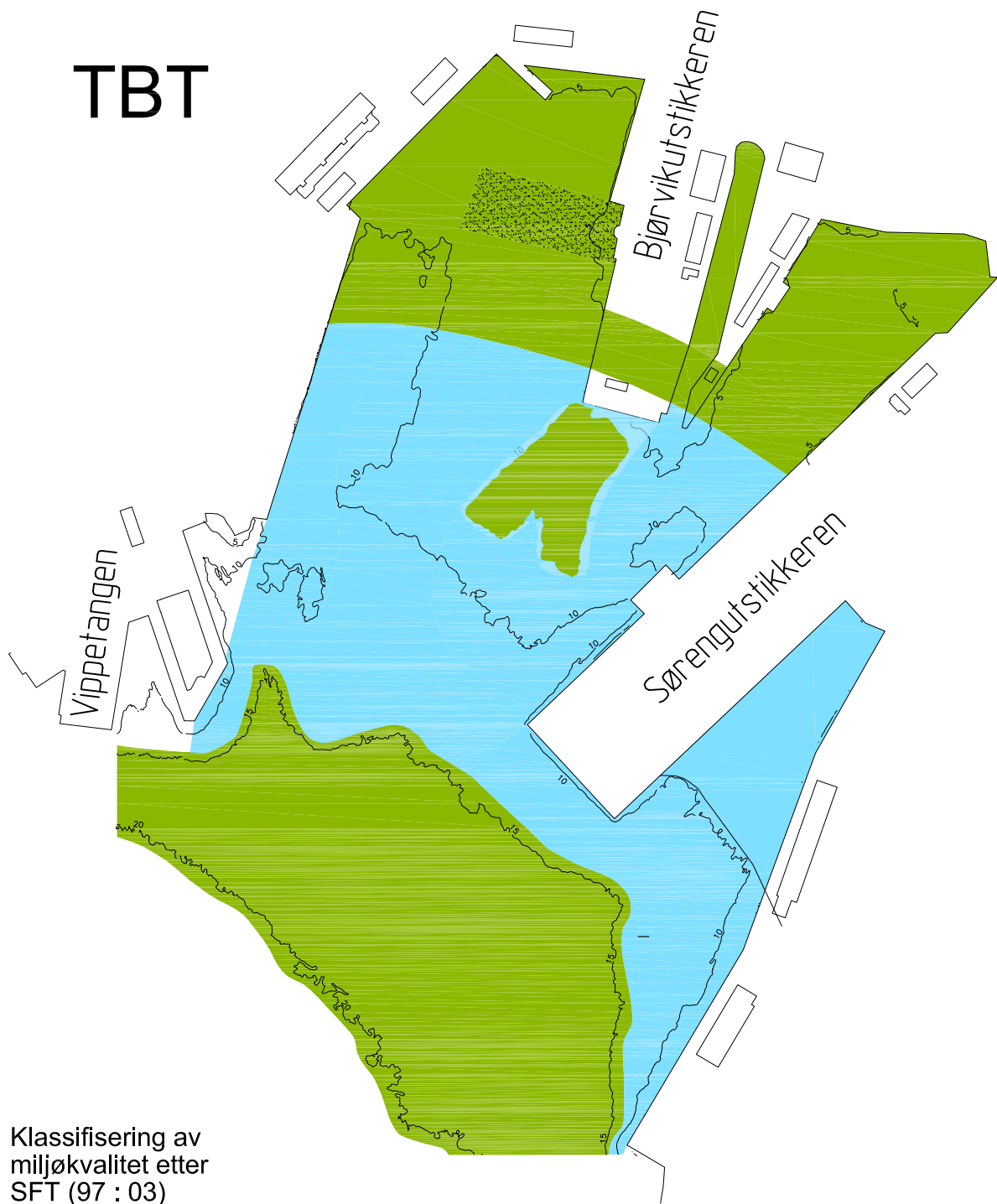
Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



TBT



Klassifisering av miljøkvalitet etter SFT (97 : 03)

-  Tilstandsklasse I
-  Tilstandsklasse II
-  Tilstandsklasse III
-  Tilstandsklasse IV
-  Tilstandsklasse V

REN OSLO HAVN

Sedimentasjonskvaliteter etter tiltak i Bjørvika
TBT

Rapport nr.
20140442-03-R

Figur nr.
C6

Tegner
TS

Dato:
08.12.14

Kontrollert
GBr

Godkjent
AP



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information												
Dokumenttittel/Document title Overvåking av forurensning ved mudring og deponering. Endelig oppsummering 2014					Dokument nr/Document No. 20140442-03-R							
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution			Dato/Date 15. november 2014							
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited			Rev.nr./Rev.No. 3, 16. november 2015							
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited										
		<input type="checkbox"/> Ingen/None										
Oppdragsgiver/Client Oslo Havn KF.												
Emneord/Keywords Chemical analysis, dredging, environmental geotechnology, field measurements, harbour, sea water, sea bed												
Stedfesting/Geographical information												
Land, fylke/Country, County Norge, Oslo					Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Oslo					Felt navn/Field name							
Sted/Location Oslo havnedistrikt					Sted/Location							
Kartblad/Map 1914 IV					Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 N6642602, E596951												
Dokumentkontroll/Document control												
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001												
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision				Egenkontroll/ Self review av/by:		Sidemannskontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Interdisciplinary review av/by:	
0	Originaldokument				AP		GBr					
1	Tekstlige presiseringer				AP		GBr					
2	Tekstlige presiseringer				AP		GBr					
3	Tekstlige presiseringer				AP		GBr					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release					Dato/Date 16. november 2015			Sign. Prosjektleder/Project Manager Arne Pettersen				

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

