



VEILEDER

M-831 | 2017

Nøkkelindikator for det nasjonale arbeidet med forurenset sjøbunn



KOLOFON

Utførende institusjon

Multiconsult AS

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Solveig Lone

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Jeanette Beckius og Harald Solberg

M-nummer

831

År

2017

Sidetall

30

Miljødirektoratets kontraktnummer

-

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Solveig Lone, Silje Røysland, Ola Bruskeland

Tittel - norsk og engelsk

Nøkkelindikator for det nasjonale arbeidet med forurenset sjøbunn
Key indicator for the national work with contaminated sea bed sediments

Sammendrag - summary

Miljødirektoratets rapport TA-2817/2011 "Nøkkelindikator for det nasjonale arbeidet med forurenset sjøbunn" har til nå blitt brukt som veileder for beregning av nøkkelindikator for det nasjonale arbeidet med forurenset sjøbunn. Den publiseres her på nytt som en formell veileder, og inneholder samtidig noen presiseringer i kapittel 2.3.3 og oppdaterte referanser til andre veiledere. Veilederen beskriver hvordan nøkkelindikatoren skal beregnes for hvert enkelt tiltak og inkluderer to eksempler. Beregningen omfatter de prioriterte stoffene bly, kadmium, kvikksølv, PAH, PCB og TBT som er håndtert ved mudring/tildekking. Indikatoren skal inngå som en del av sluttrapporteringen til Miljødirektoratet for alle oppryddingstiltak i sedimenter.

The Norwegian Environment Agency report TA-2817/2011 "Key indicator for the national work with contaminated sea bed sediments" has until now been used as guidelines for calculating a key indicator for the national work with contaminated sea bed sediments. It is now published again as formal guidelines, with some clarifications in chapter 2.3.3 and updated references to other guidelines. The guidelines describes how to calculate the key indicator for each individual measure, and are including two examples. The calculations includes the prioritized substances lead, cadmium, mercury, PAH, PCB and tributyltin (TBT) handled by dredging/capping. The indicator is to be included in the final report to Norwegian Environment Agency of all remediation projects in sea bed sediments.

4 emneord

Nøkkelindikator, Miljøgifter,
Sjøbunnsedimenter, Tiltak

4 subject words

Key indicator, Hazardous substances, Sea bed
sediments, Remedial actions

Forsidefoto

Opprydding i Trondheim havn, foto: Geir Mogen, Trondheim kommune

Innhold

1. Innledning	4
2. Beregning av nøkkellindikator.....	5
2.1 Utvalgte prioriterte stoffer	5
2.2 Krav til datagrunnlaget.....	5
2.3 Beregningsverktøy.....	5
2.3.1 Mudring.....	7
2.3.2 Tildekking.....	9
2.3.3 Mudring og tildekking	10
2.4 Bruk av beregningsverktøyet	10
3. Nøkkellindikator for Oslo Havnedistrikt	12
3.1 Områdeinndeling og bakgrunnsdata.....	12
3.2 Bruk av beregningsverktøyet	13
3.3 Samlet resultat av utførte beregninger	15
4. Nøkkellindikator for Kristiansandsfjorden	16
4.1 Områdeinndeling og bakgrunnsdata.....	16
4.2 Bruk av beregningsverktøyet ved inndeling i delområder	17
4.3 Samlet resultat av utførte beregninger	18
5. Usikkerhet i beregningene	19
6. Oppsummering/erfaring.....	22
7. Referanser	23

Vedlegg:

Vedlegg A - Litteratursøk

Vedlegg B - Grunnlag for beregning av nøkkellindikator for Oslo Havnedistrikt

Vedlegg C - Grunnlag for beregning av nøkkellindikator for Kristiansandsfjorden

1. Innledning

I 2011 utarbeidet Multiconsult AS, på oppdrag fra Miljødirektoratet, rapport TA-2817/2011 og et regnearkbasert verktøy for beregning av nøkkellindikatoren "Menge utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer som er håndtert ved mudring/tildekking - slik at de ikke lenger utgjør kilde til alvorlige forurensningsproblemer". Indikatoren viser framdriften i det nasjonale arbeidet med opprydding av forurensete sedimenter, jf. Stortingsmelding nr. 14 (2006-2007) "Sammen for et giftfritt miljø". Rapporten utgis nå som formell veileder og inneholder noen presiseringer i kapittel 2.3.3 og oppdaterte referanser til andre veiledere.

Nøkkellindikatoren omfatter oppryddingstiltak som består av mudring og/eller tildekking, og skal inngå som en del av sluttrapporteringen til Miljødirektoratet av alle oppryddingstiltak i sedimenter. Indikatoren rapporteres videre av Miljødirektoratet til Miljøstatus.

Indikatorrapporteringen omfatter de prioriterte stoffene bly, kadmium, kvikksølv, PAH, PCB og TBT. Regnearket er imidlertid utformet slik at indikatoren også kan beregnes for andre stoffer i de tilfeller der slike er styrende for tiltaket. Nøkkellindikatoren skal rapporteres til Miljødirektoratet i form av utskrifter fra regnearket.

Veilederen inneholder også indikatorberegninger fra tiltak i Oslo Havnedistrikt og Kristiansandsfjorden.

2. Beregning av nøkkelindikator

2.1 Utvalgte prioriterte stoffer

Beregningsverktøyet skal brukes for å beregne hvor stor mengde av stoffene

- bly (Pb),
- kadmium (Cd),
- kvikksølv (Hg),
- polyaromatiske hydrokarboner (PAH16),
- polisykliske bifenyler (PCB7) og
- tributyltinn (TBT)

som har blitt håndtert ved mudring, tildekking eller ved en kombinasjon av mudring og tildekking som oppryddingsmetode.

Beregningsverktøyet er utviklet slik at det også er mulig å rapportere på andre stoffer når disse er styrende for oppryddingsarbeidet.

2.2 Krav til datagrunnlaget

For at beregningene skal bli mest mulig korrekte er det viktig at datagrunnlaget er best mulig. For prøvetaking av overflatelag (øverste 0,1 m) vises det til retningslinjene i Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment (M-409|2015). I tillegg er det ofte behov for ytterligere prøvetaking før detaljprosjektering av tiltak. Anbefalingene i risikoveilederen bør derfor ses på som minimumskrav for prøvetaking i overflatelag.

Dersom oppryddingstiltaket er mudring vil det også være behov for å avgrense forurensningen i dybden. I Miljødirektoratets veileder for håndtering av sedimenter (M-350|2015) er det gitt retningslinjer for prøvetaking av hele mudringsvolumet. Anbefalingene i denne veilederen bør også ses på som et minimumskrav.

I tillegg til at forurensningssituasjonen i sedimentene må kartlegges godt før tiltaket settes i verk, så må det også tas tilstrekkelig med prøver til at det kan godtgjøres at målene/akseptkriteriene i tiltaket er nådd. Krav til sluttkontroll for å dokumentere effekten av tiltaket bestemmes i tillatelsen til tiltaket.

2.3 Beregningsverktøy

Beregning av mengden av en miljøgift (g, kg eller tonn) som er fjernet eller håndtert beregnes med i utgangspunkt i formelen som vist under.

$$\text{Mengde stoff fjernet (kg)} = C_n * A * d * (\rho / (1+w/100)) * k$$

(1)

- C_n = Konsentrasjon av den aktuelle miljøgiften i sedimentene (mg/kg tørr vekt)
 A = Areal av tiltaksområdet (m^2)
 d = Mudringsdybde / tiltaksdybde tildekking (m)
 ρ = Våt densitet (kg/m^3)
 w = Naturlig vanninnhold (%), definert som: $w = (\text{vekt vann/vekt faststoff}) * 100\%$
 k = Korreksjonsfaktor for å få rett benevning: 0,000001 kg/mg

Dersom naturlig vanninnhold i sedimentene ikke er målt, brukes tørrstoffinnholdet i de analyserte prøvene til å beregne vanninnholdet. Tørrstoffinnholdet oppgis som % av prøvens totalvekt, og vanninnholdet kan beregnes ut fra formelen:

$$w = \frac{(1/TS*100 - 1)*100}{k} \quad (2)$$

der både vanninnhold (w) og tørrstoff (TS) oppgis i %.

Naturlig vanninnhold måles på en vannmettet prøve. Tørrstoffinnholdet er ikke nødvendigvis målt på en vannmettet prøve, og resultatet kan derfor bli mindre nøyaktig enn om vanninnholdet måles direkte.

Erfaringsdata for våt og tørr densitet for ulike sedimenttyper er vist i tabell 1 (hentet fra HELCOMs veileder for dumping av masser i sjø) /1/, og skal benyttes i de tilfeller der det ikke foreligger konkrete undersøkelser av sedimentenes densitet.

I beregningene brukes gjennomsnittsverdier for stoffkonsentrasjon, mudret dybde, sedimentdensitet og naturlig vanninnhold.

Avhengig av lokalitetens homogenitet med hensyn på forurensningsgrad og sedimenttype så kan det være behov for å gjøre beregninger for delområder som summeres til slutt. Hvordan dette skal håndteres er forklart i kapittel 2.3.1-2.3.3.

Erfaringsdata for våt og tørr densitet for ulike sedimenttyper		
Type sediment (kg/m^3)	Våt densitet (Vannmettet sediment, ikke neddykket)	Tørr densitet
Mudder/dynn (med innhold av organisk materiale)	1 200	300
Silt, bløt og med organisk innhold	1 300	500
Silt	1 600	1 100
Sand	1 900	1 500
Grus/stein	2 000	1 800

Tabell 1 Erfaringsdata for våt og tørr densitet for ulike sedimenttyper, hentet fra HELCOMs veileder "HELCOM Guidelines for the Disposal of Dredged Material at Sea and Form of Reporting on Disposal of Dredged Material at Sea". Verdiene benyttes dersom det ikke er utført densitetsmålinger av sediment fra tiltaksområdet.

2.3.1 Mudring

Inngangsparametere som er nødvendige for å beregne nøkkellindikator for mudrede områder er vist i

Inngangsdata for beregning av nøkkellindikator ved mudring	
Tiltaksmetode: Mudring	Merknad
Våt densitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	Dersom det ikke foreligger målinger av sedimentets densitet, benyttes verdiene i tabell 1.
Naturlig vanninnhold, w [%]	Dersom det ikke foreligger målinger av naturlig vanninnhold i sedimentene, så beregnes vanninnholdet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene, se formel (2).
Sedimentareal i tiltaksområdet, A [m ²]	Faktisk mudret sedimentareal
Mudret dybde, D [m]	Faktisk mudret dybde, gjennomsnitt. Dersom det er utført remudring som følge av resedimentering av forurenset sediment, inkluderes <u>ikke</u> remudringen i mudret dybde.
Konsentrasjon sediment, C_n [mg/kg TS]	Sedimentprøver fra hele mudringsprofilen tas med i beregningene.

Tabell 2 Inngangsdata for beregning av nøkkellindikator når tiltaksmetoden er mudring.

Inngangsdata for beregning av nøkkellindikator ved mudring	
Tiltaksmetode: Mudring	Merknad
Våt densitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	Dersom det ikke foreligger målinger av sedimentets densitet, benyttes verdiene i tabell 1.
Naturlig vanninnhold, w [%]	Dersom det ikke foreligger målinger av naturlig vanninnhold i sedimentene, så beregnes vanninnholdet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene, se formel (2).
Sedimentareal i tiltaksområdet, A [m ²]	Faktisk mudret sedimentareal
Mudret dybde, D [m]	Faktisk mudret dybde, gjennomsnitt. Dersom det er utført remudring som følge av resedimentering av forurenset sediment, inkluderes <u>ikke</u> remudringen i mudret dybde.
Konsentrasjon sediment, C_n [mg/kg TS]	Sedimentprøver fra hele mudringsprofilen tas med i beregningene.

Tabell 2 Inngangsdata for beregning av nøkkellindikator når tiltaksmetoden er mudring.

Datagrunnlaget når det gjelder stoffkonsentrasjon vil ofte kunne variere med dybden i sedimentene, og det er ikke uvanlig at antall prøver er mye tettere i overflatelaget (< 0,1 m) enn i dypereliggende lag. I eldre undersøkelser ble prøver av overflatelag vanligvis tatt av øverste 0-0,02 m, mens dagens veileder sier at det skal tas prøver av øverste 0-0,1 m. I beregningen av nøkkellindikatoren benyttes gjennomsnittsverdier. Hvor stor innvirkning avtakende prøvetetthet med dybden vil få på resultatet av gjennomsnittskonsentrasjonen, vil bl.a. avhenge av om stoffkonsentrasjonen i dybden varierer

mye fra konsentrasjonen i topplaget. Dersom forurensningsnivået er høyest i overflatelaget, og det er her de fleste prøvene er tatt, så vil beregningen kunne overestimere mengden av fjernet forurensning.

”Hot spot”-områder der konsentrasjonen av forurensning er mye høyere enn i områdene rundt vil også kunne gi en feilaktig høy gjennomsnittskonsentrasjon, særlig dersom det også er tatt ekstra mange prøver i ”hot spot”-områdene for å kartlegge disse.

Store forskjeller i sedimenttype og densitet over mudringsområdet eller i dybden vil også kunne være en betydelig feilkilde.

Disse forhold er ivarettatt ved at det legges inn og beregnes separate gjennomsnittsdata for topp/øvre (0-0,1 m) og bunn/nedre del av mudringsvolumet. Dette gjelder både kjemiske data og densitet. Indikatoren beregnes deretter som summen av mengden i topplaget basert på gjennomsnittskonsentrasjonene av miljøgiftene der og mengden i de dypere sedimentene ut fra gjennomsnittet av dypere prøver.

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å dele tiltaksområdet inn i delområder før beregning av nøkkellindikatoren. Dette vil være aktuelt i følgende tilfeller:

- Der det er klare arealmessige forskjeller i materialtype og densitet gjennom hele mudringsprofilen. Eksempel på dette kan være et tiltak som omfatter et område med forurenset sand/grus og et tilgrensende areal med silt/leire/mudder.
- ”Hot-spot”-områder med stoffkonsentrasjoner eller stofftyper som skiller seg helt ut / ikke finnes i resten av mudringsområdet.

Ved beregning av nøkkellindikatorer skal det derfor alltid gis en begrunnet vurdering av behovet for oppdeling i delarealer. Denne begrunnelsen skal gis i regnearket. Nøkkellindikatoren vil være summen av den beregnede mengden for hvert delområde/sedimentlag for å finne totalmengden for hele tiltaket.

På enkelte lokaliteter kan det være områder med relativt stor andel grus og stein i sedimentene. Siden forurensningen er knyttet til finstoffet i sedimentene så vil dette kunne føre til at fjernet mengde miljøgifter blir overestimert i beregningene. Trolig vil dette likevel kun gjelde et fåtall lokaliteter, da det anses som mest sannsynlig at de områdene der det i analyser påvises så høy forurensning at det må gjøres tiltak, primært vil bestå av finstoffholdige sedimenter. Det er derfor ikke lagt opp til at målt stoffinnhold i sedimentene skal korrigeres for sedimentenes innhold av grus og stein. I spesielle tilfeller der dette ikke er tilfellet må eventuelt prosjektet justere inputdataene for volumberegningene.

Det er lagt til grunn at:

- det ved mudring som tiltaksmetode er god kontroll på mengde sediment fjernet
- alle sedimentene i hele mudringsdybden blir fjernet
- eventuell utlekking av miljøgifter under håndtering av mudringsmassene er så liten at dette kan neglisjeres i disse beregningene, selv om grad av oppvirvling og utlekking vil kunne variere med mudringsmetode.

Dersom sluttokumentasjonen etter et utført tiltak viser at så mye forurensete sedimenter har resedimentert at det er behov for ytterligere tiltak som tildekking eller remudring, så skal dette ikke tas med i beregningen av nøkkelindikatoren da denne forurensningen allerede er medregnet i det opprinnelig fjernede volumet.

Dersom etterkontrollen skulle medføre ytterligere mudring på grunn av at det forurensete sedimentlaget er mektigere enn tidligere antatt, må det ytterligere tiltaket inkluderes i beregningen av nøkkelindikatoren (dvs. at beregningene i dette tilfellet utføres for faktisk utført og ikke for prosjektert mudringsdybde).

I en del tilfeller kombineres miljømudring og tradisjonell mengdemudring, for eksempel i forbindelse med utdyping av farleder og havner. I disse tilfellene er det bare den andelen av mudringen som regnes som miljømudring som tas med i beregningen av nøkkelindikatoren. Hva som inngår i miljømudringen defineres av akseptkriteriene og vilkårene for tiltaket.

2.3.2 Tildekking

Inngangsparametere som er nødvendige for å beregne nøkkelindikator for tildekkede områder er vist i Feil! Fant ikke referanse-kilden..

Inngangsdata for beregning av nøkkelindikator ved tildekking	
Tiltaksmetode: Tildekking	Merknad
Våt densitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	Dersom det ikke foreligger målinger av sedimentets densitet, benyttes verdiene i tabell 1.
Naturlig vanninnhold, w [%]	Dersom det ikke foreligger målinger av naturlig vanninnhold i sedimentene, så beregnes vanninnholdet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene, se formel (2).
Sedimentareal i tiltaksområdet, A [m ²]	Faktisk areal som er dekket til.
Tiltaksdybde ved tildekking, D [m]	Standard "tiltaksdybde" ved tildekking er satt til 0,2 m. Dersom en annen dybde benyttes må dette begrunnes i regnearket. Dersom det er utført tildekking som følge av <u>resedimentering</u> av oppvirvlet, forurenset sediment etter mudring, inkluderes <u>ikke</u> tildekkingen i nøkkelindikatoren.
Konsentrasjon sediment, C_n [mg/kg TS]	Det tas bare med prøver fra overflatelaget (0-0,1 m).

Tabell 3 Inngangsdata for beregning av nøkkelindikator når tiltaksmetoden er tildekking.

Hovedutfordringen når tiltaket er tildekking er å beregne hvor stor mengde av de ulike miljøgiftene som er håndtert. I mange tilfeller når tildekking blir bestemt som tiltaksmetode er det i liten grad tatt dypere prøver av sedimentene for å kartlegge og avgrense forurensningen i dybden. Når en

verken kjenner mektigheten av det forurensete laget eller forureningsgraden i hele forureningslaget, er det vanskelig å beregne mengden av miljøgifter i sedimentene.

Ved tildekking som tiltaksmetode, så er det det bioaktive laget av sedimentene som blir "håndtert". Det er dette laget som i størst grad bidrar til spredning av forurensning, både via oppvirvling, diffusjon og opptak i biomasse. I de fleste tilfeller vil dette si de øverste 0,1-0,2 m av sedimentene, og oftest kanskje 0,1 m slik det er angitt i Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment (M-409|2015).

Selv om 0,1 m ofte vil være det mest korrekte målet på det bioaktive laget, så vil bruk av 0,1 m som tiltaksdybde ved tildekking føre til at tildekking sammenlignet med mudring tilsynelatende tar hånd om mindre forurensning per m² enn det mudring gjør, så lenge det ved mudring fjernes mer enn bare det bioaktive laget (miljømudring har ofte en mektighet på 0,2-0,5 m). For at mudring og tildekking skal være mest mulig likestilte i rapporteringen av nøkkelindikatoren er derfor 0,2 m "tiltaksdybde" satt som standard mektighet ved tildekking.

Store forskjeller i sedimenttype og densitet over tiltaksområdet, eller "hot-spot"-områder med stoffkonsentrasjoner eller stofftyper som skiller seg helt ut/ikke finnes i resten av tiltaksområdet, håndteres med delområder som beskrevet i kapittelet for mudring (2.3.1).

I den senere tid har det blitt mer og mer aktuelt med tynnsjikttildekking med bare noen få cm med tildekkingsmasser, i motsetning til tradisjonell tildekking der tildekkingslaget ofte er fra 0,3 til 0,5 m tykt. Ved beregning av nøkkelindikatoren der tynnsjikttildekking er tiltaksmetode likestilles tynnsjikttildekking og tradisjonell tildekking som metoder.

2.3.3 Mudring og tildekking

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt med en kombinasjon av mudring og tildekking i et tiltaksområde.

I de tilfeller der det mudres i deler av området og tildekkes i andre deler, så beregnes først mengde stoff håndtert av hver av de to tiltaksmetodene i hht. retningslinjene over, og til slutt summeres mengdene for å finne total mengde håndtert for hele tiltaket.

I andre tilfeller brukes en kombinasjon av mudring og tildekking ved at et areal først mudres og deretter dekkes til. Dette kan både være planlagt, eller tildekking kan bli nødvendig som følge av at forurensete sedimenter virvles opp og resedimenterer i så stort omfang at en ikke klarer å oppnå miljømålet ved mudring. I det sistnevnte tilfellet beregnes nøkkelindikatoren kun på grunnlag av mudringsdelen av tiltaket, fordi gevinsten på samme areal ellers blir beregnet to ganger.

I de tilfellene et areal først er planlagt mudret, for så å dekke til gjenværende forurenset sjøbunn i samme areal med rene masser, skal nøkkelindikatoren beregnes for både mudring og tildekking (med mindre man er sikker på at man har mudret ned til ren sjøbunn/miljømålet for tiltaket). Mengde stoffer håndtert ved mudring og tildekking beregnes i hht. retningslinjene over. Når indikatoren i slike tilfeller skal beregnes, settes "tiltaksdybde" til 0,1 m istedenfor 0,2 m som er standard "tiltaksdybde" ved tildekking.

2.4 Bruk av beregningsverktøyet

Det er utarbeidet et regneark for beregning av nøkkellindikator for et tiltak. I det etterfølgende er det gitt en kort beskrivelse av regnearket. Praktisk bruk av beregningsverktøyet er vist ved eksempler i de neste kapitlene der det er beregnet nøkkellindikator for gjennomførte tiltak i Oslofjorden og Kristiansandsfjorden.

Regnearket er laget i excel og består av fem ark:

På ark nr. 1 "Brukerveiledning", er det gitt en kort brukerveiledning.

På ark nr. 2, "1a. Stedsspesifikke data", skal det legges inn stedsspesifikke data for området som det skal beregnes nøkkellindikator for. Dette inkluderer informasjon om gjennomsnittlig våt densitet (kg/m³), naturlig vanninnhold og sedimentareal som er håndtert. Det skal også gis en kort vurdering av datagrunnlaget og behovet for oppdeling i delberegninger (delarealer).

På ark nr. 3, "1b. Konsentrasjon toppsediment", skal målte konsentrasjoner i toppsedimentene (øverste 0 til 0,1 m) legges inn. For innlegging av forureningsdata er det tatt utgangspunkt i regnearket for risikovurdering av sedimenter, supplert med linjer for ΣPAH₁₆ og ΣPCB₇. I regnearket er det også mulig å føye til ytterligere stoff enn de som allerede er registrert.

Det er tatt utgangspunkt i regnearket for risikovurdering av sedimenter fordi det antas at analyseresultatene i mange tilfeller allerede er lagt inn i dette regnearket. På denne måten er det enkelt å kopiere over analysedata fra det ene regnearket til det andre, og det er også enkelt å beregne nøkkellindikator for andre stoffer enn de som er prioritert. Dette kan være aktuelt for prosjekter der det er andre miljøgifter enn de prioriterte som er styrende for tiltaket.

Ut fra innlagte data beregnes gjennomsnitt- og maksimumskonsentrasjoner for hvert stoff, samt forholdet mellom høyeste verdi og medianverdi for hvert stoff, som gir en kontroll av prøvenes homogenitet. Dersom det er stor inhomogenitet i forureningsnivå og prøvetetthet, bør tiltaksområdet deles inn i delområder. Dette gjelder likevel bare i de tilfeller der det er mulig å skille ut sammenhengende områder med en noenlunde homogen forurensning.

Dersom naturlig vanninnhold i sedimentene ikke er målt, bestemmes gjennomsnittlig vanninnhold ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i prøvene og formel (2). Som hjelp til å finne gjennomsnitt av tørrstoffinnholdet er det laget en rad øverst på ark "1b. Konsentrasjon sediment" der tørrstoffinnholdet i prøvene kan legges inn og gjennomsnittlig tørrstoffinnhold beregnes. For beregning av vanninnhold ut fra tørrstoffinnhold, se ark nr. 5.

På ark nr. 4, "1c. Konsentrasjon sed>0,1 m dyp", er tilsvarende ark nr. 3, men her skal målte konsentrasjoner i dypere sedimentprøver (>0,1 m) legges inn. Dette arket er bare aktuelt for mudringstiltak.

På ark nr. 5, "1d. Grunnlagsdata", beregnes gjennomsnittlig vanninnhold i prøvene på grunnlag av gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i prøvene (formel (2)). Dersom det ikke er gjort direkte målinger av vanninnholdet i sedimentene, hentes det beregnede vanninnholdet her og legges manuelt inn på ark nr. 2.

På dette arket er også tabell 1 med erfaringsdata på våt og tørr densitet av ulike sedimenttyper lagt inn.

På ark nr. 5, ”2. *Beregnet mengde fjernet*”, beregnes mengde stoff fjernet (nøkkelindikator) på grunnlag av gjennomsnittskonsentrasjonen for hvert enkelt stoff som er beregnet i regneark 1b og 1c. Beregningene utføres etter formel (1).

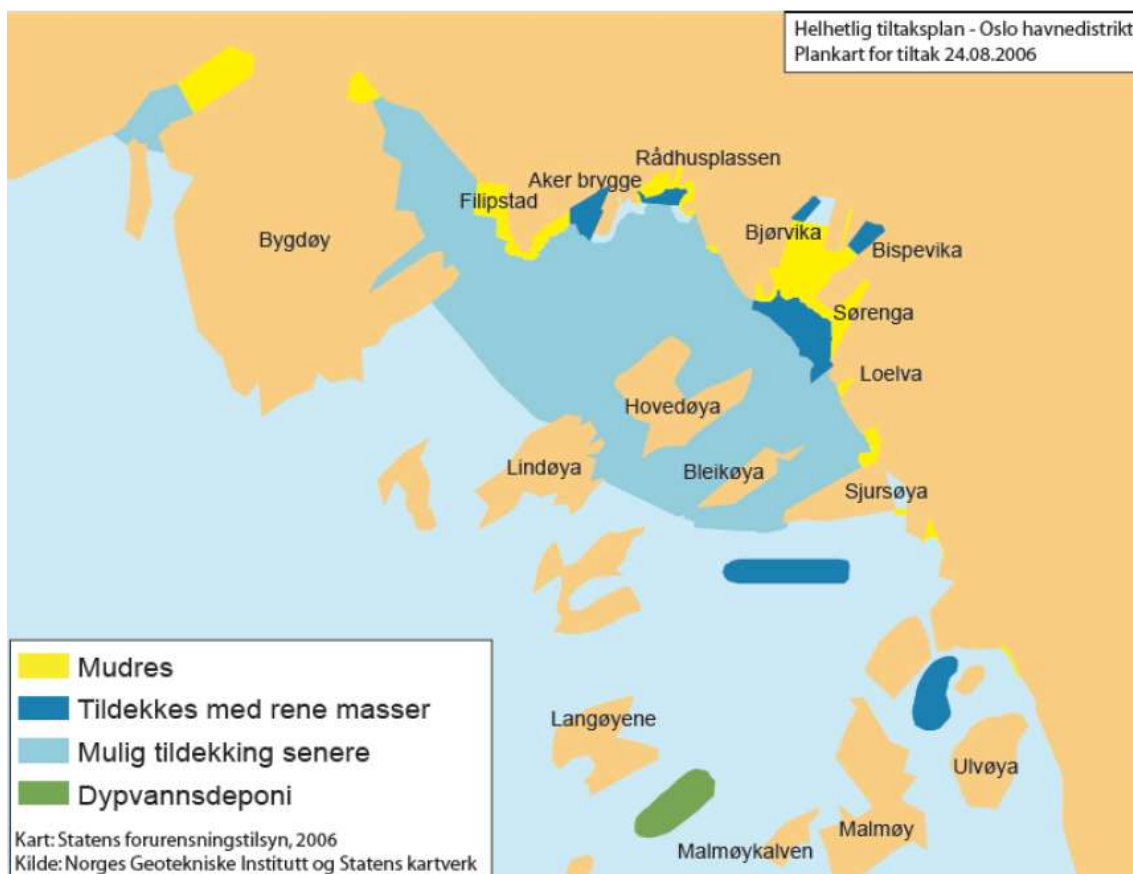
3. Nøkkelindikator for Oslo Havnedistrikt

3.1 Områdeinndeling og bakgrunnsdata

Ved beregning av nøkkelindikator for Oslo er det tatt utgangspunkt i ”Helhetlig tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslo Havnedistrikt” vedtatt av Oslo Bystyre 25. oktober 2005. Øvrige prioriterte tiltaksplanområder som ligger i Oslofjorden (som Drammensfjorden og Sandefjordsfjorden) er ikke inkludert i beregningen.

Tiltaksplanområdet Oslo Havnedistrikt er igjen delt opp i mindre delområder som vist i figur 1.

Det er beregnet nøkkelindikator for delområdene Bjørvika, Hovedøya, Pipervika, Hjortnes-kaia, Filipstadbrygga, Bestumkilen, Frognerkilen, Kongshavn og Bekkelaget, hvor det er blitt gjennomført tiltak ved mudring og/eller tildekking. Se utskrift fra regnearkene i vedlegg B.



Figur 1. Oversikt gjennomførte tiltak Oslo Havn. Kart er hentet fra NGIs rapport "Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika. Status. Juni 2009".

Det har vært gjennomført en rekke undersøkelser av forurensningssituasjonen i Oslo Havnedistrikt opp gjennom årene og fram til i dag, men det er tatt utgangspunkt i nyere data (fra 2005 og framover) når nøkkelindikatoren har blitt beregnet. Datagrunnlag fra ref. 5-11 har inngått i beregningsverktøyet.

3.2 Bruk av beregningsverktøyet

Praktisk bruk av beregningsverktøyet framgår av følgende eksempel på beregning av nøkkelindikator for Bjørvika, hvor vi viser hvilke parametere som skal fylles inn og hvordan man finner eller beregner disse.

Regneark 1a. Stedsspesifikke data

I regnearket (se figur 2) skal det legges inn stedsspesifikke data for området som det skal beregnes nøkkelindikator for. Dette inkluderer informasjon om gjennomsnittlig våt densitet (kg/m^3), naturlig vanninnhold og sedimentareal som er håndtert. Det skal også gis en kort vurdering av datagrunnlaget.

PROSJEKT:		Bjørvika	
TILTAKSHAVER:		Oslo Havn	
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:		Mudring	AVSLUTTET ÅR: 2008
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	131,0	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	131	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	290 000	Areal angitt i NGIs sluttrapport
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,57	Gjennomsnittlig mektig forurenset lag
* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget. Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).			
Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		X	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		X	
Hvis ja, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer.			
Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:			
Data om forurenningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Oslo Havn KF. Kartlegging av forurenset sediment i Oslo havn, tykkelse av slamsjikt. Fase II. 20051483-1. Desember 2005, 2) Tileggsvurderinger (NOTAT NGI) mudring nedre del av Akerelva			
Brukerveiledning 1a. Stedsspesifikke data 1b. Konsentrasjon toppsediment 1c. Konsentrasjon sed>0,1 m dyp 1d. Grunnlagsdata 2. Beregnet mengde			

Figur 2. Utfylling av regneark 1a. Stedsspesifikke data, for delområdet Bjørvika.

I Bjørvika er det gjennomført både mudring og tildekking i tiltaksplanområdet. Vi har i eksempelet vist beregning av mengde forurensning fjernet ved mudring.

I NGIs sluttrapport /9/ er det angitt at det er mudret ned til ren leire, og i tidligere undersøkelser gjennomført av NGI /5/ er det angitt en gjennomsnittlig mektighet av forurenslaget på 0,57 m. I beregningene er det derfor benyttet 0,57 meter som mudringsdyp. Offentlige rapporter som omhandler gjennomføring av tiltak i Bjørvika inneholder ikke informasjon om sedimentenes densitet, men sedimentene er beskrevet som bløt leire/mudder, og gjennomførte analyser har vist at det er relativt høyt vanninnhold i massene. Det er derfor benyttet en våt densitet på 1.300 kg/m³ i hht. tabell 1.

Ut fra NGIs sluttrapport /9/ er tiltaksarealet for mudring estimert til å være om lag 290 000 m².

Regneark 1b. Konsentrasjon toppsediment og 1c. Konsentrasjon sed>0,1 m dyp

I regneark 1b. Konsentrasjon toppsediment, vist i figur 3, er det for hvert prøvepunkt i Bjørvika lagt inn målte konsentrasjoner av de prioriterte stoffene. Prøvene består av blandprøver av hele det forurensete laget ved hver stasjon, og det har derfor ikke vært mulig å skille mellom prøver av toppsediment og av sediment dypere enn 0,1 m. Det er derfor heller ikke lagt inn data i regneark 1c.

Fra de innlagte dataene beregnes antall prøver, gjennomsnitt- og maksimumskonsentrasjoner for hvert stoff, og forholdet mellom høyeste verdi og medianverdi. Dette forholdet gir en kontroll av

prøvenes homogenitet. I Bjørvika er det ingen områder som peker seg ut med markert høyere forurensningsgrad, eller med stor forskjell i massesammensetning, så det er ikke behov for å dele Bjørvika opp i mindre delområder.

Stoff	Bjørvika				Bjørvika							
	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)							
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, middel}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	BJ A4a	BJ A4b	BJ A5b	BJ B1b	BJ B2a	BJ B2b	BJ B3b	BJ B4a
Tørrestoff (%)	31	84,8	43,3	1,4	48	40,5	43,8	48,7	45	44,4	5,04	38,3
Arsen												
Bly	31	1 269,00	516,42	3,1	930,00	1 269,00	500,00	490,00	510,00	450,00	420,00	560,00
Kadmium	31	18,00	9,06	2,1	3,80	12,00	8,40	7,40	11,00	4,50	3,80	8,90
Kobber												
Krom total (III + VI)												
Kvikksølv	31	25,00	8,95	3,0	8,50	12,00	9,80	6,20	7,30	12,00	8,70	12,00
Nikkel												
Sink												
Naftalen												

Figur 3. Eksempel på utfylling av regneark 1b., Konsentrasjon toppsediment for delområdet Bjørvika.

Regneark 2. Beregnet mengde fjernet

Gjennomsnittskonsentrasjonen for hvert enkelt stoff som er beregnet i regneark 1b. benyttes videre når mengde fjernet stoff skal beregnes (nøkkelindikator) i regneark 2, Beregnet mengde fjernet. Figur 4 viser resultatdelen av dette regnearket.

PROSJEKT:	Bjørvika
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m ²):	290 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet (kg)
Bly	46 819,1
Kadmium	821,2
Kvikksølv	811,8
Sum PAH-16	4 424,8
Sum PCB-7	28,1
Tributyltin (TBT-ion)	31,3

Figur 4. Regneark 2, Beregnet mengde fjernet for delområdet Bjørvika.

3.3 Samlet resultat av utførte beregninger

Det er beregnet total mengde fjernet av de prioriterte stoffene som følge av tiltak i Oslo Havnedistrikt. Beregningene er gjort ved bruk av samme metode for de ulike områdene i havneområdet som er beskrevet i kap. 3.2. Se Tabell 4 for en oversikt over resultatet.

Område	Tiltakstype	År	Pb	Cd	Hg	PAH16	PCB7	TBT
			Kg					
	M	06-08	46 819	821	812	4 425	26	31
	T	06-08	13 718	241	238	1 296	8	9
Hovedøya	M	06-08	3 900	84	51	358	4	5
	M	06-08	13 777	462	625	4 352	3	20
	T	06-08	2 211	74	100	755	1	4
Hjortneskaia	M	06-08	145	2	21	18	1	1
Filipstadbrygga	M	06-08	35	1	1	2	1	1
Frognerkilen	M	06-08	1005	22	39	42	1	1
Bestumkilen	M	06-08	1 830	63	79	115	3	3
Kongshavn/Bekkelaget	M	06-08	252	8	3	48	1	0
Oslo Havnedistrikt, totalt, kg			83 692	1 778	1 969	11 411	49	75

Tabell 4. Total mengde forurensning fjernet i Oslo Havnedistrikt. Beregnet mengde er rundet av til nærmeste hele kg. M = mudring, T = tildekking.

Som en del av sin sluttrapport for tiltak i Oslo havn, beregnet NGI i 2009 tiltakseffektiviteten for tiltakene i Bjørvika, Hovedøya, Pipervika, Frognerkilen og Bestumkilen ved å beregne mengden av ulike miljøgifter som var fjernet gjennom tiltakene /9/. Metodikken for beregning av nøkkelindikatoren er ikke identisk med den som ble benyttet av NGI i Oslo. Derfor er heller ikke de beregnede tallene direkte sammenlignbare.

4. Nøkkelindikator for Kristiansandsfjorden

4.1 Områdeinndeling og bakgrunnsdata

I Kristiansandsfjorden er det gjennom mange år utført tiltak i sedimentene på flere lokaliteter. En oppsummering av status er gitt i rapporten ”Revidert tiltaksplan for forurensete sedimenter - Kristiansandsfjorden”, utarbeidet av Det Norske Veritas (DNV) i 2011 /12/. I den reviderte tiltaksplanen er tiltaksplanområdet delt opp i delområdene vist i figur 5.

Det er beregnet nøkkelindikator for tiltak gjennomført i områdene Kongsgårdsbukta, Torsvika, Marvika, Hannevika, Auglandsbukta, Gravanekanalen i indre Byhavn og Christianholm hvor det er gjennomført opprydningstiltak ved mudring og/eller tildekking/utfylling. Se utskrift fra regnearkene i vedlegg C.



Figur 5. Oversikt over delområder i Kristiansandsfjorden. Kart er hentet fra DNVs rapport: "Revidert tiltaksplan for forurensete sedimenter- Kristiansandsfjorden. 2011."

Det har blitt gjennomført en rekke undersøkelser av forurensningssituasjonen i Kristiansandsfjorden og fram til i dag, men det er tatt utgangspunkt i nyere data som grunnlag for beregningen. Datagrunnlag fra ref. 12-23 er benyttet i beregningene.

4.2 Bruk av beregningsverktøyet ved inndeling i delområder

I Marvika og Torsvika er det gjennomført opprydding i sedimentene ved sugemudring. Det var i utgangspunktet planlagt å mudre øverste 0,15 m i største delen av tiltaksområdet, og 0,3 m i et mindre område. Under tiltaksgjennomføringen viste det seg at det måtte mudres dypere enn planlagt i deler av området. Dette gjaldt bl.a. innerste del av Marvika (delområde D) der forurensningen gikk dypere enn antatt, samt et hot spot-område (delområde E og F) som ble

påtruffet foran Gleoddkaia. I tillegg viste det seg at Kristiansand kommune hadde startet på en utfylling med sprengstein i Torsvika. Utfyllingsområdet var dekket med fiberduk og sand før utfylling med sprengstein, og dette området kunne derfor tas ut av det planlagte tiltaksområdet for mudring.

Ved beregning av nøkkelindikator for oppryddingen i Marvika og Torsvika er tiltaket derfor delt opp i delområder som vist i Tabell 5 for å få mest mulig homogene forhold. Beregnede mengder fra hvert av delområdene er summert for å finne nøkkelindikatoren for tiltaket.

Delområde	Areal (m ²)	Tiltaksdybde	Merknad
Torsvika	Ca. 6 700	Mudret i gjennomsnitt ca. 0,5 m	Bløte sedimenter med organisk innhold.
Torsvika, utfyllingsområde	Ca. 8 350	Tildekking av sjøbunnen. Standard tiltaksdybde på 0,2 m benyttet.	Området dekker deler av kommunens tiltaksområde i Torsvika og deler av Forsvarsbyggs tiltaksområde i Marvika.
Marvika (hele)	Ca. 52 400	Mudret ca. 0,3 m i mesteparten av området	Hovedsakelig sandig silt med noe organisk innhold.
Marvika, delområde D	Ca. 4 089	Remudring etter at øverste ca. 0,3 m var fjernet. Dybde remudring antas i gjennomsnitt 1 m.	Prøver fra sluttkontrollen etter at øverste 0,3 m av sedimentene var fjernet er benyttet for å beskrive forurensningssituasjonen. Både overflateprøver (0-10 cm) og kjerneprøver. Bløte sedimenter med organisk innhold.
Marvika, delområde E og F	Ca. 18 000	Remudring etter at øverste ca. 0,3 m var fjernet. Dybde remudring antas i gjennomsnitt 0,7 m.	Prøver fra sluttkontrollen etter at øverste 0,3 m av sedimentene var fjernet er benyttet for å beskrive forurensningssituasjonen. Både overflateprøver (0-10 cm) og kjerneprøver. Sand og grus.

Tabell 5. Tiltaksområdet Marvika og Torsvika inndelt i delområder. Beskrivelse av delområder.

Regneark 1a. Stedsspesifikke data

Med utgangspunkt i inndelingen i **Feil! Fant ikke referanse kilden.** er det for hvert delområde lagt inn informasjon om sedimentenes våt densitet, naturlig vanninnhold, areal og tiltaksdybde i regneark 1a. Stedsspesifikke data (se utskrift fra regnearkene i vedlegg C).

Regneark 1b. Konsentrasjon toppsediment og 1c. Konsentrasjon sed > 0,1 m dyp

I regneark 1b. Konsentrasjon sediment er det lagt inn representative prøver for å beskrive forurensningssituasjonen i tiltaksområdet. I regneark 1c er dypere prøver tatt med der disse er tatt av sedimentene innenfor tiltaksdybden og i de områdene som er vurdert. I prøver der det er påvist konsentrasjoner under analysemetodens deteksjonsgrense, er en konsentrasjon tilsvarende halvparten av deteksjonsgrensen benyttet. Disse prøvene er markert med rød skrift i regnearket.

Regneark 2. Beregnet mengde fjernet

Etter at mengden fjernet stoff er beregnet for hvert delområde, summeres disse for å finne totalmengden for hele tiltaket, se **Feil! Fant ikke referanse kilden.** Det er bare i enkelte av prøvene fra Torsvika og Marvika at det er utført analyse av TBT. Mengde TBT fjernet kan derfor være underestimert.

Delområde	Pb	Cd	Hg	PAH16	PCB7	TBT
Torsvika	259	3,6	1,7	15	0,2	0,0
Torsvika, utfyllingsområde	105	1,0	0,7	4,8	0,1	0,0
Marvika (hele)	1 146	3,1	21	117	3,6	3,5
Marvika, delområde D	771	2,3	4,3	246	0,2	-
Marvika, delområde E og F	6 162	8,1	29	176	3,2	-
Totalt, kg	8 443	18	57	559	7,3	3,5

Tabell 6. Mengde forurensning fjernet i samlet og for hvert delområde i Marvika og Torsvika, Kristiansand. - = Ikke analysert på TBT

4.3 Samlet resultat av utførte beregninger

Det er beregnet total mengde forurensning fjernet fra Kristiansandsfjorden ved bruk av samme prosedyre for alle tiltaksområdene. Tabell 7 gir en oversikt over resultatet.

Område	Tiltakstype	År	Pb	Cd	Hg	PAH16	PCB7	TBT
Kongsgårdsbukta	T	04/05	330	2,4	2,2	8,6	0,3	-
Marvika/Torsvika	M/T	2010	8 443	18	57	559	7,3	3,5
Hannevika	T	98/04	-	-	-	166	0,5	-
Gravaneakanalen	M	2006	570	2,7	4,7	159	0,2	0,2
Auglandsbukta	M	06/07	295	4,5	1,7	97	0,1	4,5
Christianholm	M	06/07	853	3,0	11	375	1,0	1,2
Kristiansandsfjorden, totalt, kg			10 491	31	77	1 365	9,4	9,4

Tabell 7. Total mengde fjernet i Kristiansandsfjorden. M = mudring, T = tildekking, M/T = mudring og tildekking

5. Usikkerhet i beregningene

Som beskrevet i det foregående vil det være mange usikkerheter knyttet til beregning av nøkkelindikatoren for et oppdydningstiltak. Denne usikkerheten er vanskelig å tallfeste fordi den vil variere fra lokalitet til lokalitet, bl.a. ut fra følgende forhold:

- representative prøver
- tilstrekkelig med prøver
- homogenitet av forurensning
- homogenitet av bunnforhold
- dokumentasjon på mudringsdybde

En vil også kunne oppleve variasjoner innenfor én og samme lokalitet, for eksempel ved at det er homogene bunnforhold, men inhomogen forurensning, eller at det er homogen forurensning av én miljøgift og inhomogen av en annen.

I det etterfølgende er deler av datagrunnlaget fra Marvika, samt datagrunnlaget for Christianholm (begge i lokaliteter i Kristiansandsfjorden) benyttet for å illustrere hvordan noen av disse usikkerhetene kan påvirke resultatet i beregningene.

Eksempel 1 - Inhomogene bunnforhold

I Marvika ble det remudret i delområde D, innerst i Marvika, der sedimentene bestod av mudder og silt med høyt organisk innhold. Det ble også remudret i et større område utenfor Gleoddkaien, delområde E/F. Her bestod sedimentene av mer mineralsk materiale, sand/grus. I beregningene i kapittel 4 er derfor nøkkelindikator for område D og for område E/F beregnet hver for seg ut fra ulike bunnforhold. I eksempelet er mudringsdybden satt til 0,5 m i begge delområdene, og i det etterfølgende er det vist hvordan nøkkelindikatoren ville ha endret seg dersom hele området hadde vært vurdert under ett.

Tabell 8 viser en oversikt over tiltaksarealet, mudret dybde, sedimentenes densitet og vanninnhold. Når hele området ses under ett er det gjort en vektning av densiteten ut fra størrelsen på de to delområdene, mens vanninnholdet er beregnet direkte fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i prøvene.

	A (m ²)	Mudret dybde (m)	ρ (kg/m ³)		W ² (%)	
			0-0,1 m	>0,1 m	0-0,1 m	>0,1 m
Delområde D	4 089	0,5	1 200	1 400	213	125
Delområde E/F	18 000	0,5	1 900	1 900	80	44
Delområde D/E/F	22 089	0,5	1 760 ¹	1 800 ¹	90	51

Tabell 8. Oversikt over tiltaksareal, mudret dybde, densitet og vanninnhold som er benyttet i beregningene. 1 = Gjennomsnittlig densitet for tilfellet delområde D og E/F samlet er vektet ut fra størrelsen på hvert av arealene. 2 = Vanninnhold er beregnet ut fra tørrstoffinnhold i prøvene.

Feil! Fant ikke referanseilden. viser gjennomsnittlig konsentrasjon av de prioriterte miljøgiftene innenfor hvert delområde, og for delområdene vurdert samlet (snitt av alle prøver).

		Pb	Cd	Hg	PAH16	PCB7
		mg/kg TS				
	0-0,1 m	344	0,8	1,3	6	0,32
	>0,1 m	313	0,9	1,8	107	0,07
	0-0,1 m	517	1,7	5,6	30	0,71
	>0,1 m	363	0,3	1,3	8,4	0,13
	0-0,1 m	488	1,6	4,9	26	0,66
	>0,1 m	373	0,5	1,5	32	0,13

Tabell 9. Gjennomsnittlig konsentrasjon av prioriterte miljøgifter i toppsedimenter og dypere sedimenter, samt differanse mellom gjennomsnittlig konsentrasjon i topplag og dypere sedimentlag.

Feil! Fant ikke referanseilden. viser at for de fleste parameterene er det liten forskjell på om det deles opp i delområder, eller om hele området regnes under ett, men for PAH er det registrert en differanse på ca. 60%. Det er flere faktorer som virker i samme retning som gjør at denne forskjellen blir så pass stor. I de to delområdene er det påvist relativt stor forskjell i den gjennomsnittlige konsentrasjonen av PAH i de dypere prøvene, men i motsetning til de øvrige parameterene er den høyeste konsentrasjonen påvist i det minste delområdet (ca. 20% av totalarealet). Dette er også det delområdet der løsmassene har lavest densitet, samt at det dype laget teller 80% av totalvolumet (0,4 m tykt).

Inhomogene bunnforhold trenger derfor ikke å ha så stor innvirkning på nøkkelindikatoren dersom forurensningen er homogent fordelt. En trenger derfor bare å dele tiltaksområdet inn i delområder dersom noen stoff bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet, eller når det er prøver i deler av området som skiller seg klart ut fra de resterende.

	Pb		Cd		Hg kg		PAH16		PCB7	
Delområde D	373		1,1		2,0		110		0,1	
Delområde E/F	4 435		6,5		23		136		2,6	
Sum D og E/F	4 808		7,6		25		246		2,7	
Delområde D/E/F	4 925		8,4		26		391		2,7	
Differanse	117	2,4%	1	11%	1	4%	145	59%	0	-

Tabell 10. Beregnet nøkkelindikator for delområde D, delområdene E og F, og delområdene D, E og F samlet.

Eksempel 2 - Datagrunnlag overflateprøver / dypere prøver

På enkelte lokaliteter består datagrunnlaget i hovedsak av overflateprøver, og med få eller ingen dypere prøver. Hvordan forurensningen er fordelt nedover i sedimentene vil derfor påvirke hvor korrekt resultatet blir. I det etterfølgende er det laget et regneeksempel der nøkkelindikatoren blir beregnet både ut fra overflateprøver og dypere prøver og ut fra kun overflateprøver. Det er brukt data både fra Marvika og fra Christianholm i eksempelet, og resultatet er vist i **Feil! Fant ikke referanseilden.**

	Pb		Cd		Hg kg		PAH16		PCB7	
Delområde E/F, snitt topp/snitt bunn	3 735		5,4		20		115		2,2	
Delområde E/F, snitt alle prøver	4 096	9,7%	10	85%	35	75%	189	64%	4,2	91%
Delområde E/F, snitt overflateprøver	4 138	10,8%	14	159%	45	125%	238	107%	5,7	159%
Christianholm, snitt topp/snitt bunn	853		3,0		11		375		1,0	

Christianholm, snitt alle prøver	1 740	104%	5,1	70%	26	136%	525	40%	1,2	20%
Christianholm, snitt overflateprøver	2 380	179%	6,5	117%	38	245%	614	64%	1,3	30%

Tabell 11. Beregnet nøkkelindikator for delområde E og F i Marvika basert på 1) snitt toppsediment og snitt dypere prøver, 2) snitt alle prøver samlet (både overflateprøver og dypere prøver), 3) bare overflateprøver. Overflateprøver i Marvika er tatt av 0-0,1 m, mens kjerneprøver er tatt innenfor dybdeintervallet 0,1-0,4 m. I Christianholm er overflateprøver hovedsakelig tatt av 0-0,05 m, mens kjerneprøver er tatt innenfor dybdeintervallet 0,2-0,5 m. Mudringsdybden er i Marvika satt til 0,5 m, mens den i Christianholm er 0,7 m.

Feil! Fant ikke referansekilden. viser at med høy overflateforurensning, og flest prøver av overflatelaget, så kan nøkkelindikatoren bli overkalkulert dersom konsentrasjonen av miljøgiftene regnes som et gjennomsnitt over alle prøvene. Dette er imidlertid ivaretatt i beregningsverktøyet ved at indikatoren beregnes som summen av mengden i topplaget basert på gjennomsnittskonsentrasjonene av miljøgiftene der og mengden i de dypere sedimentene ut fra gjennomsnittet av dypere prøver.

Nøkkelindikatoren kan også bli kraftig overkalkulert dersom det ikke analyseres på dypere prøver, men at beregningene kun gjøres på grunnlag av overflateprøver. Det må derfor tas prøver i hele mudringsvolumet.

Det er stor prøvetetthet på lokaliteten fra Marvika. På et område på 18.000 m² er det tatt prøver i 20 stasjoner (29 for PCB), dvs. én prøve per 900 m² (pr. 620 m² for PCB). Av disse stasjonene er 13 kjerneprøver (21 for PCB) er det er tatt én overflateprøve og én dypere prøve. Dvs. én kjerneprøve per 1.385 m² (pr. 860 m² for PCB).

For Christianholm er prøvetettheten litt mindre, 5 prøvestasjoner på et område på 28.000 m², dvs. én prøve per 5.600 m². Dette er også innenfor kravet til prøvetetthet i risikoveilederen for forurenset sediment (TA-2802/2011) som sier at det på områder grunnere enn 20 m skal tas prøver fra minimum 5 stasjoner og at én prøve kan representere et område på inntil 10.000 m². Det er analysert på kjerneprøver i 2 stasjoner.

Ut fra resultatene i **Feil! Fant ikke referansekilden.** er det ikke mulig å si at den store prøvetettheten i Marvika har bidratt vesentlig til å redusere usikkerheten i beregningene. En minimum prøvetetthet i hht. retningslinjene i M-409|2015 synes derfor å være tilstrekkelig for de fleste tilfeller.

6. Oppsummering/erfaring

Det er utarbeidet et beregningsverktøy som på en enkel måte gjør at det kan beregnes nøkkelindikator for prosjekter som omhandler miljøtiltak i forurensete sedimenter. Nøkkelindikatoren skal inngå i sluttrapporteringen av alle tiltak (mudring og/eller tildekking) for opprydding av forurenset sjøbunn. Beregningsverktøyet er primært utarbeidet for de prioriterte miljøgiftene, men kan også benyttes for andre miljøgifter i de prosjektene der dette er aktuelt.

Det vil alltid være en viss usikkerhet i beregningene, bl.a. ut fra lokalitetens homogenitet med hensyn på forurensning og bunnforhold, men indikatoren vil være nøyaktig nok til at formålet nås og framdriften i det nasjonale arbeidet med opprydding av forurensete sedimenter vises. Et felles beregningsverktøy vil sikre at nøkkelindeikatoren beregnes på samme måte i alle prosjekter. I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å dele tiltaksområdet inn i delområder før beregning av nøkkelindeikatoren, for eksempel klare "hot-spot"-områder. Retningslinjer for dette er gitt i rapporten (jf. kap. 2.3).

Beregningsverktøyet er benyttet til å beregne nøkkelindeikator for utførte tiltak i Oslo Havnedistrikt og Kristiansandsfjorden. Erfaringene herfra viser at det i enkelte av sluttrapportene for disse prosjektene har vært vanskelig å finne all nødvendig informasjon om horisontal og vertikal utbredelse av forurensningen, tiltaksareal, mudringsdybde, densitet og vanninnhold. Dette antas å være enklere for nye prosjekter der kravet om rapportering av nøkkelindeikatoren vil være kjent før prosjektet settes i gang.

Erfaringene fra de gjennomgåtte rapportene fra Oslo og Kristiansandsfjorden er også at det ofte kun foreligger informasjon om forurensningssituasjonen i toppsedimentene (0-2 cm eller 0-10 cm). Som vist i denne rapporten risikerer man da at mengde forurensning fjernet over- eller underestimeres når tiltaket er mudring (det vanligste vil være overestimering da forurensningsnivået vanligvis er høyest i topplaget av sedimentene). Det er derfor viktig at man allerede før tiltaksgjennomføring kartlegger forurensningen i hele det forurensete laget/tiltaksdybden.

Ut fra en vurdering av beregningsresultatene fra Kristiansandsfjorden synes en minimum prøvetetthet i hht. retningslinjene i M-409|2015 å være tilstrekkelig for beregning av nøkkelindeikatoren for de fleste tilfeller.

Beregningsverktøyet som er utviklet vil sikre et enhetlig system for rapportering ved framtidige tiltak.

7. Referanser

1. Helsinki Commission. Baltic Marine Environment. Protection Commission. HELCOM Guidelines for the Disposal of Dredged Material at Sea (Adopted in June 2007) and Form of Reporting on Disposal of Dredged Material at Sea (Approved by HELCOM MONAS 9 in October 2006).
2. Bridges et al. Dredging Process and Remedy Effectiveness: Relationship to the 4Rs of Environmental Dredging. Integrated Environmental Assessment and Management- Vol. 6. No. 4. 2010.
3. Gustavson et al. Evaluating the Effectiveness of Contaminated-Sediment Dredging. Environmental Science & Technology/July15, 2008.
4. National Research Council. Sediment Dredging at Superfund Megsites: Assessing the Effectiveness. 2007,

5. NGI. Kartlegging av forurenset sediment i Oslo Havn - tykkelse av slamsjikt. Fase II. 2005
6. NGI. Prøvetaking for mudring i nedre del av Akerselva. 2006.
7. NIVA. Oslo Havnedistrikt - Prøvetaking i småbåthavner på badestrender. Kartlegging av forurenset sediment og kjemiske analyser. 2007
8. Aquateam. Kartlegging av forurensete sedimenter på Hovedøya, april 2008. 2008
9. NGI. Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter tiltak i Oslo Havn. Sluttrapport. 2009.
10. NGI. Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. 2009
11. NGI. Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Ny sjøbunn etter tiltak i Bjørvika. 2008
12. DNV. Revidert tiltaksplan for forurensete sedimenter - Kristiansandsfjorden. Rapport nr. 2011-0216. 2011
13. DNV. Tiltaksanalyse for opprydning i forurensete sedimenter i Kristiansandsfjorden. Rapport nr. 2001-0807. 2001
14. Multiconsult. Pilotprosjektet Kristiansandsfjorden. Sluttrapport for prosjekter. Rapport nr. 311089. 2007
15. NIVA. Tiltaksplan for opprydning i forurensete sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling fra tidligere undersøkelser. 2001.
16. NIVA. Supplerende sedimentundersøkelser i Kongsgårdsbukta, Bredalsholmen og Hannevika i 2004. 2004
17. Multiconsult. Kongsgårdsbukta, Kristiansand. Forprosjekt. Rapport nr. 310348/1. 2003
18. Multiconsult. Mudring i småbåthavner, Søknad om tillatelse, Auglandsbukta, Justvik og Christianholm. Rapport nr. 310637/1
19. Multiconsult. Mudring av tre småbåthavner, Auglandsbukta, Christianholm og Justvik. Miljøtekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 310838/2.
20. Multiconsult. Mudring av tre småbåthavner, Auglandsbukta, Christianholm og Justvik i Kristiansand kommune. Teknisk sluttrapport. Rapport nr. 311030/2, datert 7. desember 2007.
21. Multiconsult. Marvika og Torsvika. Miljøopprydding Marvika, sjø. Sluttrapport. Rapport nr. 411326-5-3, datert 12. april 2011.
22. Multiconsult. Marvika marinebase, Kristiansand. Miljøtiltak sjø. Søknad om tillatelse. Notat nr. 411326-5-01, datert 31. mars 2006.
23. Multiconsult. Marvika marinebase, Kristiansand. Supplerende undersøkelser Marvika og Torsvika. Datarapport. Rapport nr. 411326-5-1, datert 23. januar 2006.
24. Klima- og forurensningsdirektoratet. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. TA-2802/2011. (Revidert 2015: Miljødirektoratet, M-409 | 2015)
25. Statens forurensningstilsyn. Veileder for håndtering av forurensete sedimenter. TA-1979/2003

PROSJEKT:										
Stoff										
	BJ B4a	BJ C2b	BJ C4b	BJ C6a	BJ C11a	BJ D2a	BJ D3a	BJ D4a	BJ D10b	BJ D12b
Tørrstoff (%)	38,3	45,7	48,7	39,7	39,3	46	46,5	42,9	46,3	39,9
Bly	560,00	400,00	410,00	630,00	580,00	430,00	270,00	610,00	560,00	610,00
Kadmium	8,90	9,50	3,70	9,40	18,00	8,70	4,90	17,00	16,00	14,00
Kvikksølv	12,00	6,00	8,80	16,00	8,70	6,80	4,20	11,00	9,60	7,50
Sum PAH-16	75,00	21,00	25,00	80,00	44,00	45,00	14,00	62,00	73,00	5,40E+01
Sum PCB-7	0,01	0,20	0,04	0,19	0,40	0,20	0,14	0,06	2,60E-01	6,20E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	0,05	0,27	0,01	0,08	0,63	0,41	0,52	0,09	0,11	0,30

PROSJEKT:									
Stoff									
	BJ E5a	BJ E10b	BJE11b	BJ E13a	BJ F3a	BJ F3b	BJ F4a	BJ Fb	Bj H3
	Tørrstoff (%)	38,7	43,6	45,6	46,4	52,2	49,9	45,1	34,3
Bly	700,00	410,00	420,00	450,00	250,00	260,00	360,00	630,00	380,00
Kadmium	8,70	6,90	9,80	7,70	4,50	3,90	6,50	15,00	9,00
Kvikksølv	16,00	6,60	7,10	5,30	3,50	4,60	6,10	10,00	8,20
Sum PAH-16	6,20E+01	5,40E+01	3,90E+01	2,70E+01	1,00E+01	1,90E+01	2,70E+01	5,50E+01	1,80E+01
Sum PCB-7	4,10E-01	3,10E-01	3,50E-01	2,80E-01	1,10E-01	8,60E-02	7,00E-02	5,30E-01	2,70E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	0,01	0,25	4,50E-01	8,81E-01	4,35E-01	3,34E-01	1,23E-01	4,66E-01	5,44E-01

PROSJEKT:					
Stoff					
	Bj H7	Bj N2	Bj P-2	Bj Q9	Bj T11
Tørrstoff (%)	36,3	37	64,5	49,8	44,5
Bly	850,00	600,00	380,00	250,00	310,00
Kadmium	12,00	17,00	2,60	7,40	9,00
Kvikksølv	25,00	12,00	6,00	5,70	6,30
Sum PAH-16	3,30E+02	3,20E+01	2,20E+01	2,50E+01	5,20E+01
Sum PCB-7	1,00E+00	1,30E+00	1,90E-01	2,00E-01	1,90E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	1,19E+00	8,93E-01	2,42E-01	3,38E-01	6,83E-01

PROSJEKT:	Bjørvika
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	290 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	46 819,1
Kadmium	821,2
Kvikksølv	811,6
Sum PAH-16	4 424,8
Sum PCB-7	26,1
Tributyltinn (TBT-ion)	31,3

PROSJEKT:	Bjørvika		
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Tildekking	AVSLUTTET ÅR:	2008

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	131,0	Beregnet fra tørrstoffinnhold i prøver
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard		
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard		
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	236 000	Areal angitt i NGIs sluttrapport
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,2	

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget	JA	NEI
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Oslo Havn KF. Kartlegging av forurenset sediment i Oslo havn, tykkelse av slamsjikt. Fase II. 20051483-1. Desember 2005 . Data er fremskaffet ved å analysere en blandprøve fra hele det forurensete laget ved hvert stasjon.

PROSJEKT:	Bjørvika										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	BJ A4a	BJ A4b	BJ A5b	BJ B1b	BJ B2a	BJ B2b	BJ B3b
Tørrstoff (%)	31	64,5	43,3	1,4	48	40,5	43,6	48,7	45	44,4	5,04
Bly	31	1 399,00	516,42	3,1	930,00	1399,00	500,00	490,00	510,00	450,00	420,00
Kadmium	31	18,00	9,06	2,1	3,80	12,00	8,40	7,40	11,00	4,50	3,60
Kvikksølv	31	25,00	8,95	3,0	8,50	12,00	9,80	6,20	7,30	12,00	8,70
Sum PAH-16	31	330,00	48,81	10,3	30,00	62,00	27,00	32,00	30,00	37,00	30,00
Sum PCB-7	29	1,30	0,29	6,5	0,03	0,04	0,13	0,33	0,44		
Tributyltinn (TBT-ion)	31	1,19	0,35	3,9	0,02	0,04	0,19	0,56	0,52	0,00	0,05

PROSJEKT:										
Stoff										
	BJ B4a	BJ C2b	BJ C4b	BJ C6a	BJ C11a	BJ D2a	BJ D3a	BJ D4a	BJ D10b	BJ D12b
	Tørrstoff (%)	38,3	45,7	48,7	39,7	39,3	46	46,5	42,9	46,3
Bly	560,00	400,00	410,00	630,00	580,00	430,00	270,00	610,00	560,00	610,00
Kadmium	8,90	9,50	3,70	9,40	18,00	8,70	4,90	17,00	16,00	14,00
Kvikksølv	12,00	6,00	8,80	16,00	8,70	6,80	4,20	11,00	9,60	7,50
Sum PAH-16	75,00	21,00	25,00	80,00	44,00	45,00	14,00	62,00	73,00	5,40E+01
Sum PCB-7	0,01	0,20	0,04	0,19	0,40	0,20	0,14	0,06	2,60E-01	6,20E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	0,05	0,27	0,01	0,08	0,63	0,41	0,52	0,09	0,11	0,30

PROSJEKT:									
Stoff									
	BJ E5a	BJ E10b	BJE11b	BJ E13a	BJ F3a	BJ F3b	BJ F4a	BJ Fb	Bj H3
	Tørrstoff (%)	38,7	43,6	45,6	46,4	52,2	49,9	45,1	34,3
Bly	700,00	410,00	420,00	450,00	250,00	260,00	360,00	630,00	380,00
Kadmium	8,70	6,90	9,80	7,70	4,50	3,90	6,50	15,00	9,00
Kvikksølv	16,00	6,60	7,10	5,30	3,50	4,60	6,10	10,00	8,20
Sum PAH-16	6,20E+01	5,40E+01	3,90E+01	2,70E+01	1,00E+01	1,90E+01	2,70E+01	5,50E+01	1,80E+01
Sum PCB-7	4,10E-01	3,10E-01	3,50E-01	2,80E-01	1,10E-01	8,60E-02	7,00E-02	5,30E-01	2,70E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	0,01	0,25	4,50E-01	8,81E-01	4,35E-01	3,34E-01	1,23E-01	4,66E-01	5,44E-01

PROSJEKT:					
Stoff					
	Bj H7	Bj N2	Bj P-2	Bj Q9	Bj T11
Tørrstoff (%)	36,3	37	64,5	49,8	44,5
Bly	850,00	600,00	380,00	250,00	310,00
Kadmium	12,00	17,00	2,60	7,40	9,00
Kvikksølv	25,00	12,00	6,00	5,70	6,30
Sum PAH-16	3,30E+02	3,20E+01	2,20E+01	2,50E+01	5,20E+01
Sum PCB-7	1,00E+00	1,30E+00	1,90E-01	2,00E-01	1,90E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	1,19E+00	8,93E-01	2,42E-01	3,38E-01	6,83E-01

PROSJEKT:	Bjørsvika
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Tildekking
TILTAKSAREAL (m²):	236 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	13 717,5
Kadmium	240,6
Kvikksølv	237,8
Sum PAH-16	1 296,4
Sum PCB-7	7,7
Tributyltinn (TBT-ion)	9,2

PROSJEKT:	Hovedøya										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Prøve 2A	Prøve 2B	Prøve 4A	Prøve 7A	Prøve 10B	Prøve 12A	Prøve 14A
Tørrstoff (%)	18	130,7	53,3	2,8	60,5	37,3	41,7	57,4	43,4	30,4	56,4
Bly	24	940,00	193,04	4,9	100,00	57	290,00	170,00	56,00	390,00	230,00
Kadmium	24	23,00	4,21	6,2	0,33	0,17	4,00	6,20	0,70	7,80	12,00
Kvikksølv	24	8,00	2,87	3,2	0,63	0,40	2,40	2,70	0,58	4,10	3,90
Sum PAH-16	24	150,00	16,39	17,4	11,00	4,50	30,00	8,40	1,70	150,00	27,00
Sum PCB-7	23	1,48	0,20	14,8	0,06	0,04	0,33	0,10	0,67	1,48	0,25
Tributyltinn (TBT-ion)	24	1,70	0,26	30,9	0,38	0,03	0,81	0,04	0,06	0,20	0,15

PROSJEKT:										
Stoff										
	Prøve 14B	Prøve 18B	Prøve 21A	Prøve 21B	Prøve 23A	Prøve 25A	Prøve 26A	Prøve 26B	Prøve 28A	Prøve 29A
Tørrstoff (%)	38,2	41	61,4	49,4	58,1	41	47,5	70,77	46,9	46,8
Bly	210,00	77,00	280,00	18,00	940,00	220,00	120,00	29,00	220,00	210,00
Kadmium	5,10	1,20	5,20	0,14	23,00	4,40	1,40	0,11	5,50	3,40
Kvikksølv	3,20	1,00	3,40	0,14	7,60	2,60	1,90	0,20	4,10	3,90
Sum PAH-16	29,00	5	5,80	0,79	18,00	8,80	10,00	0,58	8,30	1,20E+01
Sum PCB-7	0,02	0,09	0,24	0,02	0,08	0,21	0,04	0,00	2,23E-01	2,59E-01
Tributyltinn (TBT-ion)	0,00	0,04	0,18	0,00	0,05	0,92	0,03	0,00	0,35	0,07

PROSJEKT:							
Stoff							
	Prøve 29B	Prøve 32A	Prøve 34B	Hoved 1	Hoved 2	Hoved 3	Hoved 4
Tørrstoff (%)	130,740294						
Bly	92,00	47,00	130,00	240,00	240	17,00	250,00
Kadmium	1,10	0,49	1,20	4,80	5,90	0,08	6,80
Kvikksølv	1,60	0,86	1,90	7,70	8,00	0,02	6,10
Sum PAH-16	2,10E+01	1,30E+01	5,70E+00	5,10	6,30	0,28	11,00
Sum PCB-7	4,30E-03	1,49E-01	2,02E-01	0,14	0,10	0,01	
Tributyltinn (TBT-ion)	0,00	0,19	1,70E+00	0,96	0,01	0,01	0,03

PROSJEKT:	Hovedøya
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	100 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	3 900,3
Kadmium	84,2
Kvikksølv	51,0
Sum PAH-16	357,9
Sum PCB-7	4,4
Tributyltinn (TBT-ion)	5,2

PROSJEKT:	Pipervika		
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2008

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 460	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	105,7	Beregnet ut i fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 460	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	105,7	Beregnet ut ifra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	86 000	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,88	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?	x		

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Prøvene tatt i Pipervika har et høyere innhold av forurensning enn prøvene fra Lohavn. Det er imidlertid svært få prøver som danner grunnlaget for beregningen, så det er gjort en vurdering om at inndeling i mindre delområder er uhensiktsmessig

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Tatt blandprøver av hele forurensningslaget

PROSJEKT:	Pipervika									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Piper A8	Piper D8	Aker G2	Aker G3	Prøve 5	Prøve 6
Tørrstoff (%)	4	60,1	48,6	1,3	48	40,5	45,9	60,1		
Bly	4	680,00	311,75	2,4	680,00	560,00	3,90	3,10		
Kadmium	4	16,00	10,45	1,7	7,40	7,40	16,00	11,00		
Kvikksølv	4	33,00	14,15	2,8	33	19	4,47	0,14		
Sum PAH-16	2	130,00	115,00	1,1	100	130				
Sum PCB-7	1	0,10	0,10	1,0	0,1					
Tributyltinn (TBT-ion)	2	0,59	0,53	1,1	0,59	0,47				

PROSJEKT:	Pipervika
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	86 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	13 777,2
Kadmium	461,8
Kvikksølv	625,4
Sum PAH-16	4 352,2
Sum PCB-7	3,0
Tributyltinn (TBT-ion)	20,1

PROSJEKT:	Pipervika		
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Tildekking ▼	AVSLUTTET ÅR:	2008 ▼

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 460	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	105,7	Beregnet ut i fra tørrestoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 460	
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	105,7	
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	55 500	Hentet fra NGIs rapport nr 20051785-62, Ny sjøbunn etter tiltak i Pipervika. Status
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,2	Tildekket i ytre deler av Pipervika

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?	x		

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Prøvene tatt i Pipervika har et høyere innhold av forurensning enn prøvene fra Lohavn. Det er imidlertid svært få prøver som danner grunnlaget for beregningen, så det er gjort en vurdering om at inndeling i mindre delområder er uhensiktsmessig

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Tatt blandprøver av hele forurensningslaget

PROSJEKT:	Pipervika									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Piper A8	Piper D8	Aker G2	Aker G3	Prøve 5	Prøve 6
Tørrstoff (%)	4	60,1	48,6	1,3	48	40,5	45,9	60,1		
Bly	4	680,00	311,75	2,4	680,00	560,00	3,90	3,10		
Kadmium	4	16,00	10,45	1,7	7,40	7,40	16,00	11,00		
Kvikksølv	4	33,00	14,15	2,8	33	19	4,47	0,14		
Sum PAH-16	2	130,00	115,00	1,1	100	130				
Sum PCB-7	1	0,10	0,10	1,0	0,1					
Tributyltinn (TBT-ion)	2	0,59	0,53	1,1	0,59	0,47				

PROSJEKT:	Pipervika
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Tildekking
TILTAKSAREAL (m²):	55 500
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	2 456,1
Kadmium	82,3
Kvikksølv	111,5
Sum PAH-16	906,0
Sum PCB-7	0,8
Tributyltinn (TBT-ion)	4,2

PROSJEKT:	Hjortneskaia									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Prøve 2A	Prøve 2B	Prøve 4A	Prøve 7A	Hjort D2	Prøve 6
Tørrstoff (%)	5	69,2	53,2	1,2	60,5	37,3	41,7	57,4	69,2	
Bly	5	290,00	149,40	2,2	100,00	57	290,00	170,00	130,00	
Kadmium	5	6,20	2,23	13,8	0,33	0,17	4,00	6,20	0,45	
Kvikksølv	5	3,50	1,93	1,5	0,63	0,40	2,40	2,70	3,50	
Sum PAH-16	5	42,00	19,18	3,8	11,00	4,50	30,00	8,40	42,00	
Sum PCB-7	4	0,33	0,13	4,1	0,06	0,04	0,33	0,10		
Tributyltinn (TBT-ion)	5	0,81	0,25	20,3	0,38	0,03	0,81	0,04	0,00	

PROSJEKT:	Hjortneskaia
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	6 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	144,7
Kadmium	2,2
Kvikksølv	1,9
Sum PAH-16	18,6
Sum PCB-7	0,1
Tributyltinn (TBT-ion)	0,2

PROSJEKT:	Filipstad									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Prøve 2A	Prøve 2B	Prøve 4A	Prøve 7A	Fil A9	Fil B9
Tørrstoff (%)	6	77,3	52,1	1,6	60,5	37,3	41,7	57,4	77,3	38,3
Bly	6	290,00	161,17	1,9	100,00	57	290,00	170,00	220,00	130,00
Kadmium	6	6,20	2,44	3,1	0,33	0,17	4,00	6,20	3,50	0,45
Kvikksølv	6	6,70	2,72	2,6	0,63	0,40	2,40	2,70	6,70	3,50
Sum PAH-16	6	30,00	9,85	4,7	11,00	4,50	30,00	8,40	2,50	2,70
Sum PCB-7	6	0,33	0,10	5,9	0,06	0,04	0,33	0,10	0,04	0,05
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,81	0,21	23,1	0,38	0,03	0,81	0,04	0,01	0,00

PROSJEKT:	Filipstad
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	1 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	35,2
Kadmium	0,5
Kvikksølv	0,6
Sum PAH-16	2,2
Sum PCB-7	0,0
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0

PROSJEKT:	Frognerkilen									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Frogn 1	Frogn 2	Frogn 3	Frogn 6	Frogn 8	Frogn
Tørrstoff (%)	3	38,0	37,7	1,0	38	37,5	37,6			
Bly	6	360,00	218,67	1,5	250,00	130,00	360,00	220,00	12,00	340,00
Kadmium	6	13,00	4,73	5,2	8,00	2,30	13,00	2,20	0,19	2,70
Nikkel	6	20,00	8,47	2,8	11,00	3,30	20,00	3,40	0,12	13,00
Sum PAH-16	6	18,00	9,18	1,9	12,00	2,20	14,00	7,10	1,8	18,00
Sum PCB-7	6	0,74	0,30	3,3	0,37	0,08	0,74	0,04	0,01	0,54
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,75	0,27	3,6	0,34	0,75	0,17	0,11	0,01	0,25

PROSJEKT:	Frognerkilen
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	29 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	1 004,4
Kadmium	21,7
Nikkel	38,9
Sum PAH-16	42,2
Sum PCB-7	1,4
Tributyltinn (TBT-ion)	1,2

PROSJEKT:	Bestumkilen		
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2008

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	112,7	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	112,7	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	109 000	Estimert ut ifra kart i sluttrapport
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,38	Gjennomsnittlig mektighet forurenset sediment

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Tiltak: Mudret 109 000 m².
Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Oslo Havn KF. Kartlegging av forurenset sediment i Oslo havn, tykkelse av slamsjikt. Fase II. 20051483-1. Desember 2005,2) 7. NIVA. Oslo Havnedistrikt - Prøvetaking i småbåthavner på badestrender. Kartlegging av forurenset sediment og kjemiske analyser. 2007
Vurdering av datagrunnlaget: Datasett gir en god oversikt over vertikal og horisontal utbredelse. Relativ homogen forurensningssituasjon for tungmetaller, større variasjoner for tungmetaller

PROSJEKT:	Bestumkilen										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Best 16	Best 17	Best 18	Best 19	Best 20	Best 21	Best3
Tørrstoff (%)	13	64,4	47,0	1,4	45,5	44,3	45,2	49,9	47,3	56,7	37,7
Bly	13	160,00	76,28	1,9	120,00	37,00	53,00	120,00	130,00	86,00	10,00
Kadmium	13	6,50	2,63	2,5	1,30	1,10	4,40	2,00	2,60	0,90	3,80
Kvikksølv	13	8,90	3,31	3,6	1,80	0,55	2,50	3,50	2,70	1,30	7,20
Sum PAH-16	13	32,00	4,79	13,3	2,30	1,00	2,40	3,70	3,80	0,88	32,00
Sum PCB-7	12	0,79	0,14	9,8	0,08	0,03	0,11	0,05	0,02	0,02	0,27
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,27	0,14	2,0	0,14	0,27	0,16	0,14	0,09	0,02	

PROSJEKT:						
Stoff						
	Best5	Best9	Best 10	Best 11	Best13	Best14
Tørrstoff (%)	44,4	36,7	49,8	45,6	64,4	43,7
Bly	11,00	12,00	9,70	150,00	93,00	160,00
Kadmium	0,83	6,50	2,70	3,20	0,54	4,30
Kvikksølv	2,10	8,90	1,40	6,60	0,83	3,60
Sum PAH-16	2,40	5,50	1,10	2,50	1,60	3,10
Sum PCB-7		0,79	0,09	0,08	0,03	0,15
Tributyltinn (TBT-ion)						

PROSJEKT:	Bestumkilen
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	109 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	1 829,5
Kadmium	63,0
Kvikksølv	79,3
Sum PAH-16	114,9
Sum PCB-7	3,4
Tributyltinn (TBT-ion)	3,1

PROSJEKT:	Kongshavn/Bekkelaget		
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2008

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	54,4	Berenget ut i fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Bløte sedimenter
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	54,4	Beregnet ut i fra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	29 000	Estimert fra kartgrunnlag i sluttrapport
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,6	Anslått mektighet forurenset lag

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Tiltak: Mudret 19 000 m² i Kongshavn og 10 000 på Bekkelaget.
Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Oslo Havn KF. Kartlegging av forurenset sediment i Oslo havn, tykkelse av slamsjikt. Fase II. 20051483-1. Desember 2005, 2)

Vurdering av datagrunnlaget: Blandprøve forurenset lag. Få prøvepunkter, og liten variasjon i prøvedata.

PROSJEKT:	Kongshavn/Bekkelaget									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Kong C3	Bekk C2	Prøve 3	Prøve 4	Prøve 5	Prøve 6
Tørrstoff (%)	2	68,0	64,8	1,1	68	61,5				
Bly	2	46,00	23,80	1,9	46,00	1,60				
Kadmium	2	1,10	0,74	1,5	0,38	1,10				
Kvikksølv	2	0,62	0,32	1,9	0,62	0,02				
Sum PAH-16	2	5,50	4,50	1,2	3,50	5,50				
Sum PCB-7	2	0,12	0,07	1,8	0,01	0,12				
Tributyltinn (TBT-ion)	2	0,02	0,02	1,1	0,02	0,02				

PROSJEKT:	Kongshavn/Bekkelaget
TILTAKSHAVER:	Oslo Havn
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	29 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2008

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	251,8
Kadmium	7,8
Kvikksølv	3,4
Sum PAH-16	47,6
Sum PCB-7	0,7
Tributyltinn (TBT-ion)	0,2

Vedlegg C – Grunnlag for beregning av nøkkelindikator for Kristiansandsfjorden

PROSJEKT:	Kongsgårdsbukta, Kristiansand		
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Tildekking ▼	AVSLUTTET ÅR:	2005 ▼

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Ant. ut fra opplysninger om sedimentenes tørrstoffinnhold og organisk innhold
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	100	Beregnet ut fra opplysninger om tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard		
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard		
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	30 000	Angitt i Multiconsults rapport nr. 311089/1
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,2	Tildekking under strandkantdeponi (+mudring <1.000 m ² foran ny kai)

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget	JA	NEI
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Rapport fra Sørlandskonsult as og Miljøteknik Bo Carlsson AB: "Kristiansand kommune, Kongsgårdsbukta. Miljøtekniske undersøkelser ved nedlagt avfallsplass. Trinn 2 - Kompletterende kartlegging og prinsipper for tiltak og utbygging i fjord", datert februar 1997. Prøver tatt i 1996, 2) Multiconsult-rapport 311089/1, datert 29. november 2009, "Pilotprosjekt Kristiansandsfjorden. Opprydding, miljøgifter i sedimenter. Sluttrapport for gjennomførte prosjekter".

Vurdering av datagrunnlaget: Ikke analysert på alle de prioriterte stoffene i alle prøvene. Ikke analysert for TBT. Der det ikke er påvist konsentrasjoner over deteksjonsgrensen er halvparten av deteksjonsgrensen brukt i beregningene og tallet er skrevet med rød skrift i kursiv. Det er opplyst at tørrstoffinnhold i indre deler av bukta varierer mellom 20-40%, mens det i ytre deler av området er på 50-70%. I beregningene er det tatt utgangspunkt i et gjennomsnittlig tørrstoffinnhold på 50%.

PROSJEKT:	Kongsgårdsbukta, Kristiansand										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	N0 0-5 cm	N0 10-15 cm	C0 0-5 cm	C0 5-10 cm	N2 0-5 cm	C2 0-5 cm	C2 5-10 cm
Tørrstoff (%)	1	50,0	50,0	1,0							
Bly	5	140,00	84,58	1,8	46,70		79,80		126,00		30,40
Kadmium	5	1,10	0,62	2,2	0,50		0,50		0,50		0,50
Kvikksølv	4	1,00	0,56	2,2	0,57		1,00				0,35
Sum PAH-16	8	6,00	2,20	4,8	1,20	1,00	1,90	1,30		6,00	0,50
Sum PCB-7	8	0,20	0,07	3,1	0,02	0,20	0,08	0,07		0,01	0,01

PROSJEKT:			
Stoff			
	N4-5 0-5 cm	St. 154 (1999)	Prøve 10
Tørrstoff (%)			50,0
Bly		140,00	
Kadmium		1,10	
Kvikksølv		0,34	
Sum PAH-16	1,00	4,70	
Sum PCB-7	0,06	0,08	

PROSJEKT:	Kongsgårdsbukta, Kristiansand
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Tildekking
TILTAKSAREAL (m²):	30 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2005

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	329,9
Kadmium	2,4
Kvikksølv	2,2
Sum PAH-16	8,6
Sum PCB-7	0,3

PROSJEKT:	Torsvika, Kristiansand. Delområde: mudring		
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2010

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 600	Multiconsult-rapport nr. 411326-5-1
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	104,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 600	Multiconsult-rapport nr. 411326-5-1
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	72,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	6 700	Del av tiltaksområdet i Torsvika der det ble mudret.
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,5	Ca. gjennomsnittlig mudringsdybde

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Datagrunnlag forurensningssituasjonen: Prøver tatt av NIVA, Asplan Viak og Multiconsult. Data hentet fra 1) Multiconsults rapport nr. 411326-5-1, datert 23. januar 2006, "Marvika marinebase, Kristiansand. Supplerende undersøkelser Marvika og Torsvika. Datarapport", 2) Multiconsult-notat 411326-5-01, datert 31. mars 2006, Søknad om tillatelse, 3) Prøver tatt under gjennomføring av tiltaket (prøvetakingsstasjon G1, G2 og G4, ikke publisert).

Vurdering av datagrunnlaget: Forurensningssituasjonen er relativt homogen.

PROSJEKT:	Torsvika, Kristiansand. Delområde: mudring										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Stasjon 2 0-10 cm	Stasjon 4 0-10 cm	PR.2 0-5 cm	PR.2 20-30 cm	Stasjon 1 0-10 cm	G1 0-10 cm	G1 10-20 cm
Tørrstoff (%)	4	54,6	49,0	1,1			48,10			44,30	
Bly	7	269,00	178,73	1,6	269,00	163,00	2,10		237,00	266,00	
Kadmium	7	3,66	1,96	2,3	3,39	1,62	0,17		3,66	2,30	
Kvikksølv	7	1,92	0,83	2,5	1,92	0,77	0,17		0,98	0,86	
Sum PAH-16	7	15,00	4,83	4,5	1,90	1,50	2,30		3,30	5,88	
Sum PCB-7	7	0,28	0,10	3,0	0,28	0,00	0,09		0,00	0,08	
Tributyltinn (TBT-ion)	4	0,14	0,08	1,6	0,14	0,02	0,06		0,12		

PROSJEKT:						
Stoff						
	G1 20-25 cm	G2 0-10 cm	G2 10-20 cm	G2 20-25 cm	G4 0-10 cm	G4 20-25 cm
Tørrstoff (%)		54,60			48,90	
Bly		146,00			168,00	
Kadmium		1,29			1,26	
Kvikksølv		0,47			0,66	
Sum PAH-16		3,92			15,00	
Sum PCB-7		0,13			0,10	
Tributyltinn (TBT-ion)						

PROSJEKT:	Torsvika, Kristiansand. Delområde: mudring										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	Stasjon 2 0-10 cm	Stasjon 4 0-10 cm	PR.2 0-5 cm	PR.2 20-30 cm	Stasjon 1 0-10 cm	G1 0-10 cm	G1 10-20 cm
Tørrstoff (%)	6	72,3	58,0	1,3				72,30			51,10
Bly	6,00	184,00	66,31	3,8				14,00			184,00
Kadmium	6,00	2,23	1,04	1,7				0,15			2,23
Kvikksølv	6,00	0,93	0,49	1,4				0,13			0,93
Sum PAH-16	6,00	15,20	4,96	3,9				0,62			7,99
Sum PCB-7	6,00	0,16	0,06	2,7				0,00			0,06
Tributyltinn (TBT-ion)	1,00	0,00	0,00	2,0				0,00			

PROSJEKT:						
Stoff	G1 20-25 cm	G2 0-10 cm	G2 10-20 cm	G2 20-25 cm	G4 0-10 cm	G4 20-25 cm
	Tørrstoff (%)	72,20		62,20	47,80	
Bly	11,70		124,00	81,60		48,90
Kadmium	0,30		1,55	1,76		1,32
Kvikksølv	0,10		0,82	0,77		0,66
Sum PAH-16	0,64		3,93	15,20		6,37
Sum PCB-7	0,00		0,16	0,12		0,10
Tributyltinn (TBT-ion)						

PROSJEKT:	Torsvika, Kristiansand. Delområde: mudring
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	6 700
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2010

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	259,2
Kadmium	3,6
Kvikksølv	1,7
Sum PAH-16	14,9
Sum PCB-7	0,2
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0

PROSJEKT:	Marvika/Torsvika. Delområde: utfylling		
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg/Kristiansand kommune		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Tildekking ▼	AVSLUTTET ÅR: 2010 ▼	

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 600	Multiconsult-rapport nr. 411326-5-1
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	83	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard		
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard		
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	8 350	Kommunens utfyllingsområde i Torsvika (Delvis inne på tiltaksområde Marvika)
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,2	

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Datagrunnlag forurensningssituasjonen: Prøver tatt av NIVA, Asplan Viak og Multiconsult. Data hentet fra 1) Multiconsults rapport nr. 411326-5-1, datert 23. januar 2006, "Marvika marinebase, Kristiansand. Supplerende undersøkelser Marvika og Torsvika. Datarapport", 2) Multiconsult-notat 411326-5-01, datert 31. mars 2006, Søknad om tillatelse, 3) Prøver tatt under gjennomføring av tiltaket (prøvetakingsstasjon G3, ikke publisert).

Vurdering av datagrunnlaget: Med unntak for PCB er forurensningssituasjonen relativt homogen.

PROSJEKT:	Marvika/Torsvika. Delområde: utfylling										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	S1-1 0-2 cm	S1-1 2-5 cm	S1-1 5-10 cm	S1-1 >10 cm	Stasjon 3 0-10 cm	Stasjon 4 0-10 cm	PR.4 0-5 cm
Tørrstoff (%)	5	67,6	54,7	1,2							40,00
Bly	8	163,00	71,88	2,7					59,20	163,00	96,00
Kadmium	8	1,62	0,71	2,0					0,79	1,62	0,93
Kvikksølv	8	0,82	0,51	1,5					0,24	0,77	0,82
Sum PAH-16	12	9,00	3,26	3,3	3,50	2,40	9,00	5,70	0,56	1,50	3,80
Sum PCB-7	12	0,54	0,09	18,3	0,01	0,15	0,18	0,54	0,02	0,00	0,11
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,05	0,03	1,4					0,05	0,02	0,04

PROSJEKT:					
Stoff					
	PR.4 20-30 cm	G3 0-10 cm	G3 10-20 cm	Stasjon 5 0-10 cm	PR.6 0-5 cm
Tørrstoff (%)	67,60	46,40	57,20		62,10
Bly	8,40	72,40	63,50	56,50	56,00
Kadmium	0,10	0,92	0,86	0,20	0,24
Kvikksølv	0,04	0,34	0,51	0,58	0,78
Sum PAH-16	4,70	3,12	1,47	0,98	2,40
Sum PCB-7	0,00	0,04	0,02	0,00	0,06
Tributyltinn (TBT-ion)	0,00			0,03	0,03

PROSJEKT:	Marvika/Torsvika. Delområde: utfylling
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg/Kristiansand kommune
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Tildekking
TILTAKSAREAL (m²):	8 350
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2010

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	104,9
Kadmium	1,0
Kvikksølv	0,7
Sum PAH-16	4,8
Sum PCB-7	0,1
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde: mudring		
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054		
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2010

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Multiconsult-rapport nr. 411326-5-1
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	60,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Multiconsult-rapport nr. 411326-5-1
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	62,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	52 400	Angitt i Multiconsults rapport nr. 411326-5 (minus området med steinfylling)
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,3	Gjennomsnittlig dybde første gangs mudring

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde: mudring										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	S1-2 0-2 cm	S1-2 2-5 cm	S1-3 0-2 cm	S1-3 2-5 cm	S1-4 0-2 cm	S1-4 2-5 cm	S1-6 0-2 cm
Tørrstoff (%)	3	76,3	62,5	1,3							
Bly	5	360,00	150,74	3,3							
Kadmium	5	0,54	0,31	1,8							
Kvikksølv	5	4,70	2,48	1,6							
Sum PAH-16	29	110,00	22,63	10,0	8,50	3,00	43,00	20,00	82,00	34,00	48,00
Sum PCB-7	29	2,92	0,33	16,6	0,06	0,07	0,20	0,20	1,22	0,27	0,30
Tributyltinn (TBT-ion)	6	1,20	0,67	1,7							0,05

PROSJEKT:										
Stoff										
	S1-6 2-5 cm	S1-7 0-2 cm	S1-7 2-5 cm	S1-8 0-2 cm	S1-8 2-5 cm	S1-9 0-2 cm	S1-9 2-5 cm	S1-10 0-2 cm	S1-10 2-5 cm	S1-11 0-2 cm
Tørrstoff (%)										
Bly										
Kadmium										
Kvikksølv										
Sum PAH-16	7,70	12,00	35,00	3,50	1,80	13,00	4,50	8,60	5,40	11,00
Sum PCB-7	0,20	0,18	0,36	0,03	0,03	0,15	0,09	0,45	0,59	0,04
Tributyltinn (TBT-ion)										

PROSJEKT:									
Stoff									
	S1-11 2-5 cm	S2-2 0-2 cm	S2-2 2-5 cm	S2-3 0-2 cm	S2-3 2-5 cm	S3-1 0-2 cm	S3-1 2-5 cm	PR.7 0-5 cm	PR.7 10-20 cm
	Tørrstoff (%)								51,50
Bly								110,00	
Kadmium								0,39	
Kvikksølv								3,00	
Sum PAH-16	9,10	110,00	84,00	8,60	13,00	2,90	3,40	11,00	
Sum PCB-7	0,23	0,02	0,72	0,05	0,09	0,01	0,12	0,58	
Tributyltinn (TBT-ion)								1,20	

PROSJEKT:					
Stoff					
	PR.8 0-5 cm	PR.10 0-5 cm	PR.11 0-5 cm		K03 0-2 cm
Tørrstoff (%)	76,30	59,70			
Bly	67,00	150,00	360,00		66,70
Kadmium	0,54	0,10	0,20		0,30
Kvikksølv	0,83	3,30	4,70		0,58
Sum PAH-16	2,10	20,00	23,00		28,03
Sum PCB-7	0,07	2,92	0,24		0,09
Tributyltinn (TBT-ion)	0,13	1,20	0,94		0,50

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde: mudring										
	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
Stoff	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	S1-2 0-2 cm	S1-2 2-5 cm	S1-3 0-2 cm	S1-3 2-5 cm	S1-4 0-2 cm	S1-4 2-5 cm	S1-6 0-2 cm
Tørrstoff (%)	1	61,6	61,6	1,0							
Bly	1,00	120,00	60,00	2,0							
Kadmium	1,00	0,42	0,21	2,0							
Kvikksølv	1,00	2,50	1,25	2,0							
Sum PAH-16	1,00	5,00	2,50	2,0							
Sum PCB-7	1,00	0,51	0,26	2,0							
Tributyltinn (TBT-ion)	1,00	0,15	0,08	2,0							

PROSJEKT:										
Stoff	S1-6 2-5 cm	S1-7 0-2 cm	S1-7 2-5 cm	S1-8 0-2 cm	S1-8 2-5 cm	S1-9 0-2 cm	S1-9 2-5 cm	S1-10 0-2 cm	S1-10 2-5 cm	S1-11 0-2 cm
	Tørrstoff (%)									
Bly										
Kadmium										
Kvikksølv										
Sum PAH-16										
Sum PCB-7										
Tributyltinn (TBT-ion)										

PROSJEKT:									
Stoff	S1-11 2-5 cm	S2-2 0-2 cm	S2-2 2-5 cm	S2-3 0-2 cm	S2-3 2-5 cm	S3-1 0-2 cm	S3-1 2-5 cm	PR.7 0-5 cm	PR.7 10-20 cm
Tørrstoff (%)									61,60
Bly									120,00
Kadmium									0,42
Kvikksølv									2,50
Sum PAH-16									5,00
Sum PCB-7									0,51
Tributyltinn (TBT-ion)									0,15

PROSJEKT:					
Stoff					
	PR.8 0-5 cm	PR.10 0-5 cm	PR.11 0-5 cm		K03 0-2 cm
Tørrstoff (%)					
Bly					
Kadmium					
Kvikksølv					
Sum PAH-16					
Sum PCB-7					
Tributyltinn (TBT-ion)					

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde: mudring
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	52 400
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2010

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	1 146,4
Kadmium	3,1
Kvikksølv	21,1
Sum PAH-16	117,4
Sum PCB-7	3,6
Tributyltinn (TBT-ion)	3,5

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde D, remudring		
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054		
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2010

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 200	Mudder/dynn
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	213,0	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 400	Mudder/dynn og organiskholdig silt
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	125,0	Beregnet fra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg

Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	4 089	Areal delområde D (innerst i Marvika) - Sluttrapport 411326-5-3 (Multiconsult)
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	1	Antatt gjennomsnittlig dybde, remudring

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde D, remudring										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	23/06 0-10 cm	23/06 20-34 cm	24/05 0-10 cm	24/05 30-40 cm	24/06 0-10 cm	25/05 0-10 cm	25/05 10-15 cm
Tørrstoff (%)	4	40,8	32,0	1,3	26,00		24,50		40,80	36,60	
Bly	4	460,00	343,50	1,3	376,00		460,00		188,00	350,00	
Kadmium	4	1,32	0,79	1,8	0,87		1,32		0,39	0,56	
Kvikksølv	4	1,92	1,29	1,6	1,00		1,92		0,90	1,34	
Sum PAH-16	4	7,60	5,95	1,1	7,25		7,60		2,74	6,20	
Sum PCB-7	4	0,80	0,32	4,0	0,25		0,80		0,07	0,15	

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde D, remudring										
	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
Stoff	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	23/06 0-10 cm	23/06 20-34 cm	24/05 0-10 cm	24/05 30-40 cm	24/06 0-10 cm	25/05 0-10 cm	25/05 10-15 cm
Tørrstoff (%)	3	50,7	44,4	1,2		41,30		41,10			50,70
Bly	3,00	936,00	313,25	5,9		936,00		279,00			38,00
Kadmium	3,00	1,50	0,93	1,4		1,40		1,50			0,82
Kvikksølv	3,00	3,00	1,80	1,4		2,00		3,00			2,20
Sum PAH-16	3,00	246,00	107,08	2,7		246,00		21,30			161,00
Sum PCB-7	3,00	0,22	0,07	11,8		0,04		0,22			0,00

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Delområde D, remudring
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	4 089
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2010

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	771,1
Kadmium	2,3
Kvikksølv	4,3
Sum PAH-16	246,1
Sum PCB-7	0,2

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Remudring, delområde E/F		
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054		
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2010

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 900	Sand og grus
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	80,0	Beregnet ut fra tørrstoffinnhold
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 900	Sand og grus
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	44,0	Beregnet ut fra tørrstoffinnhold
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	18 000	Areal delområde E og F (foran Gleoddkaia - hot spot)
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,7	Antatt gjennomsnittlig dybde, remudring

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?	X		
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?	X		

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:
Området er et delområde der remudring måtte utføres pga høye konsentrasjoner av bl.a. PCB.

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Remudring, delområde E/F											
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg)							
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	23/08	23/08	23/09	23/10	23/10	23/11	23/11	23/12
					0-10 cm	20-30 cm	0-10 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	20-30 cm	0-10 cm
Tørrstoff (%)	30	82,8	55,5	1,5	46,80		44,80	59,00		42,40		68,60
Bly	20	3 850,00	517,26	36,2	1 360,00			202,00				19,60
Kadmium	20	15,60	1,71	49,5	1,73			0,40				0,05
Kvikksølv	20	29,20	5,63	19,5	10,80			1,57				0,10
Sum PAH-16	20	143,00	29,76	15,3	143,00			18,50				4,26
Sum PCB-7	30	3,00	0,71	6,2	0,62		0,60	0,18		0,73		0,08

PROSJEKT:											
Stoff											
	23/14 0-10 cm	23,5/11 0-10 cm	23,5/11 20-30 cm	23,5/12 0-10 cm	23,5/12 20-30 cm	23,5/13 0-10 cm	23,5/14 0-10 cm	23,5/14 20-30 cm	24/08 0-10 cm	24/08 15-20 cm	24/10 0-10 cm
Tørrstoff (%)	65,00	45,30		58,60		51,20	61,00		38,20		35,00
Bly	40,80								1 640,00		81,00
Kadmium	0,14								7,97		1,39
Kvikksølv	0,40								7,68		16,20
Sum PAH-16	4,32								26,50		93,00
Sum PCB-7	0,10	0,54		0,95		0,56	0,34		0,30		0,75

PROSJEKT:											
Stoff											
	24/10 20-34 cm	24/11 0-10 cm	24/11 20-30 cm	24/12 0-10 cm	24/12 30-40 cm	24/13 0-10 cm	24/13 20-28 cm	24/14 0-10 cm	24/15 0-10 cm	24/15 20-30 cm	24/16 0-10 cm
Tørrstoff (%)		34,80	73,40	54,20		53,30		80,60	72,60		59,60
Bly				353,00		91,80		28,60	55,20		96,00
Kadmium				0,51		0,30		0,05	0,05		0,08
Kvikksølv				29,20		1,78		0,10	0,48		0,51
Sum PAH-16				7,75		64,80		9,07	2,77		50,20
Sum PCB-7		1,17	0,00	1,97		0,45		0,17	0,13		0,44

PROSJEKT:											
Stoff											
	24/16 20-30 cm	25/07 0-10 cm	25/07 10-19 cm	25/09 0-10 cm	25/10 0-10 cm	25/10 20-30 cm	25/11 0-10 cm	25/11 20-30 cm	25/12 0-10 cm	25/12 20-30 cm	25/13 0-10 cm
Tørrstoff (%)		43,40		69,10	42,30		38,50		36,30		43,50
Bly		170,00		1500,00			400,00				3850,00
Kadmium		0,33		0,43			3,40				15,60
Kvikksølv		0,41		1,42			25,00				8,85
Sum PAH-16		1,26		6,42			81,00				49,90
Sum PCB-7		0,10		0,06	1,47		3,00		1,77		0,42

PROSJEKT:									
Stoff									
	25/13 30-40 cm	25/14 0-10 cm	25/14 20-30 cm	25/15 0-10 cm	25/16 0-10 cm	25/16 10-20 cm	25/17 0-10 cm	25,5/15 0-10 cm	25,5/15 10-20 cm
Tørrstoff (%)		82,80		75,50	44,30		64,40	81,90	
Bly		117,00		38,50	210,00		64,30	27,40	
Kadmium		0,05		1,52	0,06		0,05	0,05	
Kvikksølv		2,58		1,03	2,98		1,35	0,20	
Sum PAH-16		1,59		9,66	7,21		12,70	1,23	
Sum PCB-7		0,20		2,88	0,51		0,62	0,14	

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Remudring, delområde E/F											
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg)							
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	23/08 0-10 cm	23/08 20-30 cm	23/09 0-10 cm	23/10 0-10 cm	23/10 10-20 cm	23/11 0-10 cm	23/11 20-30 cm	23/12 0-10 cm
Tørrstoff (%)	20	83,0	69,4	1,1		77,40			65,20		66,60	
Bly	13,00	2 220,00	363,42	47,1		2 050,00			296,00			
Kadmium	13,00	1,20	0,34	4,8		0,42			0,65			
Kvikksølv	13,00	9,10	1,31	20,7		0,58			2,60			
Sum PAH-16	13,00	68,80	8,37	20,9		3,06			9,81			
Sum PCB-7	21,00	1,72	0,13	41,3		0,01			0,17		0,05	

PROSJEKT:											
Stoff	23/14 0-10 cm	23,5/11 0-10 cm	23,5/11 20-30 cm	23,5/12 0-10 cm	23,5/12 20-30 cm	23,5/13 0-10 cm	23,5/14 0-10 cm	23,5/14 20-30 cm	24/08 0-10 cm	24/08 15-20 cm	24/10 0-10 cm
Tørrstoff (%)			74,60		83,00			7,90		56,10	
Bly										2 220,00	
Kadmium										1,20	
Kvikksølv										9,10	
Sum PAH-16										68,80	
Sum PCB-7			0,05		0,01			0,08		0,10	

PROSJEKT:											
Stoff	24/10 20-34 cm	24/11 0-10 cm	24/11 20-30 cm	24/12 0-10 cm	24/12 30-40 cm	24/13 0-10 cm	24/13 20-28 cm	24/14 0-10 cm	24/15 0-10 cm	24/15 20-30 cm	24/16 0-10 cm
Tørrstoff (%)	75,50		73,40		81,20		81,30			76,70	
Bly	144,00				2,80		9,10			35,40	
Kadmium	0,25				0,16		0,21			0,05	
Kvikksølv	0,91				0,05		0,05			0,23	
Sum PAH-16	3,55				0,02		0,11			0,68	
Sum PCB-7	0,06		0,00		0,00		0,00			0,04	

PROSJEKT:											
Stoff	24/16 20-30 cm	25/07 0-10 cm	25/07 10-19 cm	25/09 0-10 cm	25/10 0-10 cm	25/10 20-30 cm	25/11 0-10 cm	25/11 20-30 cm	25/12 0-10 cm	25/12 20-30 cm	25/13 0-10 cm
Tørrstoff (%)			61,00			74,10		76,70		41,90	
Bly			20,00					5,90			
Kadmium			0,80					0,33			
Kvikksølv			1,60					0,05			
Sum PAH-16			4,67					0,15			
Sum PCB-7	0,01		0,06			0,01		0,00		1,72	

PROSJEKT:									
Stoff	25/13	25/14	25/14	25/15	25/16	25/16	25/17	25,5/15	25,5/15
	30-40 cm	0-10 cm	20-30 cm	0-10 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	0-10 cm	10-20 cm
Tørrstoff (%)	82,40		77,70			73,50			82,00
Bly	6,10		58,80			68,80			171,00
Kadmium	0,31		0,25			0,05			0,05
Kvikksølv	0,05		0,62			2,20			0,30
Sum PAH-16	0,03		17,50			5,37			3,51
Sum PCB-7	0,00		0,28			0,11			0,14

PROSJEKT:	Marvika, Kristiansand. Remudring, delområde E/F
TILTAKSHAVER:	Forsvarsbygg
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	1001 054
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	18 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2010

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	6 161,5
Kadmium	8,1
Kvikksølv	29,4
Sum PAH-16	175,9
Sum PCB-7	3,2

PROSJEKT:	Hannevika		
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Tildekking ▼	AVSLUTTET ÅR:	2004 ▼

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 300	Fra SFT-rapport TA-1864/2002, vedlegg 3
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	344	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard		
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard		
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	342 000	Angitt i Multiconsults rapport nr. 311089/1
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,2	

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. Niva 2001.
Informasjon om sedimentenes romvekt er hentet fra SFT-rapport TA-1864/2002, "Risikovurderinger knyttet til forurensning av sedimenter: Med fokus på Kristiansandsfjorden", (utarbeidet av NIVA).

Vurdering av datagrunnlaget: Svært lite data, kun 4 analyser fra laget 0-2 cm. Av de prioriterte stoffene er det bare analysert på PCB og PAH. Homogene forhold.

PROSJEKT:	Hannevika									
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)					
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	40 (0-2 cm)	42 (0-2 cm)	43 (0-2 cm)	45 (0-2 cm)	Prøve 5	Prøve 6
Tørrstoff (%)	4	28,2	22,6	1,3	28,20	21,80	18,70	21,50		
Sum PAH-16	4	9,76	8,30	1,1	9,34	9,76	7,82	6,28		
Sum PCB-7	4	0,03	0,02	1,1	0,02	0,03	0,01	0,03		

PROSJEKT:	Hannevika
TILTAKSHAVER:	Kristiansand kommune
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Tildekking
TILTAKSAREAL (m²):	342 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2004

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Sum PAH-16	166,2
Sum PCB-7	0,5

PROSJEKT:	Gravaneakanalen		
TILTAKSHAVER:	Kilden TKS		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2006

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 200	Gytjebunn
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	125,0	Beregnet fra middelverdi tørrstoff
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 200	Gytjebunn
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	102,0	Beregnet fra middelverdi tørrstoff
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg

Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	3 400	Angitt i Multiconsults sluttraport
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	1,9	Beregnet ut ifra oppgitt volum mudret (6660 kubikk) og areal tiltaksareal

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Datagrunnlag: Sedimentprøvene besto i de øverste 10 – 40 cm av sort silt (ikke i SP8). Typisk for dette toppsjiktet var at det inneholdt trådliknende fibere og ingen tegn til levende organismer. Relativt homogene konsentrasjoner med unntak av for PAH i topplag (0-2 cm). Derunder var det grå gytje med overgang til grå leire i varierende dybde 50 – 180 cm (Kilde, Multiconsults rapport 310888-2)

PROSJEKT:	Gravane kanalen										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	SP1(0-2)	SP3(0-2)	SP4(0-2)	SP5 (0-2)	SP8 (0-2)	SP9 (15-30)	SP9 (50-80)
Tørrstoff (%)	6	56,9	44,4	1,3	37,70	35,30	37,10	51,20	48,10		
Bly	6	160,00	114,00	1,2	130,00	130,00	130,00	160,00	34,00		
Kadmium	6	0,35	0,32	1,0	0,32	0,34	0,35	0,35	0,21		
Kvikksølv	6	1,30	0,87	1,6	1,10	0,65	1,00	1,30	0,64		
Sum PAH-16	6	70,00	31,42	2,9	40,00	26,00	70,00	21,00	8,50		
Sum PCB-7	6	0,07	0,04	1,9	0,01	0,03	0,04	0,06	0,00		
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,87	0,43	2,3	0,52	0,87	0,75	0,24	0,05		

PROSJEKT:						
Stoff						
	SP10 (15-30)	SP10 (50-80)	SP11(5-10)	SP11(15-30)	SP11(50-80)	SP12+13(0-2)
Tørrstoff (%)						56,90
Bly						100,00
Kadmium						0,33
Kvikksølv						0,50
Sum PAH-16						23,00
Sum PCB-7						0,07
Tributyltinn (TBT-ion)						0,15

PROSJEKT:	Gravaneakanalen										
	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
Stoff	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	SP1(0-2)	SP3(0-2)	SP4(0-2)	SP5 (0-2)	SP8 (0-2)	SP9 (15-30)	SP9 (50-80)
Tørrstoff (%)	7	70,1	49,5	1,5						45,40	70,10
Bly	7,00	320,00	151,09	2,3						260,00	9,70
Kadmium	7,00	1,60	0,74	2,1						0,64	0,07
Kvikksølv	7,00	2,70	1,25	3,0						1,30	0,03
Sum PAH-16	7,00	160,00	42,04	5,9						22,00	3,30
Sum PCB-7	7,00	0,26	0,06	12,4						0,26	0,01
Tributyltinn (TBT-ion)	7,00	0,15	0,03	150,0						0,15	0,00

PROSJEKT:						
Stoff	SP10 (15-30)	SP10 (50-80)	SP11(5-10)	SP11(15-30)	SP11(50-80)	SP12+13(0-2)
	Tørrstoff (%)	45,70	49,40	42,90	43,70	49,40
Bly	320,00	86,00	260,00	190,00	83,00	
Kadmium	1,60	1,10	0,75	1,00	0,75	
Kvikksølv	2,6	0,28	2,60	2,70	0,53	
Sum PAH-16	160,00	28,00	26,00	57,00	40,00	
Sum PCB-7	0,03	0,00	0,14	0,033	0,00	
Tributyltinn (TBT-ion)	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	

PROSJEKT:	Gravanekanalen
TILTAKSHAVER:	Kilden TKS
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	3 400
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2006

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	570,0
Kadmium	2,7
Kvikksølv	4,7
Sum PAH-16	158,5
Sum PCB-7	0,2
Tributyltinn (TBT-ion)	0,2

PROSJEKT:	Auglandsbukta, Kristiansand		
TILTAKSHAVER:	Kristiansand havnevesen		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2007

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 200	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838/2
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	233,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 200	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838/2
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	208,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	45 000	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838/2
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,3	0,3 m miljømudring i hht. Multiconsult-rapport nr. 311030-2

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget			
	JA	NEI	
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x	
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x	

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

PROSJEKT:	Auglandsbukta, Kristiansand										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	PR. 1 0-5 cm	PR. 4 0-3 cm	PR. 6 0-5 cm	PR.9 0-5 cm	PR10 0-5 cm	St. 13	PR. 11 0-5 cm
Tørrstoff (%)	11	45,8	30,0	1,7	45,80	26,20	34,90	25,60	26,90	27,00	25,90
Bly	14	170,00	83,55	2,2	52,00	110,00	55,00	68,00	9,70	89,00	96,00
Kadmium	14	2,20	0,91	2,5	0,44	0,61	0,92	2,20	0,63	0,85	0,93
Kvikksølv	14	1,10	0,59	1,9	0,08	1,10	0,46	0,70	0,02	0,89	0,97
Sum PAH-16	10	260,00	53,93	22,6	2,00	5,70	13,00	7,80	200,00	10,00	5,80
Sum PCB-7	11	0,09	0,04	2,4	0,01	0,09	0,02	0,01	0,01	0,04	0,08
Tributyltinn (TBT-ion)	11	21,00	2,32	51,2	0,08	1,40	0,53	0,13	0,00	0,24	0,81

PROSJEKT:										
Stoff										
	PR. 13 0-5 cm	PR.18 0-5 cm	PR. 19 0-5 cm	PR.20 0-5 cm	PR.9 25-35 cm	PR.2 15-25 cm	PR.2 25-35 cm	PR.4 15-25 cm	PR.8 10-20 cm	PR.10 10-20 cm
Tørrstoff (%)	33,20	28,30	28,90	27,50						
Bly	56,00	110,00	170,00	120,00						
Kadmium	0,63	0,67	0,93	0,76						
Kvikksølv	0,17	0,64	0,38	0,95						
Sum PAH-16	6.300	14,00	260,00	21,00						
Sum PCB-7	0,04	0,05	0,04	0,06						
Tributyltinn (TBT-ion)	0,28	0,63	0,41	21,00						

PROSJEKT:						
Stoff						
	PR.13 5-15 cm	PR.18 15-25 cm	St. 25	St. 26	St. 27	St. 28
Tørrstoff (%)						
Bly				120,00	47,00	67,00
Kadmium				1,10	1,00	1,00
Kvikksølv				0,93	0,52	0,43
Sum PAH-16						
Sum PCB-7						
Tributyltinn (TBT-ion)						

PROSJEKT:	Auglandsbukta, Kristiansand											
	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)							
Stoff	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	PR. 1 0-5 cm	PR. 4 0-3 cm	PR. 6 0-5 cm	PR.9 0-5 cm	PR10 0-5 cm	St. 13	PR. 11 0-5 cm	
Tørrstoff (%)	8	43,1	32,5	1,5								
Bly	8,00	150,00	45,41	6,8								
Kadmium	7,00	1,70	0,85	2,3								
Kvikksølv	8,00	0,81	0,23	6,2								
Sum PAH-16	8,00	10,00	2,82	10,0								
Sum PCB-7	8,00	0,07	0,02	21,1								
Tributyltinn (TBT-ion)	8,00	0,73	0,21	45,6								

PROSJEKT:										
Stoff	PR. 13 0-5 cm	PR.18 0-5 cm	PR. 19 0-5 cm	PR.20 0-5 cm	PR.9 25-35 cm	PR.2 15-25 cm	PR.2 25-35 cm	PR.4 15-25 cm	PR.8 10-20 cm	PR.10 10-20 cm
Tørrstoff (%)					26,90	38,90	40,60	29,10	28,44	29,00
Bly					9,70	150,00	130,00	20,00	11,00	22,00
Kadmium					0,63	1,70	1,30	1,20	0,67	0,,9
Kvikksølv					0,02	0,51	0,81	0,13	0,07	0,14
Sum PAH-16					0,10	7,20	10,00	1,00	0,10	2,90
Sum PCB-7					0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	0,02
Tributyltinn (TBT-ion)					0,00	0,59	0,73	0,01	0,02	0,02

PROSJEKT:						
Stoff	PR.13 5-15 cm	PR.18 15-25 cm	St. 25	St. 26	St. 27	St. 28
	Tørrstoff (%)	43,10	23,70			
Bly	39,00	27,00				
Kadmium	0,51	0,80				
Kvikksølv	0,26	0,10				
Sum PAH-16	3,70	0,34				
Sum PCB-7	0,03	0,00				
Tributyltinn (TBT-ion)	0,55	0,00				

PROSJEKT:	Auglandsbukta, Kristiansand
TILTAKSHAVER:	Kristiansand havnevesen
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	45 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2007

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	294,7
Kadmium	4,5
Kvikksølv	1,7
Sum PAH-16	97,3
Sum PCB-7	0,1
Tributyltinn (TBT-ion)	4,5

PROSJEKT:	Christianholm, Kristiansand		
TILTAKSHAVER:	Kristiansand havnevesen		
SAKSNUMMER MYNDIGHET:			
TILTAKSMETODE:	Mudring	AVSLUTTET ÅR:	2007

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Våt densitet til toppsedimentet, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 800	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838/2
Naturlig vanninnhold toppsediment, w [%]	ingen standard	66,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Våt densitet til sedimentet >0,1 m, ρ_{sed} [kg/m ³]	ingen standard	1 800	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838/2
Naturlig vanninnhold >0,1 m, w [%]	ingen standard	40,0	Beregnet ut fra gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i de analyserte prøvene
Korreksjonsfaktor	0,000001	0,000001	Konvertering fra mg til kg
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i tiltaksområdet, A_{sed} [m ²]	ingen standard	28 000	Angitt i Multiconsults rapport nr. 310838-02
Mektighet topplag, [m]	0,1	0,1	
Mudret dybde/Tiltaksdybde ved tildekking*, D [m]	0,2	0,7	0,7 m miljømudring i hht. Multiconsult-rapport nr. 311030-2

* = Hele tiltaksdybden legges inn uavhengig av mektigheten av topplaget.
Standardverdi ved tildekking er satt til 0,2 m. For tiltak der det er gjennomført miljømudring brukes den faktiske mudringsdybden (gjennomsnitt).

Kort beskrivelse av type sediment og vurdering av datagrunnlaget	JA	NEI
Er det noen stoff som bare forekommer i begrensede deler av tiltaksarealet?		x
Er det noen prøver som skiller seg klart ut fra de resterende med hensyn på stoffkonsentrasjon eller materialtype?		x

Hvis **ja**, gi en begrunnet vurdering av behovet for stoffmengdeberegninger for delarealer:

Eventuelle øvrige merknader til type sediment, datagrunnlag etc.:

Data om forurensningssituasjonen før tiltak hentet fra: 1) Multiconsult-rapport 310838/02, datert 28. november 2005, "Mudring av tre småbåthavner. Auglandsbukta, Christianholm og Justvik. Miljøtekniske undersøkelser", 2) Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. Niva 2001., 3) Multiconsult-rapport nr. 311030-2, datert 7. desember 2007, "Mudring av tre småbåthavner. Teknisk sluttrapport".

Vurdering av datagrunnlaget: Med et lite unntak for PAH er det påvist svært inhomogen forurensning. Størst forskjeller i homogenitet for TBT. Der det ikke er påvist konsentrasjoner over deteksjonsgrensen er halvparten av deteksjonsgrensen brukt i beregningene og tallet er skrevet med rød skrift i kursiv. Relativt homogene bunnsedimenter (Sand).

PROSJEKT:	Christianholm, Kristiansand										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	PR.1 0-5 cm	PR.4 0-5 cm	PR. 9 0-5 cm	PR 10 0-10 cm	PR. 14 0-5 cm	PR.4 20-30 cm	PR. 9 30-40 cm
Tørrstoff (%)	5	75,5	60,2	1,2	32,30	55,50	74,70	62,80	75,50		
Bly	5	350,00	112,00	5,7	350,00	110,00	25,00	61,00	14,00		
Kadmium	5	0,87	0,31	5,4	0,87	0,40	0,07	0,16	0,04		
Kvikksølv	5	5,30	1,77	5,6	5,30	2,00	0,44	0,94	0,19		
Sum PAH-16	5	56,00	28,90	2,2	56,00	23,00	2,50	38,00	25,00		
Sum PCB-7	5	0,22	0,06	8,0	0,22	0,03	0,01	0,03	0,03		
Tributyltinn (TBT-ion)	5	1,40	0,33	18,7	1,40	0,08	0,06	0,08	0,03		

PROSJEKT:	
Stoff	
	PR. 9 40-50 cm
Tørrstoff (%)	
Bly	
Kadmium	
Kvikksølv	
Sum PAH-16	
Sum PCB-7	
Tributyltinn (TBT-ion)	

PROSJEKT:	Christianholm, Kristiansand										
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C_{sed} (mg/kg)						
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	PR.1 0-5 cm	PR.4 0-5 cm	PR. 9 0-5 cm	PR 10 0-10 cm	PR. 14 0-5 cm	PR.4 20-30 cm	PR. 9 30-40 cm
Tørrstoff (%)	3	80,3	71,5	1,0						55,50	78,80
Bly	3,00	64,00	23,75	4,1						64,00	18,00
Kadmium	3,00	0,29	0,10	6,3						0,29	0,03
Kvikksølv	3,00	0,65	0,27	3,1						0,65	0,27
Sum PAH-16	3,00	34,00	13,28	3,6						34,00	4,10
Sum PCB-7	3,00	0,14	0,04	17,9						0,01	0,00
Tributyltinn (TBT-ion)	3,00	0,03	0,01	2,4						0,03	0,01

PROSJEKT:	
Stoff	
	PR. 9 40-50 cm
Tørrstoff (%)	80,30
Bly	13,00
Kadmium	0,06
Kvikksølv	0,15
Sum PAH-16	15,00
Sum PCB-7	0,14
Tributyltinn (TBT-ion)	0,01

PROSJEKT:	Christianholm, Kristiansand
TILTAKSHAVER:	Kristiansand havnevesen
SAKSNUMMER MYNDIGHET:	
TILTAKSMETODE:	Mudring
TILTAKSAREAL (m²):	28 000
TILTAK AVSLUTTET ÅR:	2007

Stoff	Beregnet mengde fjernet [kg]
Bly	853,0
Kadmium	3,0
Kvikksølv	11,1
Sum PAH-16	374,5
Sum PCB-7	1,0
Tributyltinn (TBT-ion)	1,2

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljødirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.