TEKNISK RAPPORT

TILTAKSANALYSE FOR OPPRYDDING I FORURENSEDE SEDIMENTER I KRISTIANSANDSFJORDEN

RAPPORT NR. 2001-0807

REVISJON NR. 01

30.11.01

DET NORSKE VERITAS

DET NORSKE VERITAS

TEKNISK RAPPORT

Dato for første utgivelse: 2001-11-30	Prosjekt nr.: 59000398
Godkjent av: Christian L. S. Rafn Avdelingsleder	Organisasjonsenhet: Miljørådgivning
Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen	Oppdragsgiver ref.: Dag Petter Sødal

DET NORSKE VERITAS
REGION NORGE AS

Miljørådgivning

Veritasveien 1,
1322 HØVIK, Norge
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
http://www.dnv.com
Org. No: NO 945 748 931 MVA

Sammendrag:

DNV har på oppdrag av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder utført en tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden.

Rapporten inneholder følgende hovedpunkter:

- Vurdering og kort oppsummering av grunnlagsmaterialet.
- Lokaliteter i Kristiansandsfjorden hvor det er behov for en nærmere tiltaksvurdering.
- Kilder til forurensning i Kristiansandsfjorden.
- Ambisjonsnivåer for tiltak for å forbedre situasjonen i Kristiansandsfjorden.
- Vurdering av Ambisjonsnivå 0 ”nullalternativet”.
- Vurdering av Ambisjonsnivå 1 ”forhindre spredning av forurensningen” og Ambisjonsnivå 2 ”oppheve kostholdsråd”. Rangering av de utvalgte lokalitetene for Ambisjonsnivå 1 og 2. Rangeringen brukes til vurdering av om tiltak må utføres og vurdering av forventet miljøgevinst.
- Vurdering av Ambisjonsnivå 3 ”ingen økologisk effekt”.
- Oppryddingsmetoder for forurensede sedimenter Kristiansandsfjorden.
- Oppryddingsmetoder for de utvalgte lokalitetene i Kristiansandsfjorden. Alternative tiltak for de utvalgte lokalitetene vurderes og kostnadsberegnes.
- Konklusjon – anbefalt totalløsning for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden.

Rapport nr.: 59000398	Emnegruppe: Forurenset sediment	
Rapporttittel: Tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden		
Utført av: Jens Laugesen, Thomas Møskeland, Axel Kelley og Tor Jensen		
Verifisert av: Jan August Myhrstad		
Dato for denne revisjon: 2001-11-30	Rev. nr.: 01	Antall sider: 102 + appendiks

Indekseringstermer

Tiltaksanalyse, opprydding, forurensede sedimenter, Kristiansandsfjorden, deponiløsninger

☒ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år

☐ Strengt konfidensiell

☐ Fri distribusjon

Innholdsfortegnelse *Side*

1 SAMMENDRAG 1

2 INNLEDNING 5

3 VURDERING OG KORT OPPSUMMERING AV GRUNNLAGSMATERIALET 6

4 VALG AV LOKALITETER I KRISTIANSANDSFJORDEN HVOR DET ER BEHOV FOR EN NÆRMERE TILTAKSVURDERING 8
4.1 Vurdering av lokaliteter 8
4.2 Valgte lokaliteter hvor det utføres en nærmere tiltaksvurdering 12

5 KILDER TIL FORURENSNING I KRISTIANSANDSFJORDEN 13
5.1 Aktive kilder 13
5.1.1 Falconbridge Nikkelverk 13
5.1.2 Elkem 14
5.1.3 Marvika 14
5.1.4 Kongsgårdbukta 14
5.1.5 Diverse utslipp fra Kristiansand by 15
5.1.6 Småbåthavner 15
5.1.7 Oppvirvling fra skipstrafikk av eksisterende forurensede sedimenter 15
5.1.8 Oppankring av skip i Kristiansandsfjorden 15

6 AMBISJONSNIVÅER FOR KRISTIANSANDSFJORDEN 17

7 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 0 (”NULL-ALTERNATIV” - INGEN TILTAK) 18
7.1 Påvirkning av sedimentasjon 18
7.2 Samlet vurdering av null-alternativ 19

8 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 1 OG 2 20
8.1 Ambisjonsnivå 1 21
8.1.1 Modell for å vurdere spredning 21
8.1.2 Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 1 23
8.2 Ambisjonsnivå 2 25
8.2.1 Generelt om vurdering av kostholdsråd i Kristiansandsfjorden 25
8.2.2 Modell for kostholdsrådsvurderinger (Ambisjonsnivå 2) 29
8.2.3 Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 2 31
8.3 Rangering av miljøgevinst ved gjennomføring av tiltak 33

9 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 3 35

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10 OPPRYDDINGSMETODER FOR FORURENSEDE SEDIMENTER I KRISTIANSANDSFJORDEN 37
10.1 Tildekking med rene masser 39
10.2 Mudring og deponering 41
10.2.1 Deponeringsalternativer 42
10.2.1.1 Strandkantdeponi Kongsgårdbukta 42
10.2.1.2 Strandkantdeponi sammen med utfylling av sprengstein ved Vige 43
10.2.1.3 Deponering i fjellhaller ved Falconbridge 44
10.2.1.4 Andre deponiløsninger 44
10.2.2 Deponering og spesialavfallsforskriften 45

11 OPPRYDDINGSMETODER FOR DE UTVALGTE LOKALITETENE 46
11.1 Vurdering av størrelse på tiltaksareal for Ambisjonsnivå 1 46
11.2 Vurdering av størrelse på tiltaksareal for Ambisjonsnivå 2 46
11.3 Modell som er brukt for kostnadsberegning av tiltak 47
11.4 Kongsgårdbukta og Marvika 49
11.4.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter 49
11.4.2 Vurdering av oppryddingsmetoder i Kongsgårdbukta 53
11.4.3 Vurdering av oppryddingsmetoder i Marvika 56
11.4.4 Torsvika 59
11.5 Vestre havn, Hannevika og Fiskaabukta 61
11.5.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter 61
11.5.2 Vurdering av oppryddingsmetoder i Vestre havn 67
11.5.3 Vurdering av oppryddingsmetoder i Hannevika 69
11.5.4 Vurdering av oppryddingsmetoder i Fiskaabukta 75
11.6 Bredalsholmen 82
11.6.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter 82
11.6.2 Vurdering av oppryddingsmetoder ved Bredalsholmen 82
11.7 Sammenstilling av kostnader for opprydding 84

12 KONKLUSJON – ANBEFALT TOTALLØSNING 90
12.1 Kongsgårdbukta 91
12.2 Marvika 91
12.3 Vestre havn 92
12.4 Hannevika 92
12.5 Fiskaabukta 93
12.6 Bredalsholmen 94
12.7 Nytte/Kost vurdering av tiltak 95
12.8 Foreslått prioritering av tiltak 96
12.9 Merknader 97

13 REFERANSER 98

Appendiks A Oppsummering av det mottatte grunnlagsmaterialet

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Appendiks B Beregning av kostnader for tiltak i sedimenter
Appendiks C Beregningsgrunnlag for Ambisjonsnivå 1 og 2

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

1 SAMMENDRAG

I denne rapporten er det utført en tiltaksanalyse som vurderer behov for og prioritering av opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden.

Miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden

Tidligere utførte analyser av innhold av miljøgifter i sedimenter fra Kristiansandsfjorden, viser at sedimentene er til dels sterkt (tilstandsklasse IV) og meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V) i henhold til SFTs klassifisering.

Det er registrert sedimenter med svært høye konsentrasjoner av dioksiner/furaner, HCB (heksaklorbenzen), PAH, tungmetaller (nikkel) og høye konsentrasjoner av PCB i fjorden.

Noen områder utmerker seg spesielt:

- De svært høye konsentrasjonene av dioksiner/furaner, HCB og nikkel finnes i sedimentene i Hannevika. De kommer i all hovedsak fra over 30 års utslipp av prosessvann fra Falconbridge Nikkelverk. Fra Falconbridge er disse stoffene spredt i en sør til sørøstlig retning nedover mot og forbi Fiskaabukta.
- De svært høye konsentrasjonene av PAH i sedimenter er registrert rett utenfor kai ved Elkem i Fiskaabukta. Denne forurensningen kan med rimelig sikkerhet knyttes til åpen lossing av bek fra skip til Elkem i perioden 1925-1974. PAH er spredt i en sør til sørøstlig retning fra Elkem nedover mot Auglandsbukta og Bragdøya.
- Det er registrert høye konsentrasjoner av PCB i Marvikaområdet. Forurensningen antas hovedsakelig å komme fra virksomheten på marinebasen som nå skal nedlegges. Tilsvarende funn av PCB ved marinebaser i Norge er bl.a. gjort på Haakonsvern og i Ramsund.

For kostholdsråd for fisk og skalldyr er det spesielt de høye konsentrasjonene av PCB og dioksiner/furaner som har betydning.

Ambisjonsnivåer og tiltak

Totalt 17 lokaliteter i Kristiansandsfjorden har vært gjennomgått og vurdert med tanke på forurensning av sjøsedimentene. Tiltaksvurdering har vært utført for følgende 6 lokaliteter:

- Kongsgårdbukta
- Marvika
- Vestre havn
- Hannevika
- Fiskaabukta
- Bredalsholmen

I tillegg er Torsvika mellom Kongsgårdbukta og Marvika blitt underkastet en enklere vurdering.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Det er i denne rapporten utarbeidet fire ambisjonsnivåer for Kristiansandsfjorden:

Ambisjonsnivå 0: *Det foretas ikke noen tiltak i de forurensede sedimentene i Kristiansandsfjorden ("null-alternativet"). Eventuell forbedring av miljøtilstanden i sedimentene vil være avhengig av at det foregår en tildekking av de forurensede sedimentene som følge av sedimentasjon.*

Ambisjonsnivå 1: *De mest belastede (forurensede) arealene skal forbedres slik at ny spredning av miljøgifter til andre områder ikke forekommer. De tiltakene som iverksettes skal medføre at det på sikt er mulig å oppheve kostholdsrådene i alle områdene unntatt de mest belastede.*

Ambisjonsnivå 2: *Alle kostholdsråd for Kristiansandsfjorden skal kunne oppheves innen 10 år etter at tiltak for å nå dette målet er utført.*

Ambisjonsnivå 3: *Tilstanden i Kristiansandsfjorden skal forbedres slik at miljøgifter i fjorden ikke har noen økologiske effekter på biota (fisk, skalldyr, alger etc.).*

Det er foreslått to tiltaksalternativer:

- Mudring og deponering
- Tildekking

Vurderingene har gitt grunnlag for en rangering fra 1 til 6 av lokalitetene. De lokalitetene som har størst sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen har fått lavest tallverdi. Tilsvarende har de lokaliteter som har størst sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr fått lavest tallverdi. Resultatet fra vurderingen er følgende:

Lokalitet	**Ambisjonsnivå 1:** **Rangering av sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen**	**Ambisjonsnivå 2:** **Rangering av helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr**
Hannevika	1	1
Fiskaabukta	2	4
Marvika	3	2
Bredalsholmen	3	6
Kongsgårdbukta	5	3
Vestre havn	6	4

Som det fremgår av tabellen ovenfor rangeres Hannevika først både med henblikk på spredning og helserisiko (kostholdsråd). Med andre ord forventes størst miljøgevinst ved å utføre tiltak i Hannevika uansett om en velger Ambisjonsnivå 1 eller 2.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Kostnader for å utføre tiltak

Egnede saneringstiltak og kostnader er vurdert. Kostnader er basert på tilsvarende tiltak utført i Norge, eller - når slike tiltak ikke er utført i Norge - kostnader i utlandet.

Kostnader er beregnet for Ambisjonsnivå 1 og 2. Sanering for å oppheve kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2) er dyrest for de fleste lokalitetene. For å fordele tiltakskostnadene over tid har også innledende tiltak vært utredet og kostnadsberegnet.

Kostnader for opprydding – Beløp i millioner kr. (eks. avgifter)

Lokalitet	Innledende tiltak	Ambisjonsnivå 1	Ambisjonsnivå 2
Kongsgårdbukta	2*-7	2*-7	2*-4,3
Torsvika	4,3	4,3	-
Marvika	9,9-15,3	9,9-15,3	9,9-15,3
Vestre havn**	-	-	-
Hannevika	19,6-107	65-175	91-353
Fiskaabukta	12-29	64-81	86-108
Bredalsholmen**	-	-	-
Sum	**48-163**	**145-283**	**189-481**

* Kostnaden på 2 mill. kr. forutsetter at det kommer en kai som dekker området

** For Vestre havn og Bredalsholmen anbefales ikke opprydding

For at både Ambisjonsnivå 1 og 2 skal oppfylles så vil kostnaden ligge mellom 193 til 488 millioner kr. (rimeligste kombinasjon er 189 millioner. kr. for Ambisjonsnivå 2 + 4 millioner. kr. for Torsvika).

For de fleste lokaliteter er prisen oppgitt som et intervall. Dette gjenspeiler prisforskjellen mellom de to tiltaksalternativene. Det varierer om mudring og deponering eller tildekking er det rimeligste alternativet.

Opprydding basert på ”Innledende tiltak” slik det er vist i tabellen ovenfor innebærer mindre omfattende tiltak i Hannevika og Fiskaabukta enn hva gjennomføring for å innfri Ambisjonsnivå 1 eller 2 skulle tilsi. Innledende tiltak i Hannevika og Fiskaabukta vil med det rimeligste alternativet være basert på tildekking med sand fra Oddernestunnelen. Sand fra Oddernestunnelen er forutsatt levert uten kostnad og gir derfor en mye rimeligere løsning for tildekking enn hvis materiale for tildekking må kjøpes.

For de rimeligste alternativene for Ambisjonsnivå 1 og 2 er sand fra Oddernestunnelen planlagt brukt som tildekking i Hannevika. Her må det imidlertid også kjøpes inn ekstra sand da disse Ambisjonsnivå 1 og 2 forutsetter tildekking av større areal enn for ”Innnledende tiltak”.

Samlet areal hvor det er foreslått utført tiltak varierer avhengig av ambisjonsnivå. For det innledende tiltaket er tiltaksarealet ca. 395 daa. For Ambisjonsnivå 1 er tiltaksarealet 810 daa og for Ambisjonsnivå 2 er det 1.180 daa. For Ambisjonsnivå 3 er det utført et grovt overslag hvor

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

tiltaksarealet vurderes å være mange tusen daa. Oppryddingskostnaden er estimert til i størrelsesorden 1 milliard kr.

Hannevika og Fiskaabukta er de to lokalitetene som er desidert størst og mest kostbare å sanere. En enkel nytte/kost analyse viser at sanering av Hannevika koster mindre pr. m^2 enn Fiskaabukta. Videre er kostnaden pr. gram dioksin (TE) som saneres lavere for Hannevika enn for Fiskaabukta.

Foreslåtte innledende tiltak i Hannevika og Fiskaabukta oppfyller ikke Ambisjonsnivå 1 og 2. En vil imidlertid oppnå en betydelig reduksjon av miljøgifter i fisk i både Hannevika og Fiskaabukta. I Marvika og Kongsgårdbukta vil de innledende tiltakene være tilstrekkelige for å innfri både Ambisjonsnivå 1 og 2. Det understrekes at dette er teoretiske betraktninger da fisken i virkeligheten ikke er stasjonær. Bare fremtidige målinger som vil gi svar på hvor effektive tiltakene har vært.

For å oppfylle Ambisjonsnivå 3 (ingen økologiske effekter på biota) vil det kreves tiltak som strekker seg over flere km^2. Et meget grovt overslag antyder en kostnad for opprydding på 1 milliard kr.

Prioritering av tiltak

Prioriteringen av tiltak er basert på rangeringen av lokalitetene. I tillegg er det sett på mengde og utbredelse av forurensning.

Tiltak foreslås utført i følgende prioriterte rekkefølge:

1. Tildekking i Hannevika (innledende tiltak) med siltig sand fra Oddernestunnelen og med betongmadrasser nærmest kai, her inngår også fjerning av slam ved kai. Kostnad: 20 mill. kr.
2. Tildekking i Fiskaabukta (innledende tiltak) med siltig sand fra Oddernestunnelen og med betongmadrasser nærmest kai. Kostnad: 12 mill. kr.
3. Fjerne aktive kilder på land ved Marvika og Kongsgårdbukta (ikke areal- og kostnadsberegnet, da utbredelse av aktive kilder ikke er godt nok kjent.)
4. Tetting av spunt ved kai i Kongsgårdbukta og klargjøring for deponering av forurensede sedimenter. Kostnad: 2 mill. kr.
5. Mudring og deponering av forurensede sedimenter i Marvika. og Torsvika. Deponering innenfor spunt ved kai i Kongsgårdbukta. Kostnad: 10 + 4 = 14 mill. kr.

Samlet kostnad for de fem prioriterte tiltakene er 48 mill. kr.

Tiltaket i Fiskaabukta startes snarest etter at tiltaket i Hannevika er avsluttet (forutsatt at tiltaket i Hannevika er vellykket).

Tiltak 4 og 5 forutsetter at det blir bygget kai i Kongsgårdbukta slik det er planlagt.

Tiltakene bør følges av en periode med måling og overvåking for å vurdere tiltakenes effekt på henholdsvis spredning av forurensninger og fisk og skalldyrs innhold av miljøgifter. En slik overvåkingsperiode foreslås å være ca. 10 år fra de ovennevnte tiltakene er utført. Resultatene vil danne grunnlaget for en mer detaljert vurdering av ytterligere tiltak.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

2 INNLEDNING

DNV har på oppdrag av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder utført en tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden.

Oppdraget har vært delt i følgende deloppgaver:

- Vurdering og kort oppsummering av grunnlagsmaterialet. Eventuelt behov for supplering med data som anses absolutt nødvendig (kapittel 3).
- Lokaliteter i Kristiansandsfjorden hvor det er behov for en nærmere tiltaksvurdering (kapittel 4).
- Kilder til forurensning i Kristiansandsfjorden (kapittel 5).
- Ambisjonsnivåer for tiltak for å forbedre situasjonen i Kristiansandsfjorden (kapittel 6).
- Vurdering av Ambisjonsnivå 0 ”nullalternativet” (kapittel 7).
- Vurdering av Ambisjonsnivå 1 og 2 (kapittel 8). Rangering av de utvalgte lokalitetene. Dette gjelder både forhindring av spredning av forurensningen (kapittel 8.1) og oppheving av kostholdsrådet (kapittel 8.2). Rangeringen brukes i vurderingen av om tiltaket må utføres, og hvilken miljøgevinst en kan forvente fra tiltaket.
- Vurdering av Ambisjonsnivå 3 ”ingen økologisk effekt” (kapittel 9).
- Oppryddingsmetoder for forurensede sedimenter Kristiansandsfjorden (kapittel 10).
- Oppryddingsmetoder for de utvalgte lokalitetene i Kristiansandsfjorden. Alternative tiltak for de utvalgte lokalitetene vurderes og kostnadsberegnes (kapittel 11).
- Konklusjon – anbefalt totalløsning for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden (kapittel 12).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

3 VURDERING OG KORT OPPSUMMERING AV GRUNNLAGS-MATERIALET

Vurderingen og oppsummeringen av grunnlagsmaterialet er presentert i Appendiks A. Kristiansandsfjorden er delt opp i følgende deler (lokaliteter) hvor det er kjent eller mistanke om forurensning:

- Topdalselva og Topdalsfjorden innenfor Varoddbrua (E18)
- Kongsgårdbukta
- Marvika
- Otra
- Tangen
- Østre havn
- Vestre havn med jernbane- og verksted-områdene (spesielt området som ligger fra Lagmansholmen og innover)
- Hannevika ved nikkelverk
- Hannevika generelt
- Fiskaabukta
- Kjosbukta
- Andøya
- Bredalsholmen
- Øvrige områder i vest m/Flekkerøy
- Korsvikområdet og østover
- Byfjorden (det åpne fjordområdet i midten mellom Odderøya-Bragdøya-Flekkerøya og Lyngøya-Prestøya-Dvergsøya)
- Småbåthavner (inkl. Bertesbukta og Kuholmsbukta og Auglandsbukta)

På oversiktskart på følgende side er beliggenheten vist av de forskjellige delene i Kristiansandsfjorden.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

4 VALG AV LOKALITETER I KRISTIANSANDSFJORDEN HVOR DET ER BEHOV FOR EN NÆRMERE TILTAKSVURDERING

4.1 Vurdering av lokaliteter

De forskjellige lokalitetene er detaljert beskrevet i Appendiks A.

Nedenfor gis en kort sammenstilling av vurderingen av behov for tiltak for hver lokalitet.

Nr.	Lokalitet	Vurdering av behov for tiltak mot forurensede sedimenter
1.	Topdalselva og Topdalsfjorden innenfor Varoddbrua (E18)	Det er tatt få sedimentprøver i området. Det finnes flere mulige forurensningskilder i området. Imidlertid ligger analyserte sedimentprøver hovedsakelig i klasse I og II. Småbåthavn Justvik har TBT i klasse V, men dette er typisk for småbåthavner. Lokaliteten er nok noe forurenset lokalt, men helhetsbildet er at det er forholdsvis rent. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.
2.	Kongsgårdbukta	Det er tatt tilstrekkelig med sedimentprøver i Kongsgårdbukta. Det finnes flere mulige forurensningskilder i området. Hovedkilder antas å være et nedlagt garveri med utslipp via Prestebekken og en nedlagt avfallsfylling som ligger ut mot sjøen. Analyserte sedimentprøver viser at lokaliteten er kraftig forurenset av tungmetaller (spesielt krom) i dypere lag (20-30 cm) på enkelte stasjoner. I de øvre lag (0-5cm) ligger krom og de andre tungmetallene ca. i klasse II. PAH ligger i klasse II og PCB i klasse II-IV i de øvre lagene (0-15cm). En prøve fra dypere lag (25-30 cm) viser at PAH ligger i klasse III og PCB akkurat på grensen mellom klasse IV og V. Det er planer om å flytte hele eller deler av havnevirksomheten til strekningen Kongsgårdbukta-Vigebukta. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
3.	Marvika	Det er tatt tilstrekkelig med sedimentprøver i Marvika. Marinebasen som nå skal nedlegges og avfallsfyllingen på basen antas å være forurensningskilden i området. Analyserte sedimentprøver viser at lokaliteten delvis er kraftig forurenset av både organiske miljøgifter og tungmetaller (klasse III-V). Stasjonene på de grunnere områdene (0-25 m vanndybde) er spesielt belastet med tungmetaller i klasse I-III, Hg i klasse IV-V. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
4.	Otra	Det er ikke tatt sedimentprøver i utløpet av Otra. Imidlertid er det grove masser i selve elvemunningen. Otra har tidligere vært svært forurenset, men er i dag mye bedre. Forurensning fra Otra vil ligge lenger ut i fjorden. Tiltak i Otra eller ved selve utløpet vil derfor ha liten innvirkning på forurensningssituasjonen i fjorden. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Nr.	Lokalitet	Vurdering av behov for tiltak mot forurensede sedimenter
5.	Tangen	Det er tatt noen sedimentprøver på vestsiden av Tangen som er lite forurenset. På østsiden av Tangen ligger Otra. Grunnen på land ved Tangen antas imidlertid å være forholdsvis forurenset fra tidligere kommunal avfallsfylling, tidligere gassverk etc. Restriksjoner mot graving som kan medføre utlekking til sjø bør vurderes. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.
6.	Østre havn	Det er tatt noen sedimentprøver i Østre havn. Området er forholdsvis lite forurenset med unntak av PAH som ligger i klasse IV inne mot Nodeviga. Området har ellers flere potensielle forurensningskilder (båthavn/verksted i Nodeviga, marina/bensinstasjon, tidl. skipsverftsvirksomhet). **Konklusjon:** Ingen tiltak nå. (PAH i klasse IV ved Nodeviga bør følges opp).
7.	Vestre havn med jernbane- og verksted-områdene (spesielt området som ligger innenfor Lagmansholmen)	Det er tatt forholdsvis mange sedimentprøver i Vestre havn. Området er til dels forurenset av PAH og HCB (forurensningsgrad varierer fra klasse I til V). En prøve for HCB ligger i klasse V og en prøve for PAH ligger i klasse V (begge prøvene er tatt i mars 2001). I bukta rett innefor Lagmannsholmen er det for noen få år siden mudret slik at det her bare ligger igjen blåleire. Området har flere potensielle forurensningskilder (havnedrift, mekanisk verksted til KMV med skipsbygging og verft og NSBs virksomhet). Oppvirvling og spredning av sedimenter fra store passasjerfartøyer og hurtigbåter er et problem. Det er planer om å flytte hele eller deler av havnen til Kongsgårdbukta-Vigebukta. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
8.	Hannevika ved nikkelverk	Det er tatt forholdsvis mange sedimentprøver utenfor Falconbridge Nikkelverk. Området er meget sterkt forurenset av Ni, PAH, HCB og dioksiner/furaner. Det er til dels ekstremt høye nivåer av Ni, HCB og dioksiner/furaner (langt over klasse V). PCB ligger i klasse IV og V nærmest land. Falconbridge er hovedforurensningskilden. De har i henhold til sin rapportering til SFT registrerte utslipp av bl.a. dioksiner/furaner, HCB og nikkel. Utslippene har foregått over ca. 30 år og er redusert kraftig i de siste årene. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
9.	Hannevika generelt	Det er som nevnt ovenfor tatt forholdsvis mange sedimentprøver i Hannevika utenfor Falconbridge Nikkelverk som gir et bilde av forurensningssituasjonen generelt i Hannevika. Området er meget sterkt forurenset. Hovedforurensningskilden er Falconbridge. Andre mulige kilder som i mindre grad påvirker Hannevika kan f.eks. være mekanisk verksted, tankanlegg og drenering av overvann fra E18 og Vågsbygdveien.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Nr.	Lokalitet	Vurdering av behov for tiltak mot forurensede sedimenter
		Konklusjon: I den nærmere tiltaksvurdering som utføres inkluderes en vurdering av tiltak mot andre kilder.
10.	Fiskaabukta utenfor Elkem	Det er tatt forholdsvis mange sedimentprøver utenfor Elkem i Fiskaabukta. Området er meget sterkt forurenset av PAH og HCB (til dels langt over klasse V). Det er til dels også høye nivåer av PCB og Ni. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
11.	Kjosbukta	Det er tatt få sedimentprøver i Kjosbukta. En prøve inne i bukta viser at tungmetaller, PAH og PCB ligger klasse I og II, dvs. lite til moderat forurenset. Lekkasjer og overløp fra avfallsfylling lenger inn på land går via en bekk til Kjosbukta. Har imidlertid ikke påvirket Kjosbukta så langt. Nærmere Kjosbukta ligger bussgarasje m/gammelt verksted som kan ha påvirket Kjosbukta. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå. Forutsatt at tiltak utføres mot avfallsfyllingen.
12.	Andøya	Det er tatt noen sedimentprøver ved tidl. verftsområde med tørrdokk (Aker Maritime/Promeco). Sedimentprøvene viser at tungmetaller ligger i klasse I og II unntatt rett utenfor dokken hvor de lå i klasse III. PAH ligger klasse I-III og i klasse IV rett utenfor dokken. TBT ligger generelt i klasse V øverst i sedimentet. Lokaliteten er forurenset, men ikke så forurenset som tidl. verftsområder innimellom kan være. Har neppe stor påvirkning for fjorden som helhet. Imidlertid kan oppvirvling fra båttrafikk i de grunnere områdene rundt Andøya forårsake spredning av forurensede sedimenter. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå. Restriksjoner mhp. oppvirvling fra båttrafikk vurderes. Ev. se på opptak av TBT i blåskjell for å vurdere om TBT utgjør et problem lokalt.
13.	Bredalsholmen	Det er tatt noen sedimentprøver ved Veteranskipsverftet som er i bruk i dag. Sedimentprøvene viser at tungmetaller hovedsakelig ligger i klasse III til V. Høyest konsentrasjon er funnet utenfor dokkporten. PAH, PCB og TBT ligger i klasse IV og V nærmest verftet. Lokaliteten er forholdsvis sterkt forurenset nærmest verftet. **Konklusjon:** Nærmere tiltaksvurdering utføres.
14.	Øvrige områder i vest m/Flekkerøy	Det er tatt få sedimentprøver utover i fjorden. De prøver som er tatt antyder at konsentrasjonen av miljøgifter i sedimenter avtar utover i fjorden. Det er få virksomheter som kan medføre forurensning i området. Ved Kroodden ligger et tankanlegg. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Nr.	Lokalitet	Vurdering av behov for tiltak mot forurensede sedimenter
15.	Korsvikområdet og østover	Det er tatt få sedimentprøver i Korsvikområdet og østover. De få prøver som er tatt antyder at konsentrasjonen av miljøgifter er forholdsvis beskjeden (klasse II). Unntaket er en eldre prøve utenfor Dvergsøya hvor HCB lå i klasse V. Inne i Korsvikfjorden er blåskjell analysert ved marinaen. De hadde svært lavt innhold av PAH og B(a)P (klasse I). Innholdet av TBT i blåskjellene lå i klasse III (markert forurenset). Kloakk fra renseanlegg slippes ut ytterst i Korsviksfjorden. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.
16.	Byfjorden (det åpne fjordområdet i midten mellom Odderøya-Bragdøya-Flekkerøya og Lyngøya-Prestøya-Dvergsøya)	I Byfjordområdet er det også tatt noen sedimentprøver. De er tatt i forbindelse med tidligere undersøkelser bl.a. for det statlige programmet for forurensningsovervåking. Disse prøvene inneholder forholdsvis lave konsentrasjoner av miljøgifter. PCB i klasse I og II, PAH i klasse II, Dioksiner/furaner i klasse II og III og HCB i klasse III. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå.
17.	Småbåthavner	I Kristiansandsfjorden finnes en rekke småbåthavner. Noen av disse er undersøkt med henblikk på innhold av miljøgifter i sedimentene (f.eks. Auglandsbukta). Typisk forurensning i småbåthavner vil være TBT, PAH, olje og tungmetaller. Noen steder vil en også finne PCB-forurensning som eksempelvis kan komme fra eldre skipsmaling eller eldre PCB-holdige oljeprodukter. Blant småbåthavnene i Kristiansandsfjorden kan spesielt nevnes: <u>Bertesbukta og Kuholmsbukta</u> Det er ikke tatt sedimentprøver i Bertesbukta og Kuholmsbukta. Her ligger det en småbåthavn som er forholdsvis stor og gammel. En må anta at det er lokal forurensning av sjøbunnen i tilknytting til småbåthavn. Eventuell forurensning i småbåthavnen vil ha lokal betydning, men begrenset betydning for forurensningen i fjorden som helhet. <u>Auglandsbukta</u> Det er tatt noen sedimentprøver i Auglandsbukta. Inne i Auglandsbukta ligger en småbåthavn. PCB, PAH og HCB ligger i klasse III og IV. TBT i klasse IV og V.PCB har ikke noe entydig mønster når en ser på fordelingen av de enkelte kongenerene. Tilsvarende er ikke PAH-mønsteret helt det samme det som er registrert utenfor Elkem. TBT og PCB (f.eks. fra gammel skipsmaling) kan være forårsaket av aktiviteter i småbåthavnen. PAH virker også å ha en lokal kilde (småbåthavnen). HCB er sannsynligvis fra Falconbridge. Forurensningen i småbåthavnen vil ha lokal betydning, men begrenset betydning for forurensningen i fjorden som helhet. **Konklusjon:** Ingen tiltak nå. Småbåthavner vil være lokalt forurenset men vurderes å utgjøre et begrenset forurensningsproblem når en ser på Kristiansandsfjorden under ett.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

4.2 Valgte lokaliteter hvor det utføres en nærmere tiltaksvurdering

På grunnlag av vurderingen i kapittel 4.1 utføres en nærmere tiltaksvurdering for følgende lokaliteter:

- Kongsgårdbukta
- Marvika
- Vestre havn (definert som området innenfor Lagmannsholmen)
- Hannevika utenfor nikkelverk og Hannevika generelt (området er utenfor Lagmannsholmen og inkluderer sjøen utenfor Kolsdalsbukta, Falconbridge og Hannevikbukta ned til Fiskaatangen)
- Fiskaabukta utenfor Elkem (fra Fiskaatangen og ned mot Auglandsbukta)
- Bredalsholmen

Lokalitetenes beliggenhet i Kristiansandsfjorden er markert med rød farge på oversiktskartet i kapittel 3.

I tillegg utføres en enklere tiltaksvurdering i Torsvika mellom Kongsgårdbukta og Marvika, hvor det er tatt én prøve med høyt PCB-innhold.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5 KILDER TIL FORURENSNING I KRISTIANSANDSFJORDEN

I dette kapitlet gjennomgås kilder som bidrar til forurensningen av Kristiansandsfjorden.

5.1 Aktive kilder

Blant aktive kilder som påvirker forurensningssituasjonen i Kristiansandsfjorden vurderes følgende ha størst betydning:

- Falconbridge Nikkelverk
- Elkem
- Marvika
- Kongsgårdbukta
- Diverse utslipp fra Kristiansand by
- Småbåthavner
- Oppvirvling fra skipstrafikk av eksisterende forurensede sedimenter
- Oppankring av skip i Kristiansandsfjorden

5.1.1 Falconbridge Nikkelverk

Falconbridge Nikkelverk har i dag sterkt redusert sine utslipp hvis en sammenligner med tidligere. Falconbridge søker for tiden om å få utvidet produksjonen, men dette skal ikke gi økte utslipp (ref. Multiconsult AS, 2001, møtereferat vedr. KU av produksjonsutvidelse). Mengde miljøgifter som ble sluppet ut til sjø i år 2000 fra Falconbridge er oppgitt på SFTs hjemmesider, www.sft.no, med bedriftspesifikk miljøinformasjon fra bedrifter med utslippstillatelse. Et nytt elektrofilter installert i november 2000 har redusert utslippet av dioksiner kraftig. Rett før filteret kom på plass var utslippet av dioksiner ca. 10 ganger høyere.

Tabell 5-1. Utslipp fra Falconbridge til sjø i år 2000 sammenlignet med maks. tillatt årlig utslipp og utslippet i 1985.

Stoff	Utslipp til sjø i år 1985	Utslipp til sjø i år 2000	Maks. tillatt årlig utslipp til sjø (2000)
Jern	2.000 kg (1992)	240 kg	7.300 kg
Nikkel	25.570 kg	770 kg	2.738 kg
Arsen	795 kg	270 kg	730 kg
Kobber	7.650 kg	745 kg	1.825 kg
Kobolt	500 kg	95 kg	456 kg
Bly	505 kg	25 kg	183 kg
Sink	2.940 kg	80 kg	730 kg
Organiske halogenforbindelser	260 kg (1993)	23 kg	131 kg*
Dioksiner	4 gram	0,032 gram**	0,5 gram

* Oppgitt som ekstraherbart persistent organiskt bundet klor og brom
** Basert på måleresultar fra 1. kvartal*4 i 2001 (pers. med fra Resmann, Falconbridge)

Utslipp til luft av bl.a. tungmetaller er i samme størrelsesorden som til sjø. Falconbridge vil med andre ord også i fremtiden ha et betydelig utslipp av spesielt tungmetaller.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.1.2 Elkem

Elkem Carbon har ikke rapporteringsplikt til SFT på utslipp til sjø på grunn av at vann som slippes ut skal ha ingen/svært lav forurensning. Det vann som slippes ut er kjølevann og vann fra produksjonshall som har passert setlingskar (SFT, 1994).

Elkem Fiskaa Silicon får slippe ut maks. 240 m^3 prosessavløpsvann pr. døgn til sjø fra kvartsvaskeanlegget hvor konsentrasjonen av fast stoff ikke skal overstige 100 mg/l. Kjølevann fra smelteovner som ikke er forurenset får slippes direkte til sjø (SFT, 1996).

Utslipp av PAH til luft fra Elkem Carbon var 1.400 kg i 2000 og fra Elkem Fiskaa Silicon var det 117 kg samme år (SFTs hjemmeside, Bedriftspesifikk miljøinformasjon).

De store PAH-mengdene som er funnet i sedimentene utenfor Elkem antas å komme fra lossing av fast bek fra bulkskip med grabb, hvor beken pga. støv, avdrift og ev. søl ble spredt ut i fjorden. Lossing foregikk på denne måten fra ca. 1925 til 1974. Lossing av bek fra skip foregår i dag gjennom pumping med slange, slik at årlig utslipp fra denne aktiviteten nå kun er ca. 2 kg pr. år (pers. med. fra Jens-Andreas Larsen i Elkem til Dag Petter Sødal i FMVA, Vest-Agder).

På eiendommen til Elkem finnes også deponier for bek og elektrodeavfall. Det største deponiet ligger nær Lusebukta (deponiet er inntegnet på kart over området rett foran kapittel 11.5). Deponiet er planlagt undersøkt med tanke på spredning til Kristiansandsfjorden.

Utslippene av PAH fra Elkem i dag er svært beskjedne sammenlignet med det som antas å ha blitt sluppet ut i sjøen tidligere.

5.1.3 Marvika

Kartleggingen av sjøsedimentene ved Marvika marinebase konkluderer bl.a. med at det fortsatt kan pågå tilførsel av miljøgifter til sedimentene (NIVA, 2000). Området ved tidligere verksteder på land nevnes som en mulig kilde. Hvor mye som kan tenkes å lekke ut fra en slik potensiell kilde er ikke vurdert.

5.1.4 Kongsgårdbukta

Nedlagt avfallsfylling og øvrige utfylte områder på land rundt Kongsgårdbukta utgjør med stor sannsynlighet en aktiv kilde. Tilsvarende gjelder også for sedimenter i Prestebekken. Sedimentprøver tatt i området viser at utlekking av miljøgifter foregår fortsatt, men at de største mengdene sannsynligvis har lekket ut for forholdsvis mange år siden (de høyeste konsentrasjonene ligger et godt stykke ned i sedimentet). I 1996-97 ble den årlige transporten fra avfallsfyllingen til sjø beregnet til å være i størrelsesorden 12 kg for nikkel, 40 g for PCB, 2 kg for naftalen (PAH-komponent) og 47 g for benzo(a)pyren (kreftfremkallende PAH-komponent), ref. Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997 (Trinn 3).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

5.1.5 Diverse utslipp fra Kristiansand by

I selve Kristiansand by (Kvadraturen) er det en del overvann fra bl.a. veier og andre areal med tett dekke som går til Kristiansandsfjorden. Slikt overvann forventes å inneholde noe olje, PAH og tungmetaller.

5.1.6 Småbåthavner

I Kristiansandsfjorden finnes en rekke småbåthavner. Disse er lokalt forurenset av bl.a. TBT, PAH, tungmetaller og noen steder også med PCB. Forurensningen i småbåthavnene vurderes på nåværende tidspunkt først og fremst å ha lokal betydning, men vil på sikt kunne få økt betydning for forurensningssituasjonen i Kristiansandsfjorden

5.1.7 Oppvirvling fra skipstrafikk av eksisterende forurensede sedimenter

Kristiansand havn er en av Norges største havner. I år 2000 var det 3200 anløp av skip til havnen og i tillegg var det 56 anløp til Falconbridge og 224 anløp til Elkem. Det kom tilsammen 1,8 mill. tonn med gods til havnen (ref. data fra Kristiansand havnevesen).

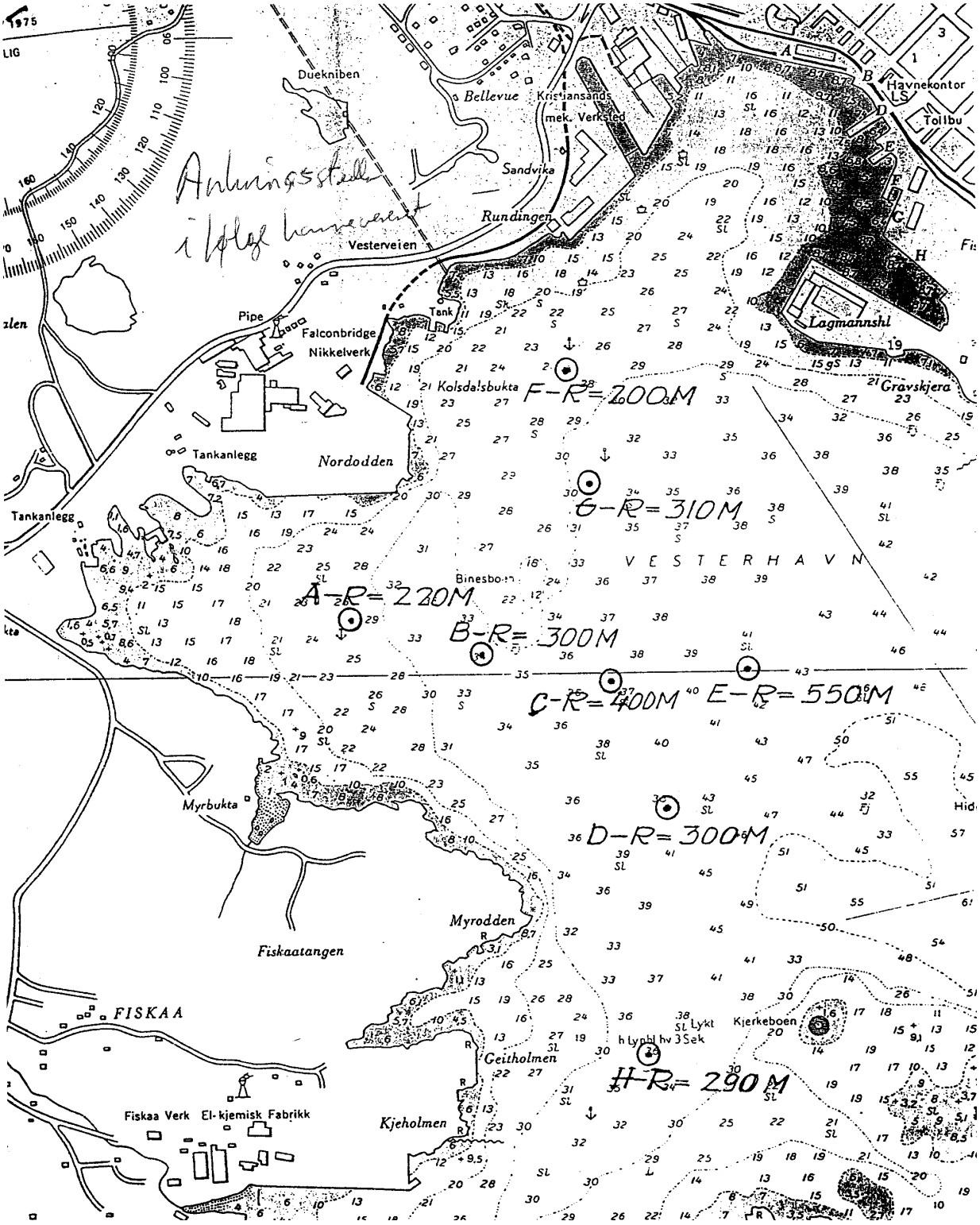
Ettersom konsentrasjonen av særlig HCB og dioksiner i sedimenter i havneområdene er så høye (spesielt Falconbridge), er det meget sannsynlig at disse vil spres utover resten av fjorden på grunn av oppvirvling fra skipstrafikk. Dette gjelder spesielt i de grunnere områdene.

5.1.8 Oppankring av skip i Kristiansandsfjorden

På kart på følgende side er de ankringspunkter som brukes i dag i området Vestre havn-Hannevika-Fiskaabukta inntegnet (kart fra Kristiansand havnevesen). I dette området er det tilsammen 8 ankringspunkter og vanndybden varierer fra ca. 25 til 40 m.

Ankringspunktene ligger i til dels sterkt forurensede sedimenter (jf. NIVA-rapport fra sedimentkartlegging i 2001). Oppankring vil medføre ekstra oppvirvling og spredning av forurensede sedimenter.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

6 AMBISJONSNIVÅER FOR KRISTIANSANDSFJORDEN

Det er utarbeidet fire ambisjonsnivåer for Kristiansandsfjorden. Disse ble diskutert i møte mellom DNV og ansvarlig fra oppdragsgiver den 20. juni og 6. september 2001.

Ambisjonsnivå 0: *Det foretas ikke noen tiltak i de forurensede sedimentene i Kristiansandsfjorden (”null-alternativet”). Eventuell forbedring av miljøtilstanden i sedimentene vil være avhengig av at det foregår en tildekking av de forurensede sedimentene som følge av sedimentasjon.*

Ambisjonsnivå 1: *De mest belastede (forurensede) arealene skal forbedres slik at ny spredning av miljøgifter til andre områder ikke forekommer. De tiltakene som iverksettes skal medføre at det på sikt er mulig å oppheve kostholdsrådene i alle områdene unntatt de mest belastede.*

Ambisjonsnivå 2: *Alle kostholdsråd for Kristiansandsfjorden skal kunne oppheves innen 10 år etter at tiltak for å nå dette målet er utført.*

Ambisjonsnivå 3: *Tilstanden i Kristiansandsfjorden skal forbedres slik at miljøgifter i fjorden ikke har noen økologiske effekter på biota (fisk, skalldyr, alger etc.).*

Ambisjonsnivå 3 er det mest ambisiøse og vil kreve størst innsats, både praktisk og økonomisk. Deretter følger Ambisjonsnivå 2, Ambisjonsnivå 1 og Ambisjonsnivå 0.

I de følgende kapitlene gjennomgås de forskjellige ambisjonsnivåene. Ambisjonsnivå 1 og 2 er utredet detaljert for lokalitetene hvor det utføres en nærmere tiltaksvurdering. Lokalitetene er i kapittel 8 rangert med tanke på miljøgevinst ved å gjennomføre respektive ambisjonsnivå. Tiltak som anbefales og kostnad for Ambisjonsnivå 1 og 2 er beskrevet i kapittel 11.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

7 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 0 (”NULL-ALTERNATIV” - INGEN TILTAK)

I dette kapitlet vurderes nullalternativet, dvs. hvordan miljøgift-situasjonen vil bli i Kristiansandsfjorden hvis det ikke foretas noen tiltak. I et slikt tilfelle er det spesielt viktig å se på hvordan sedimentasjon påvirker miljøtilstanden i fjorden (kapittel 7.1).

7.1 Påvirkning av sedimentasjon

Sedimentasjon vil over tid kunne føre til at de forurensede sedimentene dekkes til med nye sedimenter. Hvor rene disse ”nye” sedimentene er vil bl.a. være avhengig av fremtidige utslipp av miljøgifter (se kapittel 5).

Det foreligger lite data om sedimentasjonshastigheten i Kristiansandsfjorden:

- I 1983 utført NIVA målinger av sedimentasjonshastigheten ved stasjon KR18 (mellom Elkem og Dybingen). De vurderte sedimentasjonshastigheten i dette området til 4 mm/år (NIVA, 1985).
- I månedsskiftet september-oktober ble det i 1998 kjørt forsøk med tildekking av sedimenter i Hannevikbukta (NIVA, 1999). 11 måneder senere ble det utført en dykkerinspeksjon i området av Anker Dykkesenter (Sørlandskonsult, 2000). Over de dumpede sandmassene lå det da et lag med fint slam med tykkelse fra 2-3 mm til ca. 20 mm. Det øverste slamlaget hadde en rødbrun farge. Det ble antatt at slamlaget var bunnmasser som hadde blitt virvlet opp på grunn av aktiviteter i havna, og da spesielt båttrafikk. Dette tilsier en årlig sedimentering på 2 til 20 mm.
- Indre delen av Kongsgårdbukta er alvorlig forurenset med hensyn til krom (Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997). Årsaken til de høye kromverdiene er sannsynligvis utslipp fra et tidligere garveri som lå et stykke opp fra sjøen ved Prestebekken. Prestebekken har direkte utslipp til Kongsgårdbukta. Garveriet ble nedlagt for ca. 20 år siden. I den indre delen av Kongsgårdbukta ligger det nå 5-25 cm ”rene sedimenter” over de kromforurensede sedimentene. De ”rene sedimentene” har sannsynligvis sedimentert etter at garverivirksomheten har opphørt. Det tilsier en årlig sedimentering på 2,5 til 12,5 mm.

Som tommelfingerregel pleier en å regne med en gjennomsnittlig sedimentasjonshastighet på ca. 1 mm/år i norske fjorder. Som fremgår av eksemplene vil det i Kristiansandsfjorden være store lokale variasjoner i sedimentasjonshastigheten. I områder med båt- og skipstrafikk og beskjedne vanndyp vil de fineste bunnmassene bli virvlet opp svært hyppig. Noen steder vil det da raskt legge seg forholdsvis stor mektighet av sedimenter, andre steder som lengst inn i Vestre havn vil bunnen omtrent være fri for finkornige sediment.

For å kunne foreta vurderinger antas den gjennomsnittlige sedimentasjonshastigheten i Kristiansandsfjorden å være 1 mm/år, med de forbehold som er nevnt tidligere.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

7.2 Samlet vurdering av null-alternativ

Som det fremgår vil det de fleste steder i Kristiansandsfjorden foregå en tildekking på grunn av naturlig sedimentasjon. En slik sedimentasjon vil bidra til at områder uten aktive kilder vil få renere sedimenter.

I områder hvor det finnes aktive kilder er bildet annerledes. Dette gjelder spesielt Falconbridge og delvis også Elkem. Spesielt fra Falconbridge vil det også i fremtiden være forholdsvis store utslipp av tungmetaller og i tillegg også noe organiske halogenforbindelser og små mengder dioksiner. Dioksinutslippene er sterkt redusert etter installasjon av nytt elektrofilter i november 2000. Noen stor forbedring av forurensningen uten tiltak i sedimentene vil neppe kunne forventes i Hannevika og ved Elkem. Tilsvarende gjelder også for småbåthavner og oppvirvling fra skipstrafikk.

Videre vil den aktive tilførselen av miljøgifter som fortsatt foregår i Marvika og Kongsgårdbukta heller ikke forbedres nevneverdig av naturlig sedimentasjon.

Bunnlevende organismers aktivitet i sedimentene forårsaker bioturbasjon (omrøring av sedimentene). I myke sedimenter strekker bioturbasjonslaget seg anslagsvis 5-10 cm ned i sedimentene. Det betyr at effekten av naturlig sedimentasjon vil bli betydelig redusert da det vil foregå en stadig omrøring av det øvre sedimentlaget. Det betyr at også uten tilførsel av aktive kilder vil prosessen med å få en tildekking på grunn av sedimentasjon med rene sedimenter gå svært langsomt.

Det må derfor konkluderes med at uten aktive tiltak i Kristiansandsfjorden vil man hverken kunne oppnå Ambisjonsnivå 1 (forhindre spredning av miljøgifter), Ambisjonsnivå 2 (oppheve kostholdsrådet) eller Ambisjonsnivå 3 (ingen økologisk effekt).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 1 OG 2

I dette kapitlet vurderes behov for tiltak i henhold til ambisjonsnivå 1 og 2 for de utvalgte lokalitetene (se kapittel 4.2).

- I kapittel 8.1 vurderes de utvalgte lokalitetene med henblikk på gjennomføring av Ambisjonsnivå 1 (forhindre spredning av miljøgifter). Dette gjøres ved å bestemme *spredningsverdien* for hver lokalitet. En høy spredningsverdi betyr at det er stor sannsynlighet for spredning av miljøgifter fra de forurensede sedimentene til vannmassen.
- I kapittel 8.2 vurderes de utvalgte lokalitetene med henblikk på gjennomføring av Ambisjonsnivå 2 (oppheve kostholdsrådet). Dette gjøres ved å bestemme en *restriksjonsverdi* for hver lokalitet. Restriksjonsverdien angir helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr.

I kapittel 8.3 rangeres lokalitetene med henblikk på gjennomføring av Ambisjonsnivå 1 (kapittel 8.1) og Ambisjonsnivå 2 (kapittel 8.2). Rangeringen brukes i vurderingen av om tiltak må utføres, og hvilken *miljøgevinst* en kan forvente fra tiltaket.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8.1 Ambisjonsnivå 1

8.1.1 Modell for å vurdere spredning

Modellen som benyttes her ble utviklet av DNV i forbindelse med en tiltaksanalyse av Haakonsvern orlogstasjon i Bergen (DNV rapport 95-3578). Denne modellen bygger på retningslinjer som er utarbeidet av amerikanske miljømyndigheter (EPA, 1992). Modellen er tilpasset forholdene i Kristiansandsfjorden.

Her vurderes parametre som har betydning for mobilisering og spredning av miljøgifter fra sedimentene. Følgende parametre er vurdert som vesentlige for mobilisering i Kristiansandsfjorden:

- Bunntype. Grove sedimenter har et lite mobiliseringspotensiale og finkornige sedimenter eller gytje har et høyt mobiliseringspotensiale.
- Tykkelsen av det forurensede sedimentlaget. (Den totale sedimenttykkelsen kan godt være vesentlig tykkere). Tykkelsen er et mål på mengden forurenset sediment som kan spres. En kan ikke bare se på konsentrasjoner, dette må sammenholdes med mektigheten av det forurensede laget.
- Oppvirvling/Skipstrafikk. Ved oppvirvling forårsaket av f.eks. båt og skipstrafikk mobiliseres sedimentene (og forurensningene). Den vesentligste faktoren her er vanndybden. Inndelingen av oppvirvling/skipstrafikk i kategorier er gjort som vist i Tabell 8-1.

Tabell 8-1. Kategorier for inndeling av oppvirvling/skipstrafikk.

Oppvirvlingspotensiale	Benevnelse	Forklaring
1	Svært lite	liten skips- eller båttrafikk og vanndyp >20 m
2	Liten	liten skips- eller båttrafikk og vanndyp >10 m
3	Moderat	moderat skips- eller båttrafikk og vanndyp >10 m
4	Mye	mye skips- eller båttrafikk og vanndyp >10 m, eller lite/moderat skips- eller båttrafikk og vanndyp <10 m
5	Svært mye	mye skips- eller båttrafikk og vanndyp <10 m

Andre parametre som er vurdert for spredningsmodellen for Kristiansandsfjorden, men ikke tatt med er f.eks. innhold av organisk karbon, forekomst av bunnfauna (bunndyr) og forekomst av fisk. Disse vil ha mindre betydning når spredning vurderes, men stor betydning når oppheving av kostholdsrådet vurderes (Ambisjonsnivå 2).

For hver av de tre parametrene som er beskrevet ovenfor bestemmes et *mobiliseringspotensiale.* Mobiliseringspotensialet varierer fra 1 til 5 (M1 til M5) slik det er vist i tabellen øverst på neste side. Det gjennomsnittlige mobiliseringspotensialet for de tre parametrene beregnes. Det gjennomsnittlige mobiliseringspotensialet er en samleparameter for å beskrive mobilisering av forurensede sedimenter. Det betyr at hver av de tre parametrene er vektet likt. Dette begrunnes i den usikkerhet som faktisk hviler på den individuelle viktigheten av disse, og at ingen parameter peker seg ut så mye at den er tillagt høyere vekt enn de øvrige.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Mob.Potensiale	Bunntype	Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Oppvirvling/ Skipstrafikk
M1	1(Grus)	<3	1(Svært lite)
M2	2(Sand)	3-10	2(Liten)
M3	3(Silt)	10-20	3(Moderat)
M4	4(Leire)	20-50	4(Mye)
M5	5(Gytje)	>50	5(Svært mye)

Det gjennomsnittlige mobiliseringspotensialet kombineres deretter med konsentrasjonen av miljøgifter i det forurensede sedimentet. Inndelingen er basert på SFT's inndeling i tilstandsklasser (SFT, 1997), men tilpasset de målte konsentrasjonene i Kristiansandsfjorden. Tilstandsklasse I for "rent sediment" er derfor utelatt og det er isteden utvidet med en egen "tilstandsklasse " for sedimenter som er forurenset med mer enn 3 ganger tilstandsklasse V. Dette på grunn av at en ellers får gruppert en stor del av de forurensede sedimentene i tilstandsklasse V uten å kunne skille ut de som er "verst". Konsentrasjon – Tilstandsklasse for hver lokalitet bestemmes på grunnlag av de miljøgifter som gir den høyeste tilstandsklassen på lokaliteten.

Ved å kombinere konsentrasjon og mobiliseringspotensiale fås en *spredningsverdi (S)* for spredning (verdiene varierer fra 1 til 25) slik det er vist i tabellen nedenfor. S beskriver sannsynligheten for spredning av forurenset sediment til vannmassene. De forskjellige spredningsverdiene rangeres i tre S-grupper; S-1 (lav), S-2 (middels) og S-3 (høy), avhengig av størrelsen på verdien.

Konsentrasjon - Tilstandsklasse	Mobiliseringspotensiale (M)				
	M1	M2	M3	M4	M5
II	**1**	**2**	**4**	**7**	**11**
III	**3**	**5**	**8**	**12**	**16**
IV	**6**	**9**	**13**	**17**	**20**
V til 3*V	**10**	**14**	**18**	**21**	**23**
> 3*V	**15**	**19**	**22**	**24**	**25**

S1	S2	S3

Ved å sammenligne disse parametrene for de forskjellige lokalitetene kan vi rangere områdene med hensyn til spredning av forurensede sedimenter til vannmassen.

Beregningsgrunnlaget for Ambisjonsnivå 1 er vedlagt i Appendiks C.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8.1.2 Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 1

I Tabell 8-2 er mobiliseringspotensiale for de enkelte lokalitetene presentert. Detaljert begrunnelse for valg av mobiliseringspotensiale er vedlagt i Appendiks C.

Tabell 8-2 Bestemmelse av mobiliseringspotensiale

Lokalitet	Bunntype	Tykkelsen av forurenset sediment	Oppvirvling/ Skipstrafikk	Gjennom-snittlig mobiliserings-potensiale
Kongsgårdbukta	M4	M4	M3	**M4**
Marvika	M3	M3	M4	**M3**
Vestre havn	M3	M2	M5	**M3**
Hannevika	M5	M5	M4	**M5**
Fiskaabukta	M5	M3	M4	**M4**
Bredalsholmen	M3	M2	M4	**M3**

I Tabell 8-3 er spredningsverdi og rangering for spredning fra de enkelte lokalitetene presentert. Spredningsverdi og rangering er basert på det eller de miljøgifter som gir den høyeste tallverdien på spredningsverdien. Detaljert beskrivelse er vedlagt i Appendiks C.

Tabell 8-3 Bestemmelse av spredningsverdi og rangering

Lokalitet	Konsentrasjon - Tilstandsklasse	Gjennom-snittlig mobiliserings-potensiale	Sprednings-verdi	Rangering for Ambisjons-nivå 1
Kongsgårdbukta	IV	4	17	S2
Marvika	V-3*V	3	18	S2
Vestre havn	IV	3	13	S2
Hannevika	>3*V	5	25	S3
Fiskaabukta	V-3*V	4	21	S3
Bredalsholmen	V-3*V	3	18	S2

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 8-4 viser hvor de forskjellige lokalitetene plasserer seg i risikomatrisen med henblikk på sannsynlighet for spredning.

Tabell 8-4 Plassering av de ulike lokalitetene i risikomatrisen med henblikk på spredning.

Konsentrasjon - Tilstandsklasse	Mobiliseringspotensiale (M)				
	M1	M2	M3	M4	M5
II					
III					
IV			Vestre havn	Kongsgård-bukta	
V til 3*V			Marvika/Bre-dalsholmen	Fiskaabukta	
>3*V					Hannevika

S1	S2	S3

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8.2 Ambisjonsnivå 2

8.2.1 Generelt om vurdering av kostholdsråd i Kristiansandsfjorden

Mens spredningen av forurensede sedimenter fra et område til et annet (ambisjonsnivå 1) er et rent fysisk fenomen, vil påvirkning av organismer, fisk og skalldyr være en blanding av flere biologiske, kjemiske og fysiske parametre. Eksponeringen overfor organismer vil avhenge av interaksjoner mellom sediment, vann og biota. Opptaket fra sedimenter til organismer kan skje både indirekte via lekkasje av miljøgifter til vannfasen og påfølgende opptak hos organismer, og ved direkte opptak fra sedimentene til bunnlevende organismer. Det er meget vanskelig å modellere bidraget til opptaket fra forskjellige hold, og man bør bruke konservative vurderinger for å sikre at man ikke underestimerer bidragene fra forskjellige kilder. Problemet med en slik vurdering som at man ikke med sikkerhet kan si at stoffene som bidrar til kostholdsrestriksjonene stammer direkte fra de stedlige sedimentene.

Kostholdsrådene er basert på målte konsentrasjoner av forskjellige miljøgifter i fisk og skalldyr fra bestemte områder, og forventet konsum av fisk og skalldyr fra de samme områdene.

I Kristiansandsfjorden er det innført kostholdsråd av Statens næringsmiddeltilsyn. Undersøkelser som ligger til grunn for kostholdsråd bygger i hovedsak på de miljøgiftundersøkelser som er utført i det statlige programmet for forurensningsovervåking (pers. med. fra Marie Wiborg i Statens næringsmiddeltilsyn (SNT)). Det lokale næringsmiddeltilsynet setter i verk kostholdsrådet, men utfører ikke egne undersøkelser (pers. med. fra Gjermund Bøe i Næringsmiddeltilsynet i Vest-Agder). Kostholdsrådet for Kristiansandsfjorden sier at:

”Det er frarådet å spise all fisk og skalldyr (krabber, reker, skjell) fra området innenfor yttersiden av Odderøya-Dybingen-Bragdøya og Andøya. Lokalt gitt omsetningsforbud for torsk fanget innenfor Dvergsøya-Flekkerøya skal sløyes før den omsettes. Konsum av torskelever fra samme område frarådes.

Konsum av lever fra fisk fanget i Marvika frarådes.”

Kostholdsrådet er sist vurdert i 2000. Forurensningen er definert som ”klororganiske forbindelser, spesielt dioksiner og PCB, men også andre”. Med andre forbindelser menes trolig HCB og EPOCl forbindelser, selv om disse ikke er av like stor betydning med tanke på kostholdsrådene. Forurensede sedimenter vurderes kun i liten grad i forbindelse med kostholdsråd.

En oversikt over det forventede konsum av marine produkter i Norge i dag er gitt i Tabell 8-5 (NIVA, 2000).

Tabell 8-5 Forventet konsum av marine produkter i Norge

Matvare	Gjennomsnittlig konsum g/person/dag	Høyt konsum (97,5-perc.) g/person/dag
Torsk, sei, hyse	30	111
Laks, ørret, makrell, sild	20	68
Flyndre	1	14
Fiskelever	2	7

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Matvare	Gjennomsnittlig konsum g/person/dag	Høyt konsum (97,5-perc.) g/person/dag
Fiskeprodukter	15	47
Fiskepålegg	14	47
Ferskvannsfisk	1	9
Reker, krabbe	7	32
Skjell	-[1)]	6,8

[1)] Ikke oppgitt.

Kostholdsrådene er basert på at en storkonsument av matvarer fra havet skal kunne konsumere fisk og skalldyr uten å overskride de fastsatte tolererbare ukentlige inntakene av kjemiske elementer og forbindelser som kan være helseskadelige (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI eller TWI). Dersom disse overskrides ved storkonsum av matvarer fra en region, blir det fastsatt kostholdsråd på den eller de matvarene som kan gi overskridelser av PTWI.

Ved vurdering av forventet opptak av miljøgifter fra organismer i en fjord vil det nesten alltid være fiskelever (torsk) som først slår ut på kostholdsrådene. Dette er slik på grunn av at mengden miljøgift, for alle organiske miljøgifter er avhengig av lipidinnholdet (fettinnholdet) i matvarene som spises. Kombinasjonen av en person med et høyt konsum av fiskelever og fiskeleverens høye fettinnhold medfører at denne nesten alltid vil slå verst ut. Denne regelen gjelder imidlertid kun for organiske hydrofobe miljøgifter, ikke for tungmetaller og andre polare stoffer. Man kan derfor beregne normative grenseverdier for konsentrasjonen av organiske miljøgifter i fiskelever, basert på kjent forventet konsum av maten. Dette er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 8-6 Tolerabelt ukentlig konsum av organiske miljøgifter og grenseverdi i fiskelever for å unngå kostholdsråd

Parameter	Tolerabelt ukentlig konsum TWI	Grenseverdi i fiskelever for å unngå kostholdsråd[1)]
Dioksin og dioksinlign. stoffer	2,1 ng TE/person/uke	42,9 ng TE/kg
PAH	23,8 µg/person/uke	485 µg/kg
HCB	67,2µg/person/uke [2)]	1.371 µg/kg
TBT	126 µg/person/uke	2.571 µg/kg
PCB[3)]	2,1 ng TE/person/uke * 20.000 (PCB_7 -> TE) = 42 µg/person/uke	857µg/kg

[1)] Dette er normative og ikke fastlåste grenseverdier for konsentrasjon av miljøgifter i fiskelever. Dette er verdier som er beregnet på bakgrunn av TWI-verdier som SNT benytter seg av for å vurdere kostholdsråd, men i tillegg skal egentlig også inntak fra andre fødevarer inkluderes.
[2)] Fra IPCS (2001). Basert på en TDI (tolerable daily intake) på 0,16 µg/kg kroppsvekt, en kroppsvekt på 60 kg og 7 dagers konsum pr. uke.
[3)] Meget usikker vurdering, basert på sammenlignende konsentrasjoner av PCB_7 og TE_{PCB} i Marvika og Kongsgårdbukta.
TE= Toksisitetsekvivalenter. Dioksiner og dioksinlignende stoffer omregnes ved hjelp av toksiske ekvivalensfaktorer til den giftigste dioksinforbindelsen (2,3,7,8-TCDD) for å lettere kunne sammenligne den toksiske virkningen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Den siste raden i tabellen er basert på sammenlignende analyser av toksisitetsekvivalent-bidraget fra PCB analysert i fiskelever i Marvika (NIVA, 2000) sammenlignet med PCB_7-konsentrasjonene i blåskjell. Det er ikke nødvendigvis en direkte korrelasjon mellom PCB konsentrasjoner og TE på den måten som det er beregnet her, men størrelsesordenen bør være korrekt. Det tas imidlertid ikke hensyn til andre toksisitetseffekter fra PCB enn utslag som dioksin-lignende stoff.

Kostholdsrådene er primært basert på forekomst av dioksiner/furaner og PCB med dioksin-lignende effekt. Disse måles som $TE_{PCDF/D\ og\ PCB}$ (Toksisitetsekvivalenter, hvor en sammenligner med den mest giftige isomeren av dioksin). Målte konsentrasjoner av TE for de forskjellige områdene er gitt i tabellen nedenfor.

Selv om dioksin og dioksin-lignende stoffer er det mest prekære forurensningsproblemet i området, er det også observert overskridelser av kostholdsnormene i området rundt Elkem (Fiskaabukta) for PAH i blåskjell.

Tabell 8-7 Konsentrasjoner av toksiske ekvivalenter for dioksiner/furaner og PCB i marine organismer i Kristiansandsfjorden sammenlignet med grenseverdi for å unngå kostholdsråd (beregnet av DNV)

	Konsentrasjon av ng $TE_{PCDF/D\ og\ PCB}$/kg våtvekt						
	Torske-lever	Torske-filet	Skrubbe-filet	Sjøørret	Krabbe-smør	Krabbe-rest	Blåskjell
Kostholdsråd grenseverdi[1)]	*42,9*	*2,70*	*21,4*	*4,41*	*9,38*	*9,38*	*44,1*
Kongsgårdbukta	-[5)]	-	-	-	-	-	1,7[3)]
Marvika	290	-	-	-	-	-	0,6[3)]
Vestre havn	208	0,84	3,19	0,92	156	26,8	3,1
Hannevika	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]
Fiskaabukta	208	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]
Bredalsholmen[4)]	116	-	-	-	-	-	-

[1)] Beregnet konsentrasjon i hver av matvarene som medfører at en storkonsument overskrider den fastsatte PTWI-verdien (2,1 ng TE/uke).
[2)] Ingen spesifikke data foreligger i undersøkelsene fra 1998 eller 1996. P.g.a. beliggenheten og kjennskap til området kan man anta at området er kraftig kontaminert (mer enn i Vestre havn).
[3)] Kun mono-orto PCB er analysert, ikke PCDF/D eller non-orto PCB, som også kan utgjøre en del TE.
[4)] Prøver tatt fra sørøst siden av Bragdøya, som er nærmeste prøvetakingsplass ved Bredalsholmen. Blåskjell satt ut av NIVA i 2001 viste lave PCB-konsentrasjoner.
[5)] Antar samme konsentrasjon av TE i torskelever som for Marvika p.g.a. den nære beliggenhet.

Ser man på datagrunnlaget i tabellen ovenfor fremgår det at torskelever med god margin overskrider terskelverdien for tolererbar ukentlig dose for de prøvene som er tatt i de utvalgte områdene. Det bør bemerkes at bakgrunnsinntak av $TE_{PCDF/D\ og\ PCB}$ utgjør ca. halvparten av PTWI.

Krabbesmør er også en utsatt eksponeringsvei for opptak av TE. Overskridelsen i forhold til kostholdsråd for krabbesmør er svært høy. En må anta at det er et forholdsvis høyt inntak av

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

krabbesmør i Kristiansandområdet slik at det burde utføres noen flere undersøkelser av TE i krabbesmør.

Det at en finner overskridelser av kostholdsrådene for dioksiner i området er ikke overraskende. Samtidig kan en bemerke at for de prøver av fiskefilet som er tatt, er terskelverdien for tolererbar ukentlig dose ikke overskredet.

Prøver tatt av fisk og skalldyr ved en referansestasjon 9 km utenfor fjordområdet, ved Ny Hellesund, viser $TE_{PCDF/D+PCB}$ konsentrasjoner i samme størrelsesorden som de som medfører kostholdsråd. Langs kysten i Nord-Norge er det registrert konsentrasjoner av $TE_{PCDF/D+PCB}$ i samme størrelsesorden som de som er funnet ved Ny Hellesund (NIVA, 1998). Konsentrasjonen av $TE_{PCDF/D+PCB}$ i torskelever ved Ny Hellesund er ca. 20 % av konsentrasjonen sammenlignet med torskelever fra Dybingen/Bragdøya (utenfor Falconbridge og Elkem). Det er forskjell på sammensetningen av toksisitetsekvivalenten fra de to stedene. Ved Ny Hellesund utgjør mono-ortho og di-ortho PCB nesten 30 % av den totale toksisitetsekvivalenten og ved Dybingen/Bragdøya utgjør disse bare 13 % (NIVA, 1998).

En kan derfor ikke direkte knytte konsentrasjoner av $TE_{PCDF/D+PCB}$ som er registrert ved Ny Hellesund til tilsvarende funn i Kristiansandsfjorden ved Dybingen/Bragdøya.

Beregnede overkonsentrasjoner av kostholdsrådene for $TE_{PCDF/D\ og\ PCB}$ i Kristiansandsfjorden er gitt i Tabell 8-8.

Tabell 8-8. Beregnede overkonsentrasjoner av Toksisitetsekvivalenter (TE) for fisk og skalldyr fanget i de aktuelle områdene i Kristiansandsfjorden. Overkonsentrasjonene er basert på en terskelverdi for TE i fiskelever på 42,9 ng TE/kg våtvekt.

	Overkonsentrasjon av TE i forhold til kostholdsrådene							
	Torske-lever	Torske-filet	Skrubbe-filet	Sjø-ørret	Krabbe-smør	Krabbe-rest	Blå-skjell	Sum
Kongsgård-bukta	*6,8*[3)]	-	-	-	-	-	0,04	6,8
Marvika	6,8	-	-	-	-	-	0,01	6,8
Vestre havn[4)]	4,8	0,31	0,15	0,21	4,99[1)]	0,86[1)]	0,07	11,4
Hannevika	*>8*[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	-[2)]	>11,4[2)]
Fiskaabukta[4)]	4,8	0,31	0,15	0,21	4,99[1)]	0,86[1)]	0,07	11,4
Bredals-holmen	2,7	-	-	-	-	-	-	2,7

[1)] Beregnet under antakelsen av at krabbesmør og krabbe, hver for seg utgjør 30 % av totalt inntak av "reker og krabber" i henhold til SNTs kostholdsstatistikk.

[2)] Ingen spesifikke data foreligger i undersøkelsene fra 1998 eller 1996. P.g.a. beliggenheten og kjennskap til området kan man anta at området er kraftig kontaminert (mer enn i Vestre havn).

[3)] Antar samme konsentrasjon av TE i torskelever som for Marvika p.g.a. den nære beliggenhet.

[4)] Vestre havn og Fiskaabukta har samme verdi fordi fiskeprøven kommer fra et område som dekker begge lokalitetene.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Sammenligner man blåskjelldata for Kongsgårdbukta og Marvika ser vi at det er mer $TE_{m.o.\ PCB}$ (m.o. PCB = mono-orto PCB) i Kongsgårdbukta enn i Marvika. Det er heller ikke analysert for fiskelever (eller fiskefilet, flyndrefisk eller krabber) i bukta, og vi kan derfor ikke vite noe om konsentrasjonene i andre organismer enn blåskjell fra Kongsgårdbukta. De to områdene er svært nærliggende, og det er ingen grunn til å tro at fisken fra Kongsgårdbukta ikke er like kontaminert som fisk fra Marvika. Man bør derfor også vurdere en 6,8 gangers overkonsentrasjon av fiskelever (torskelever) i Kongsgårdbukta. Bukten som omfatter Marvika, Torsvika og Kongsgårdbukta burde derfor vurderes samlet for fisk og krabber med hensyn til kostholdsråd.

Ettersom kostholdsrådene for Kristiansandsfjorden er basert først og fremst på dioksiner og dioksin-lignende PCB vil mesteparten av vurderingen av kostholdsrådene være basert på disse stoffene. Det er imidlertid aktuelt å vurdere andre stoffer i tillegg til disse, som er omtalt senere i rapporten. Dessuten er det som nevnt tidligere, fiskelever som er mest utslagsgivende i forbindelse med kostholdsrestriksjonene. Torskelever brukes som kritisk parameter av myndighetene ved vurdering av kostholdsråd. Dette fordi det er et forholdsvis høyt konsum av torsk og at torskeleveren akkumulerer miljøgifter. P.g.a. manglende analyser av biologisk materiale er det derfor mest hensiktsmessig å benytte seg av overkonsentrasjonen for torskelever for å vurdere de forskjellige lokalitetene. Man kunne valgt å bruke summen av alle målte matvarer, men usikkerheten i forbindelse med dette blir for stor når man ikke har lik datamengde for alle lokalitetene.

8.2.2 Modell for kostholdsrådsvurderinger (Ambisjonsnivå 2)

Modellen følger miljøgiftene fra sedimentene og frem til de inntas av mennesker via fisk og skalldyr. Modellen er utviklet av DNV og er bygget opp på samme måte som modellen for Ambisjonsnivå 1.

Seks parametre er vurdert som vesentlige for vurdering av oppheving av kostholdsråd. Alle parametre unntatt konsentrasjon/tilstandsklasse er tillagt lik vekt. Konsentrasjon/tilstandsklasse er tillagt dobbel vekt. Dette begrunnes med at forurensningsgraden i sedimentene er en svært vesentlig faktor for kostholdsrådet.

For hver av de seks parametrene bestemmes en kostholdsfaktor. Kostholdsfaktoren har fem nivåer, laveste verdi er 1 og høyeste er 5. En lav verdi har liten innvirkning på oppheving av kostholdsråd og en høy verdi betyr stor innvirkning på oppheving av kostholdsråd. De seks parametrene som det bestemmes en kostholdsfaktor for er:

- Organisk karbon i sedimentene. Et høyt innhold av organisk karbon betyr at miljøgifter (spesielt organiske) er godt bundet i sedimentene og mindre tilgjengelige for opptak i fisk/skalldyr. Tilsvarende, hvis det er lavt innhold av organisk karbon, kan en forvente at miljøgifter er mer tilgjengelige for opptak. Mengde organisk karbon oppgis i de samme intervaller som brukes i SFT-veileder 97:03 (SFT, 1997).
- Oppvirvling/Skipstrafikk. Ved oppvirvling forårsaket av f.eks. båt og skipstrafikk mobiliseres sedimentene og miljøgifter fra sedimentene er mer tilgjengelige for opptak. Inndelingen er vist i Tabell 8-1, og er den samme som for Ambisjonsnivå 1.
- Forekomst av fisk og skalldyr. Forekomsten av fisk og skalldyr er selvfølgelig en vesentlig parameter. Den er vanskelig å kvantifisere nøyaktig og er derfor oppgitt som sjelden, sporadisk, moderat, hyppig og svært hyppig. Informasjonen er basert på kart over fiskeplasser mottatt fra Kristiansand jeger- og fiskeforening (pers. med).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

- Forekomst av bunnfauna. Forekomst av store mengder bunnlevende organismer vil være hovednæringen for fisk og skalldyr. Et område med mye eller svært mye bunnfauna vil derfor tiltrekke seg fisk og skalldyr. Inndelingen er gjort skjønnsmessig og skiller på svært lite, lite, moderat, mye eller svært mye bunnfauna.
- Konsentrasjon –Tilstandsklasse. Konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene vil være en svært vesentlig parameter ved vurdering av kostholdsråd. Denne parameteren vektes derfor dobbelt. Samme inndeling i klasser er brukt som ved spredningsvurdering for Ambisjonsnivå 1. Dvs. at tilstandsklasse I er utelatt men at det er en "ekstra tilstandsklasse" for konsentrasjoner som er høyere enn 3 ganger tilstandsklasse V. Ved vurdering av sedimentenes tilstandsklasse vurderes den eller de miljøgifter som forventes å ha størst (negativ) påvirkning på kostholdet. I Kristiansandsfjorden vurderes dette å være PAH, PCB, HCB og Dioksiner/Furaner.
- Områdets bruksverdi. Områdets bruksverdi ser på hvilken potensiale området har for "positive" aktiviteter som friluftsliv, bolig etc. Inndelingen er gjort skjønnsmessig i ingen, liten, moderat, relativt høy eller høy bruksverdi.

Andre parametre som er vurdert for kostholdsrådsmodellen for Kristiansandsfjorden, men ikke tatt med er bunntype og tykkelsen av det forurensede sedimentet. Disse har mindre betydning når kostholdsråd vurderes men de har stor betydning ved vurdering av spredning (Ambisjonsnivå 1).

Kostholds faktor	Organisk karbon (%)	Oppvirvling/ Skipstrafikk	Forekomst av fisk/skalldyr	Forekomst av bunnfauna	Konsentrasjon – Tilstandsklasse	Områdets bruksverdi
1	>4,1	1(Svært lite)	1(Sjelden)	1(Svært lite)	II	1(Ingen)
2	3,4-4,1	2(Liten)	2(Sporadisk)	2(Lite)	III	2(Liten)
3	2,7-3,4	3(Moderat)	3(Moderat)	3(Moderat)	IV	3(Moderat)
4	2,0-2,7	4(Mye)	4(Hyppig)	4(Mye)	V til 3*V	4(Relativt høy)
5	<2	5(Svært mye)	5(Svært hyppig)	5(Svært mye)	> 3*V	5(Høy)
					Vektes dobbelt !	

Kostholdsfaktoren sammenlignes med de målte overkonsentrasjonene av miljøgifter i biota (fisk og skalldyr) fra området, og det bestemmes en *restriksjonsverdi*. Overkonsentrasjonen bestemmes på grunnlag av overkonsentrasjonen av miljøgifter i torskelever (se Tabell 8-8). Restriksjonsverdien varierer fra 1 til 25. Økende restriksjonsverdi gir uttrykk for økende helserisiko for mennesker ved konsum av fisk og skalldyr. Restriksjonverdien er rangert i tre nivåer, S1 (lav), S2 (middels) og S3 (høy).

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr	Kostholdsfaktor				
	1	2	3	4	5
<2x	1	2	4	7	11
2x til 4x	3	5	8	12	16
4x til 6x	6	9	13	17	20
6x til 8x	10	14	18	21	23
>8x	15	19	22	24	25

S1	S2	S3

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8.2.3 Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 2

I Tabell 8-9 er kostholdsfaktor for de enkelte lokalitetene presentert. Detaljert begrunnelse for valg av kostholdsfaktor er vedlagt i Appendiks C.

Tabell 8-9 Bestemmelse av kostholdsfaktor

Lokalitet	Org. karbon (%)	Oppvirvl./ Skips-trafikk	Forekomst av fisk/skalldyr	Forekomst av bunnfauna	Kons. – Tilstands klasse[1]	Områdets bruksverdi	Gjennomsnittlig kostholdsfaktor
Kongsgård-bukta	1	3	2	3	2	3	**2**
Marvika	3	4	2	3	4	3	**3**
Vestre havn	4	5	4	2	3	2	**3**
Hannevika	1	4	4	2	5	4	**4**
Fiskaabukta	1	4	3	3	3	4	**3**
Bredalshol men	4	4	5	4	3	5	**4**

1) Veies dobbelt

I Tabell 8-10 er restriksjonsverdi og rangering for kostholdsråd fra de enkelte lokalitetene presentert. Detaljert beskrivelse er vedlagt i Appendiks C.

Tabell 8-10 Bestemmelse av restriksjonsverdi og rangering

Lokalitet	Overkonsen-trasjon i fisk/skalldyr	Gjennom-snittlig kostholds-faktor	Restriksjons-verdi	Rangering for Ambisjons-nivå 2
Kongsgårdbukta	6,8	2	14	S2
Marvika	6,8	3	18	S2
Vestre havn	4,9	3	13	S2
Hannevika	>8	4	24	S3
Fiskaabukta	4,9	3	13	S2
Bredalsholmen	2,7	4	12	S2

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 8-11 viser hvor de forskjellige lokalitetene plasserer seg i risikomatrisen med henblikk på sannsynlighet for helserisiko (kostholdsråd) for mennesker ved konsum av fisk og skalldyr.

Tabell 8-11 Plassering av de ulike lokalitetene i risikomatrisen med henblikk på helserisiko (kostholdsråd).

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr	Kostholdsfaktor				
	1	2	3	4	5
<2x					
2x til 4x				Bredals-holmen	
4x til 6x			Vestre havn, Fiskaabukta		
6x til 8x		Kongsgård-bukta	Marvika		
>8x				Hannevika	

S1	S2	S3

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

8.3 Rangering av miljøgevinst ved gjennomføring av tiltak

En oversikt over den samlede vurderingen av de utvalgte lokalitetene er gitt i Tabell 8-12 og Tabell 8-13. Her rangeres Hannevika som det dårligste lokaliteten, dvs. området har størst sannsynlighet for spredning av forurensninger og helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. Et tiltak i Hannevika vil med andre ord ligge til rette for å gi en stor miljøgevinst.

Fiskaabukta rangeres som den nest dårligste lokaliteten med henblikk på sannsynlighet for spredning av forurensninger. For helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr plasserer seg Fiskaabukta først på delt 4. plass. Denne vurderingen er basert på dioksiner i torskelever, i sedimentene ved Fiskaabukta er imidlertid PAH en større forurensning. Hadde sammenlignings-kriteriet vært PAH i blåskjell ville Fiskaabukta ha plassert seg helt i toppen også for Ambisjonsnivå 2.

Det er vesentlig å huske på at alle lokalitetene er vurdert opp mot samme kriterier men at områdene ikke er rangert med tanke på den totale mengden og utbredelsen av miljøgifter på hver lokalitet. Dette gjøres i neste fase når en velger oppryddingsmetode og tiltakets størrelse.

Tabell 8-12 Rangering av lokalitetene med henblikk på Ambisjonsnivå 1 (spredning).

Lokalitet (Rangering i parentes)	**Ambisjonsnivå 1** **Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen** **(En høyere spredningsverdi angir en høyere sannsynlighet)**
Kongsgårdbukta (5)	17
Marvika (3)	18
Vestre havn (6)	13
Hannevika (1)	25
Fiskaabukta (2)	21
Bredalsholmen (3)	18

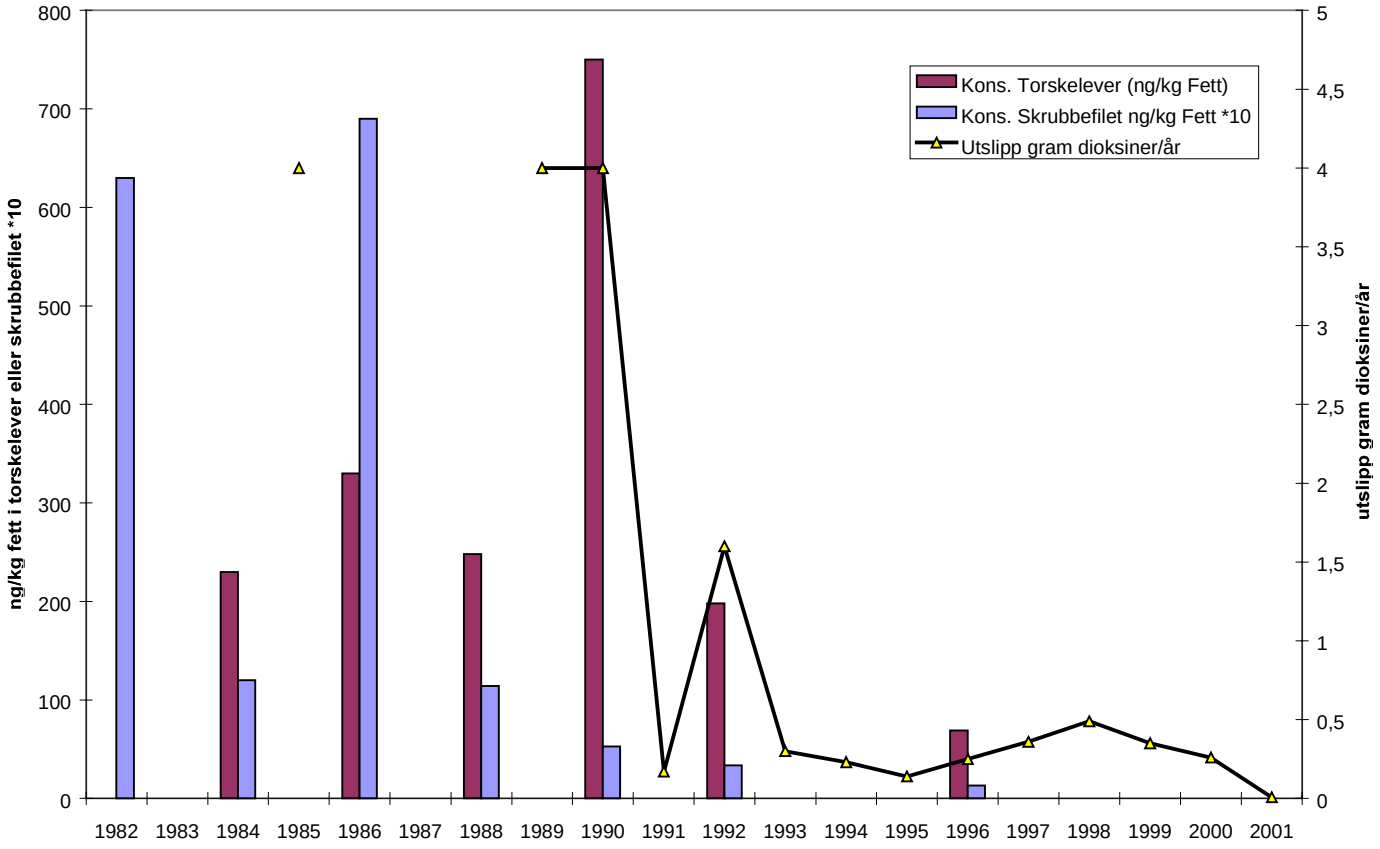
Tabell 8-13 Rangering av lokalitetene med henblikk på Ambisjonsnivå 2 (kostholdsråd).

Lokalitet (Rangering i parentes)	**Ambisjonsnivå 2** **Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr** **(En høyere restriksjonsverdi angir en høyere helserisiko)**
Kongsgårdbukta (3)	14
Marvika (2)	18
Vestre havn (4)	13
Hannevika (1)	24
Fiskaabukta (4)	13
Bredalsholmen (6)	12

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Vurderingen av de forskjellige sedimentene i området rundt Kristiansand er basert på en del antakelser, som er beskrevet nærmere i sine respektive kapitler. En antakelse som er særdeles viktig for vurdering av kostholdsrådene er hvorvidt kilden til miljøgifter i fisk og skalldyr i området virkelig er sedimentene. NIVA (2000) har antydet at det er en annen, aktiv kilde til PCB i området rundt Marvika/Kongsgårdbukta, noe som kan mistenkes når man ser på konsentrasjonene av PCB ($TE_{m.o.\ PCB}$) i blåskjell der. Det er lite hensiktsmessig å rydde opp i de forurensede sedimentene dersom det er andre hovedkilder for opptak av miljøgifter hos marine organismer.

Overvåkningen av Kristiansandsfjorden de siste 20 årene har vist en gradvis forbedring av forholdene i fjorden med tanke på konsentrasjonen av miljøgifter i torskelever og andre organismer. Det er også påvist en tilbakegang i konsentrasjonen i sedimentene for området rundt Hannevika/Vestre havn (NIVA, 1998). Trolig skyldes denne reduksjonen at kildeutslippene er redusert. Hvorvidt det er en direkte korrelasjon mellom redusert sedimentkonsentrasjon og redusert konsentrasjon av miljøgifter i organismer er vanskelig å vurdere. En antydning gir figuren nedenfor som viser hvordan rapporterte utslipp fra Falconbridge av dioksiner har gått tilbake samtidig som konsentrasjonen av dioksiner i fisk går tilbake.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

9 VURDERING AV AMBISJONSNIVÅ 3

Ambisjonsnivå 3 har som mål at tilstanden i Kristiansandsfjorden skal forbedres slik at miljøgifter i fjorden ikke har noen økologiske effekter på biota (fisk, skalldyr, alger etc.).

Dette er et meget ambisiøst miljømål.

En metode for å vurdere null-effekter i sedimentene er å benytte seg av grenseverdier for negative effekter i sedimenter. Det finnes sedimentkvalitetsnormer fastsatt i Canada og Australia og noen amerikanske studier som baserer seg på resultater fra økotoksikologiske tester og feltundersøkelser (ANZECC, 2000; CCME, 2001b). De verdiene som er fastsatt her kan brukes som PNEC-verdier (Predicted No Effect Concentration) for de aktuelle miljøgiftene i sedimentene i Kristiansandsfjorden.

PNEC-verdier bestemmes ved laboratorietester og bunndyrsundersøkelser med varierende konsentrasjoner av miljøgifter. I motsetning til SFTs tilstandsklasser er disse basert på reelle effekter, og ikke statistisk behandling av bakgrunnsverdier. Konsentrasjonene kan i noen tilfeller virke meget konservative, men effekter observeres ofte ved meget lave konsentrasjoner. Der det ikke finnes sedimentkvalitetsverdier (i dette tilfelle for heksaklorbenzen) kan man beregne denne ved å konvertere en PNEC-verdi fra vannlevende organismer til sedimenter ved bruk av omregningsfaktorer.

Ved ikke å tillate konsentrasjoner over PNEC-verdien skal miljøgifter ikke ha noen negative effekter på sedimentlevende organismer. En oversikt over de benyttede PNEC-verdiene for sedimenter i Kristiansandsfjorden er vist i Tabell 9-1.

Som det fremgår av Tabell 9-1 vil omtrent hele Kristiansandsfjorden måtte saneres for å kunne unngå negative effekter overfor sedimentlevende organismer. Spesielt er det nikkel og heksaklorbenzen som slår negativt ut, men også PCB og PAH gir utslag, særlig utenfor området berørt av Falconbridge. Sammenligner man denne vurderingen med de bunndyrsundersøkelsene som er utført, ser vi at det for nikkel og HCB er en liten overvurdering av effektene som følge av utslipp av disse stoffene. PNEC-verdier er da også fastsatt for å være konservative, og ikke gi negative effekter. Det betyr at PNEC-verdiene er basert på forurensning som er lett tilgjengelig og ikke så sterkt bundet til sedimentene, slik tilfellet vil være ved f.eks. en relativt fersk forurensning.

Enkelte parametre slår ut lokalt, som PCB og PAH ved Bredalsholmen, men gevinsten vil trolig være liten ved en opprydning her, samtidig som det ikke er påvist vesentlig redusert artsdiversitet i regionen (NIVA, 1985). For dioksiner er Fiskaabukta satt i parentes, da analyser av sedimentene fra 1996 viser lav konsentrasjon av disse stoffene her, mens ekstrapoleringer av HCB-konsentrasjoner til dioksiner (utført i NIVA, 2001) antyder at de kan være overkonsentrasjoner av dioksiner i sedimentene i forhold til PNEC-verdiene.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 9-1 PNEC-verdier for miljøgifter i sedimenter sammenlignet med tilstandsklasse og tilstanden i Kristiansandsfjorden

Stoff	PNEC-verdi (µg/kg TS)	PNEC-verdi tilsvarer tilstandsklase	Områder i Kristiansandsfjorden hvor sedimenter har konsentrasjon over PNEC-verdi[5)]
Nikkel	21 mg/kg TS[1)]	<I	Alle områder sør for Kristiansand sentrum som inngår i denne undersøkelsen
Heksaklorbenzen (HCB)	15[6)]	IV	Vestre havn, Fiskaabukta, Hannevika og sør for Odderøya
Dioksiner/Furaner (Toksisitetsekvivalenter)	60 ng TE/kg TS[3)]	III	Hannevika, Vestre havn (Fiskaabukta)
PCB	23 [1)] (Sum PCB) [4)] 34,1(Sum PCB)[2)]	II III	Bredalsholmen, Indre Hannevika, Marvika
PAH	552[1)] (2-3 ringer)[4)] 1700[1)] (4+ ringer)[4)] 711,2[2)]	 III II	Fiskaabukta, Vestre havn, Marvika, Bredalsholmen
TBT	12,5[1)]	III	TBT er hovedsakelig analysert i småbåthavner og her ligger konsentrasjonen over PNEC-verdi

[1)] Fra ANZECC (2000)
[2)] Fra CCME (2001). PAH-verdiene er sum av grenseverdier for individuelle PAHer minus naftalener
[3)] Fra US EPA (2000). Denne verdien tar kun for seg effekter overfor fisk og andre vannlevende organismer, ikke pattedyr og fugl.
[4)] Normalisert til 1 % karbon. Dette gjelder trolig også CCMEs vurderinger, men dette er ikke spesifisert i deres lister.
[5)] Vurdert i forhold til tall fra NIVA (2001) og NIVA (2000).
[6)] Ved å bruke PNEC-verdi for HCB i vannnlevende organismer på 6,5 ng/l (CCME, 2001a) og en K_{OC}-verdi på 120.000 l/kg (IUCLID, 1996) får man en $PNEC_{Sediment}$-verdi på 15 µg/kg TS, normalisert til 5% organisk karbon.

Generelt blir vurderingen av nulleffekter overfor sedimentlevende organismer at det vil være nødvendig å redusere konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene i Hannevika, ytre deler av Vestre havn, Fiskaabukta og deler av Marvika. Hvis en ser på nikkel så vil alle kartlagte områder sør for Kristiansand sentrum kreve tiltak. Dette er et meget ambisiøst prosjekt, som også forutsetter at de aktive kildene som fremdeles eksisterer fjernes.

Et tiltak som innbefatter hele det kartlagte området sør for Kristiansand sentrum vil være på flere km^2. Hvis en antar at det er tilsammen 5 km^2 som tildekkes til en kostnad av 200 kr/m^2 (se Appendiks B) så vil det koste 1 milliard kr.

Med slike krav til renhet på sedimenter er det svært vesentlig å utføre meget grundige tiltak mot aktive kilder (se kapittel 5.1).

Aktuelle tiltak vil da kunne være:

- Rensing av utslipp fra Falconbridge og Elkem som gir tilnærmet nullutslipp av miljøgifter
- Fjerning av alle forurensningskilder på land i Marvika og Kongsgårdbukta
- Rensing av overvann fra Kristiansand by før det slippes ut i fjorden
- Småbåthavner utformes slik at eventuelle utslipp fra virksomhet i havnen ikke kan gå til sjø
- Strenge restriksjoner med henblikk på skipstrafikk (oppvirvling)

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10 OPPRYDDINGSMETODER FOR FORURENSEDE SEDIMENTER I KRISTIANSANDSFJORDEN

I dette kapitlet gjennomgås oppryddingsmetoder for forurensede sedimenter og metoder som er egnet for Kristiansandsfjorden. Det finnes etterhvert en rekke oppryddingsmetoder for forurensede sedimenter. De viktigste er:

- Tildekking - De forurensede sedimentene dekkes til med rene masser.
- Stabilisering - De forurensede sedimentene stabiliseres in situ med f.eks. sement slik at miljøgifter ikke kan lekke ut.
- Nedbrytning - Luft/oksygen injiseres i sedimentene in situ for å stimulere raskere nedbrytning av organiske miljøgifter (f.eks. lette hydrokarboner)
- Sugemudring – Forurensede sedimenter suges opp fra bunnen og transporteres til land for videre behandling eller deponering.
- Grabbmudring - Forurensede sedimenter tas opp fra bunnen med en grabb og transporteres til land for videre behandling eller deponering.
- Dypvannsdeponi – Forurensede sedimenter som er fjernet ved mudring deponeres på dypere vann og dekkes til.
- Deponering med overdekking (”Flip-flop”) - Forurensede sedimenter som er fjernet ved mudring deponeres på dypere vann og dekkes til med underliggende rene sedimenter.
- Strandkantdeponi (enkelt) – Forurensede sedimenter plasseres direkte i deponiet, overskuddsvann dreneres tilbake til sjøen via et damfilter.
- Strandkantdeponi (avansert) – Forurensede sedimenter avvannes før de plasseres i deponiet.
- Avvanning – Vann separeres fra forurensede sedimenter som er tatt opp f.eks. ved hjelp av filterbåndspresse (ev. må det separerte vannet også renses).
- Separering – Ren fraksjon av sedimentene separeres fra forurenset fraksjon. Kan utføres vha. hydrosyklon.
- Biologisk behandling – Utføres på land ved hjelp av f.eks. rankekompostering. Sedimentene må avvannes først. Forutsetter at forurensningen er biologisk nedbrytbar.
- Deponering på land – Sedimentene deponeres i et godkjent deponi på land. Vil normalt kreve avvanning før deponering.
- Termisk behandling – Forurensningen fjernes ved oppvarming av sedimentene. Vil normalt kreve avvanning før behandlingen.

I Appendiks B er det gitt en mer utdypende beskrivelse av de forskjellige metodene og enhetskostnader (eks. avgifter) basert på erfaring med slike metoder i Norge og utlandet. Som det fremgår av tabellen er mange metoder svært kostbare og derfor neppe aktuelle for Kristiansandsfjorden. Mange metoder er ikke utprøvd i Norge og har derfor en ekstra usikkerhet.

For Kristiansandsfjorden vurderes følgende oppryddingsmetoder som aktuelle:

- Tildekking (kapittel 10.1)
- Mudring og deponering (kapittel 10.2)

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Det er fortsatt meget dyrt å rense forurensede sedimenter. Det er derfor ikke tatt med et alternativ hvor sedimentene renses. Inntil videre må sedimenter som fjernes fra bunnen (mudres) deponeres uten at de renses. Derimot vil det normalt være lønnsomt (og nødvendig) å avvanne sedimenter som mudres.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.1 Tildekking med rene masser

Beskrivelse av metoden:

De forurensede sedimentene tildekkes med rene masser slik at miljøgifter ikke er tilgjengelige for marine organismer. Normalt brukes sand til tildekkingen eventuelt kan også silt eller fin grus brukes. Minimum mektighet på dekklaget bør være 30 cm. På grunn av at det er vanskelig å legge ut et jevnt lag vil dekklaget være 50-60 cm (EPA, 1994).

Mange ganger legges det først en fiberduk over de forurensede sedimentene. Dette gjøres for at ikke de rene dekkmassene skal synke ned i de forurensede sedimentene (gjelder spesielt ved myk bunn).

Skal det legges fiberduk blir det kostbart ved store vanndybder. Plasseringen av dekkmasse er også mulig på større vanndybder, men presisjonen på plasseringen risikerer å bli dårligere.

Alternativ variant 1: I Hannevika er det planlagt å dekke til forurensede sedimenter med en siltig sand som kommer fra bygging av den nye Oddernestunnelen. Her er det planlagt å sløyfe fiberduken og legge den siltige sanden direkte over de forurensede sedimentene. Det betyr at en må være spesielt observant på at dekkmassen ikke synker inn i svært myke sedimenter eller slam som skal tildekkes. Imidlertid er det i 1998 utført en vellykket test med dumping av sand i Hannevikbukta på forholdsvis mykt slam og gytje (NIVA, 1999).

Alternativ variant 2: I tilfelle at et område skal tildekkes hvor det er stor risiko for at dekkmassen ikke blir liggende stabilt kan det tildekkes med betongmadrasser. Betongmadrasser består av en kraftig forsterket duk som er fylt med betong og som kan legges ut direkte på de forurensede sedimentene. Betongmadrasser er brukt i forbindelse med saneringen av Hortenskanalen.

Alternativ variant 3: En annen mulighet er å legge filterduk på de forurensede sedimentene uten bruk av dekkmasse. Dette er såvidt vites ikke prøvd ut tidligere. Tanken er at duken beskytter de forurensede sedimentene og etterhvert tildekkes ved hjelp av den naturlige sedimentasjon som foregår i fjorden. Det forutsettes at kilder på land som forurenser fjorden stoppes slik at tilførte sedimenter har et lavt innhold av miljøgifter.

I de følgende kostnadsberegningene for Kristiansandsfjorden er det antatt at det må legges et dekklag på 40 cm. Det er antatt samme tykkelse av dekklaget uansett om det legges med fiberduk eller ikke. Fiberduken er en ekstra sikkerhet som separerer dekklaget og de forurensede sedimentene. I et meget langt tidsperspektiv regner en med at duken blir borte (brytes ned biologisk). Nøyaktig tykkelse av dekklaget vil bli valgt av prosjekteringsgruppen for tiltaket. For nærmere informasjon om de stedlige forholdene vises til rapport fra forsøket med tildekking av sedimenter i Hannevikbukta (NIVA, 1999).

Eventuelt forarbeid:

I forkant av tildekkingen må bunnen ryddes for gjenstander som vil forstyrre tildekkingen. F.eks. i havneområder er det mange ganger store mengder skrot på bunnen som bør fjernes i forkant av tildekkingen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Metoden krever i tillegg:

Når tildekkingen er avsluttet er tiltaket i prinsipp avsluttet. Hvis det er fare for stor oppvirvling og spredning av forurensede sedimenter under tildekkingen kan det være behov for et siltgardin. Et siltgardin er en geotekstil som plasseres vertikalt i vannmassen og som skal fange opp partikler som spres.

Det kan også være behov for overvåking for å se om tiltaket har hatt ønsket effekt.

Vesentlige faktorer som påvirker kostnaden:

Forurenset areal, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype.

Utførte prosjekter i Norge:

I Eitrheimsvågen i Odda ble i 1992 ca. 100.000 m^2 sedimenter som var forurenset med tungmetaller tildekket. De ble tildekket med en geotekstil fulgt av 0,3 m sand. Maksimal vanndybde i tiltaksområdet var 10 m. Tiltaket kostet 36 millioner kr, dvs. ca. 360 kr/m^2 (ikke justert for prisstigning). Tiltaket medførte en stor reduksjon i lekkasje og spredning av tungmetaller fra de forurensede sedimentene.

Alternativ variant 1: Prosjektet i Hannevika er ennå ikke utført. I 1999 ble det laget et budsjett på 6,2 mill. kr hvor transport av den siltige sanden med fallbunnlekter og utlegging ble anslått til 3,8 mill. kr og planlegging, søknader, oppfølging, overvåking til 2,4 mill. kr. Dette var for tildekking av ca. 250.000 m^2 sjøbunn med 0,5 m mektighet dvs. ca. 125.000 m^3 siltig sand. Det var da forutsatt at den siltige sanden ble levert gratis helt frem til lekteren. Dette på grunn av at Statens Vegvesen uansett måtte kvitte seg med sanden fra tunnelen. Lars Berg-Christensen i Sørlandskonsult som arbeider med prosjektet antar at overslaget kan være noe optimistisk (for lavt). Prosjektet vil uansett være gunstig kostnadsmessig. Med det ”optimistiske” overslaget vil kostnaden for å dekke til i Hannevika være 25 kr/m^2. Hvis en må kjøpe sand (120 kr/m^3=60 kr/m^2) og lastebiltransport (30 kr/m^3=15 kr/m^2) øker prisen til ca. 100 kr/m^2.

Alternativ variant 2: Betongmadrasser som ble lagt i Hortenskanalen (2 m vanndyp) ble beregnet til å koste ca. 350 kr/m^2 ferdig utlagt. Drøyt 10.000 m^2 ble lagt ut.

Alternativ variant 3: Kostnad for kun å legge filterduk på de forurensede sedimentene uten bruk av dekkmasse er ikke kjent. Antatt at 250.000 m^2 skal dekkes med fiberduk så vil den ferdigsydde duken kunne koste 50 kr/m^2. Selve planleggingen, utleggingen etc. antas å koste 25 kr/m^2 (samme som å legge ut sand med fallbunnlekter). Det betyr at totalkostnaden neppe vil overskride 75 kr/m^2.

I tilfelle en ønsker å prøve ut metoden kan det gjøres i et pilotprosjekt hvor en f.eks. legger ut 100 x 100 m fiberduk på sjøbunnen, og siden overvåker duken med jevne mellomrom.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.2 Mudring og deponering

Beskrivelse av metoden:

De forurensede sedimentene fjernes fra sjøbunnen ved mudring. For forurensede sedimenter er det mest aktuelt med sugemudring. Eventuelt kan også grabbmudring brukes men det gir normalt større oppvirvling. Med sugemudring kan tynne lag på noen få cm fjernes. Med grabbmudring er det vanskelig å fjerne tynnere lag en 20-30 cm.
Sedimentene som er fjernet kan pumpes i ledning til land eller plasseres på en lekter som frakter dem til land. Avvanning kan utføres direkte på mudringsfartøyet, på lekteren eller på land.

Eventuelt forarbeid:

I forkant av mudringen må bunnen ryddes for gjenstander som vil forstyrre mudringen. Dette gjelder spesielt ved sugemudring. Ved grabbmudring kan ev. gjenstander fjernes parallelt med mudringsarbeidet.

Metoden krever i tillegg:

Mudringen krever også et sted å deponere muddermassen. Anbefalte deponiløsninger er beskrevet senere i kapittel 10.2.1. Muddermasser som deponeres bør være avvannet. Typisk vanninnhold i masser som er mudret er 85-90 % (EPA, 1994). Avvanningsmetode velges avhengig av hvor tette sedimentene er. For tettere masser vil avvanningen f.eks. kunne utføres med filterbåndspresse. For grøvre masser kan f.eks. vannet som renner av fra sedimentene samles opp på en tett plate. En annen mulighet er å plassere muddermassen i et strandkantdeponi og siden drenere vannet via et filter fra deponiet tilbake til sjøen. Dette fungerer for partikkelbundet forurensning og når filteret ikke slipper igjennom partikler (ref. Haakonsvern). Muligens må vannet tilsettes fellingskjemikalier før filtrering. Dette avhenger av partikkel-størrelsen.

Hvis det er fare for stor oppvirvling og spredning av forurensede sedimenter under mudringen kan det være behov for et siltgardin. Et siltgardin er en geotekstil som plasseres vertikalt i vannmassen og som skal fange opp partikler som spres. Det kan også være behov for overvåking for å se om tiltaket har hatt ønsket effekt.

Vesentlige faktorer som påvirker kostnaden:

Forurenset areal, Tykkelse på forurenset sedimentlag, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype.

Utførte prosjekter i Norge:

Det pågår ett stort miljømudringsprosjekt i Norge ved Haakonsvern orlogstasjon i Bergen. Her pågår for tiden mudring av ca. 400.000 m^2 sedimenter som er forurenset med bl.a. PCB, PAH og tungmetaller. Antatt volum som skal mudres totalt er ca. 80.000 m^3. Maksimal vanndybde hvor det skal mudres er ca. 60 m. Muddermassen pumpes til et sjødeponi (strandkantdeponi) med et damfilter. Filtret skal slippe igjennom vann, men ikke forurensede partikler. Tiltaket ble i år 2000 budsjettert til ca. 130 millioner kr (ikke justert for prisstigning). Det gir en kostnad på ca. 325 kr/m^2.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.2.1 Deponeringsalternativer

I dette kapitlet gjennomgås anbefalte deponiløsninger for forurensede sedimenter som fjernes fra sjøbunnen. Det er i prinsipp to behov som skal løses med deponier:

- Deponering av forurensede sedimenter fra opprydding på lokaliteter hvor dette er anbefalt i denne rapporten.
- Øvrig fremtidig behov for deponering av forurensede sedimenter. Eksempel på slik deponering kan være masser som må mudres for å oppnå tilstrekkelig innseilingsdybde for fartøyer.

10.2.1.1 Strandkantdeponi Kongsgårdbukta

Beskrivelse: Kristiansand kommune har planer om å utvikle området fra Kongsgårdbukta og opp til Vigebukta til havne- og industriområde (Kristiansand kommune, 2000). I forbindelse med utbyggingen i Kongsgårdbukta skal det etableres en spuntvegg i sjøen og siden fylles ut bak spuntveggen med løsmasser for å innvinne land til kaien. På innsiden av denne spuntveggen er det behov for tilbakefylling med løsmasser (Sørlandskonsult, 2001, PM nr. 21). Det bør her være mulighet for å tilbakefylle med mudrete forurensede sedimenter fra Kristiansandsfjorden slik at det blir et strandkantdeponi. Spunten må lages helt tett slik at det ikke er risiko for utlekking fra de forurensede massene. En løsning vil være å stabilisere massene med f.eks. kalk, før de plasseres bak spunten.
Kapasitet: I henhold til den siste reguleringsplanen (31.08.01) er kailinjen plassert langt ut i sjøen ved Kongsgårdbukta slik at deponikapasiteten bør være minst 500.000 m^3.
Krav til masser: Løsmasser, helst sandig silt eller siltig sand (Sørlandskonsult, 2001, PM nr. 21).
Tidspunkt: Deponiløsningen er tilgjengelig under byggeperioden, etter at spunten er etablert. Deponiet er med andre ord best egnet for masser som kommer fra opprydding på lokaliteter hvor det foreligger konkrete planer om dette.
Kostnad: Løsningen antas å være gunstig kostnadsmessig. Spunten må uansett etableres, noe tilleggskostnader må beregnes for å få spunten helt tett og lukke andre mulige spredningsveier fra den deponerte muddermassen. Kostnad antas å være lik kostnad for enkelt strandkantdeponi dvs. en laveste enhetskostnad på 150 kr/ m^3 (se Appendiks B).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.2.1.2 Strandkantdeponi sammen med utfylling av sprengstein ved Vige

Beskrivelse: Kristiansand kommune har planer om å utvikle området fra Vigebukta og opp til Kongsgårdbukta til havne- og industriområde (Kristiansand kommune, 2000). På denne strekningen foreslås i planen at kailinjen utvides ut i sjøen. Dette skal oppnås ved å fylle ut området med fyllmasser. Det gir en landinnvinning på ca. 150 daa (150.000 m^2). Ved full utbygging trenger en ca. 3 mill. m^3 fyllmasser. Hoveddelen av massene trengs for utfylling i Vigeområdet. I forbindelse med utfyllingsarbeidene bør det også være mulig å utnytte området til strandkantdeponi for forurensede sedimenter. Dette forutsetter en tetting av mulige lekkasjeveier i deponiområdet. Ut mot sjøen må det f.eks. etableres en tett vegg (spunt, støpt betongvegg eller lignende). Det vil også være aktuelt å stabilisere hele eller deler av massene med f.eks. kalk, før de plasseres.
Kapasitet: Meget usikkert. Teoretisk kan sannsynligvis opp til ca. 1 mill. m^3 forurensede sedimenter deponeres.
Krav til masser: I prinsipp kan alle typer masser deponeres. Imidlertid må ikke vanninnholdet være for høyt og det må tas hensyn til gassdannelse ved høyt organisk innhold.
Tidspunkt: Deponering ved Vige bør utføres over en begrenset tid slik at deponiet kan avsluttes. Det er da aktuelt å støpe et vanntett lag (f.eks. tett asfalt) over hele området for å forhindre tilsig av vann.
Kostnad: Løsningen antas å være gunstig kostnadsmessig. Kostnaden er bl.a. avhengig av hvor omfattende tettingsarbeider som kreves for å forhindre utlekking. Kostnad antas å være lik kostnad for enkelt strandkantdeponi dvs. en laveste enhetskostnad på 150 kr/ m^3 (se Appendiks B).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.2.1.3 Deponering i fjellhaller ved Falconbridge

Beskrivelse: På Falconbridge Nikkelverk finnes store fjellhaller. Her deponerer Falconbridge bl.a. metallholdig slam (hovedsakelig jernslam) fra sin produksjon. I disse fjellhallene kan det teoretisk også etableres noe plass til deponering av muddermasser. Det vurderes som mest aktuelt å deponere forurensede sedimenter som ligger rett utenfor Falconbridge i fjellhallen.
Kapasitet: Avhengig av hvor mye plass Falconbridge setter av i fjellhallene til deponering av forurensede sedimenter. De etablerer nye fjellhaller løpende når de trenger ny plass. For tiden er de ved å etablere en ny fjellhall som kan motta ca. 50.000 m^3 slam/avfall. Falconbridge genererte i år 2000 ca. 10.000 m^3 slam/avfall dvs. at ved tilsvarende mengder fremover vil den nye fjellhallen fylles opp i løpet av ca. 5 år. Den fremtidige planlagte produksjonsutvidelsen vil bare generere ca. 1.000 m^3 slam/avfall i tillegg pga. at de vil bruke en renere råvare for produksjonen. Det virker neppe realistisk å deponere mere enn maks. ca. 5.000 m^3 forurensede sedimenter årlig i fjellhallene hvis en ikke skal bygge fjellhaller bare til deponering av forurensede sedimenter.
Krav til masser: Ikke så vannholdige at det er risiko for avrenning.
Tidspunkt: Forholdsvis fleksibelt når masser kan deponeres.
Kostnad: Meget usikkert. Det antas en kostnad på ca. 500 kr/m3. Eventuelt kreves også avvanning (150 kr/m3)

10.2.1.4 Andre deponiløsninger

Såkalte ”dypvannsdeponier” er noe som vurderes mange steder i Norge, for eksempel for å deponere forurensede sedimenter fra Oslo havn i Oslofjorden. Det er ikke foreslått noe slikt deponeringssted i foreliggende rapport. En skal ikke se bort ifra at det er mulig å gjennomføre slik deponering i Kristiansandsfjorden. Imidlertid foregår en rekke prosjekter i området for landvinning. Det vurderes som sikrere å etablere deponier for forurensede sedimenter i forbindelse med landvinningen.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

10.2.2 Deponering og spesialavfallsforskriften

De tiltenkte deponiene skal ikke motta spesialavfall. For vurdering av spesialavfall brukes spesialavfallsforskriften og stofflisten. Følgende grenser gjelder i henhold til denne for aktuelle miljøgifter Kristiansandsfjorden:

Stoff	**Grense**	**Konsentrasjoner for forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden**
PAH er en gruppe av stoffer. Benzo[a]pyren regnes som den farligste stoffet. Grensen for benzo[a]pyren er oppgitt.	100 mg/kg	0,2 til 15 mg/kg TS (benzo[a]pyren)
PCB	50 mg/kg TS	0,02 til 1 mg/kg TS (PCB-7)
HCB	1.000 mg/kg TS	300 til 2.500 mg/kg TS (kun noen få prøver over 1.000 mg/kg TS)
Dioksiner/Furaner	Ingen grenser	0,1 til 1 µg/kg TS
Nikkel	100 mg/kg TS	600 til 6.000 mg/kg TS
Kvikksølv	1.000 mg/kg TS	0,1 til 1 mg/kg TS

Karl Nordbraathen i SFT opplyser at spesialavfallsforskriften normalt ikke kan brukes ”rett frem” for å vurdere om forurensede sedimenter eller jord er spesialavfall. Målte konsentrasjoner er mange ganger ikke tilgjengelige for mennesker. Analyser av miljøgifter i sedimenter utføres ved at stoffene ekstraheres med sterke løsemidler. En vurdering av om miljøgifter kan deponeres i for eksempel et strandkantdeponi må baseres på en egen risikovurdering. At dioksiner/furaner ikke inngår i spesialavfallsforskriften betyr selvfølgelig ikke at de kan håndteres fritt. Det gjøres her en vurdering fra gang til gang hvordan disse stoffene kan håndteres forsvarlig.

For Kristiansandsfjorden er det nikkel og dioksiner/furaner som bør vurdere spesielt i forhold til spesialavfallsforskriften og tilgjengelighet. Som en liten illustrasjon av problematikken kan nevnes at nikkel i sedimenter i tilstandsklasse II ”moderat forurenset” (SFT-veileder 97:03) har en konsentrasjon på mellom 30-130 mg/kg TS. Dette viser at det er uoverensstemmelser mellom inndeling i tilstandsklasser og spesialavfallsforskriften.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11 OPPRYDDINGSMETODER FOR DE UTVALGTE LOKALITETENE

I dette kapitlet vurderes oppryddingsmetoder for de utvalgte lokalitetene hvor det utføres en nærmere tiltaksvurdering.

De utvalgte lokalitetene er delt opp i tre geografiske hoveddeler:

- Kongsgårdbukta og Marvika som ligger lengst i nord.
- Vestre havn, Hannevika og Fiskaabukta ligger i det mest forurensede området med Hannevika i sentrum.
- Bredalsholmen ligger lengst i sør og har et skipsverft som hovedforurensningskilde.

For hvert av disse områdene gis det først en sammenstilling av informasjon vedrørende forurensning, spredningsretning og spredningsgradienter.

Tiltak for hver lokalitet vurderes siden med henblikk på Ambisjonsnivå 1 (spredning) og Ambisjonsnivå 2 (kostholdsråd). Oppheving av kostholdsråd vil i de fleste tilfeller medføre et mer omfattende tiltak enn å forhindre spredning.

11.1 Vurdering av størrelse på tiltaksareal for Ambisjonsnivå 1

For vurdering av Ambisjonsnivå 1 (spredning) er det satt opp noen felles regler slik at størrelsen på tiltaksareal for de forskjellige områdene vurderes likt:

- Områder med vanndybde over 20 m vurderes å være lite utsatt for spredning. Vanndybden 20 m er valgt bl.a. på bakgrunn av en studie av effekt av propellstrøm fra ”danskefergene” i Oslo havn (NIVA, 1995).
- Skipstrafikk og båttrafikk (oppvirvling) gir spredning. En ”danskeferge” stikker ca. 6,5 m ned i vannet. Propellaksel er på 4,5 m dyp og har en diameter på ca. 4,3 m (NIVA, 1995). I Kristiansand havn finnes bl.a. Color Lines skip ”Silvia Ana” bruker vannjet og kan gi kraftig oppvirvling. NIVA utfører en separat studie av oppvirvling av skipstrafikk i Kristiansand havn (rapport foreligger ikke ennå).
- Fine sedimenter som lett virvles opp gir spredning.
- Sedimenter i tilstandsklasse IV (sterkt forurenset) eller høyere gir grunnlag for tiltak.
- Sterk strøm gir spredning.
- Tykke forurensede sedimentlag gir ekstra grunnlag for tiltak.

11.2 Vurdering av størrelse på tiltaksareal for Ambisjonsnivå 2

Tilsvarende er det satt opp felles regler for tiltaksareal basert på Ambisjonsnivå 2 (kostholdsråd):

- Det antas at en reduksjon i konsentrasjon av miljøgifter i sedimentene gir tilsvarende reduksjon i fisk og skalldyr. Dette er egentlig mer komplisert. FFI (2001) viser til en undersøkelse som konkluderer med at f.eks. forholdet mellom dioksiner i krabber og sedimenter ikke er konstant. Ved lave dioksinkonsentrasjoner i sedimentene kan forholdet

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

f.eks. være 10 (høy akkumulering) og ved høye dioksinkonsentrasjoner i sedimentene kan forholdet f.eks. være 0,1 (lavere akkumulering).

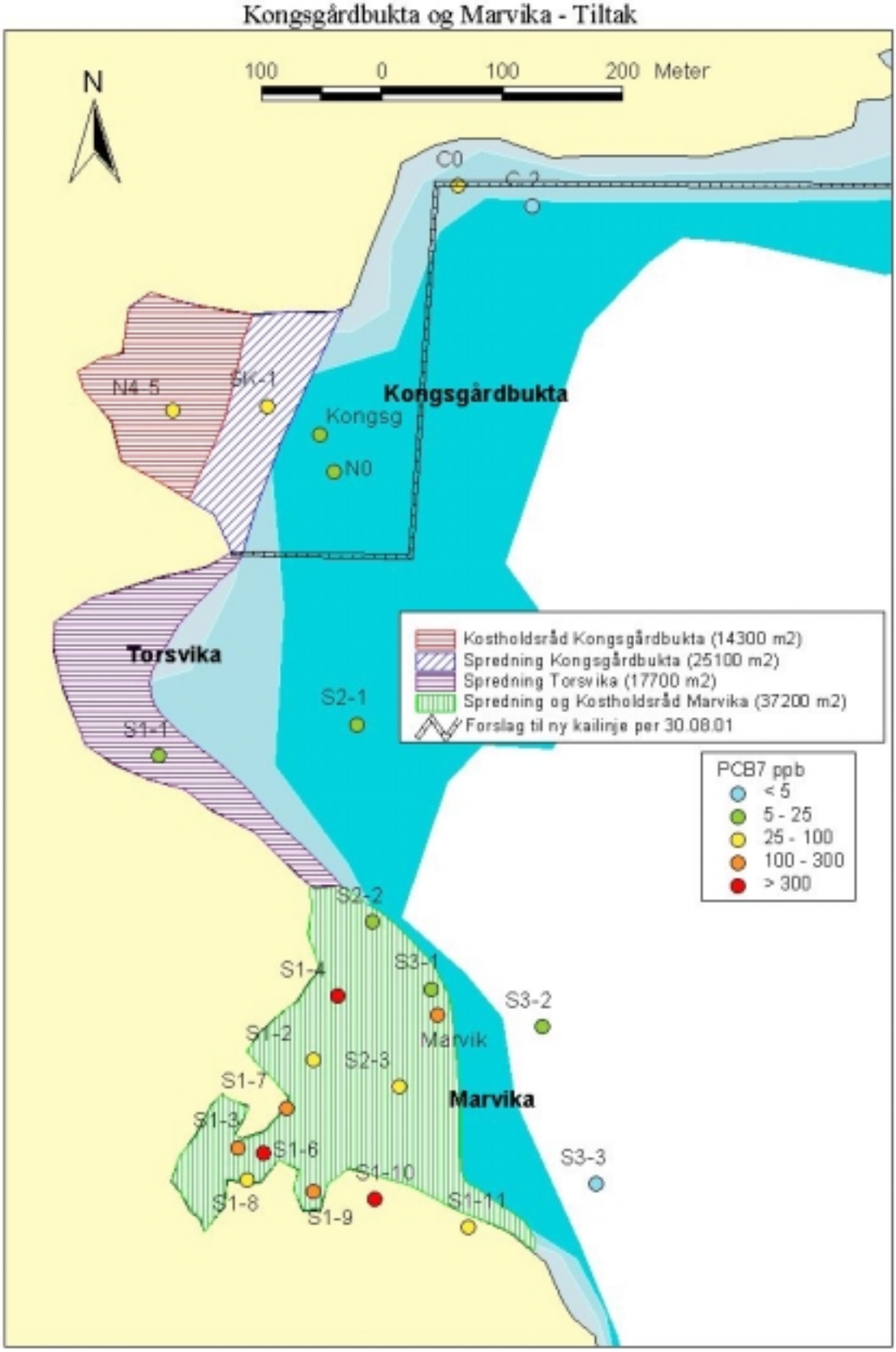
- Ved etablering av saneringsmål legges det vekt på de miljøgifter som har utløst kostholdsråd.
- Tiltaket skal redusere konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene til omtrent det nivå som kreves for å oppheve kostholdsråd. En ser da på den overkonsentrasjon som er funnet i torskelever i forhold til kostholdsråd.
- Spredningsgradienter for de aktuelle miljøgiftene brukes for å avgrense tiltaksområdet.

11.3 Modell som er brukt for kostnadsberegning av tiltak

Kostnader er beregnet ved hjelp av DNVs modell for beregning av tiltak i forurensede sedimenter i norske fjorder. Denne ble utviklet for SFT i forbindelse med SFTs rapport vedrørende ambisjonsnivåer og strategi for arbeidet med forurenset sjøbunn (SFT, 2000). Denne er basert på tidligere utførte tiltak i Norge (Eitrheimsvågen, Haakonsvern etc.) og utenlandske erfaringer. En beskrivelse av modellen med enhetskostnader er vedlagt i Appendiks B. I tillegg er noen kostnader tatt frem spesielt for Kristiansandsfjorden, bl.a. for tildekking med sand fra Oddernestunnelen. Disse prisene er oppgitt i kapittel 10.1 til 10.2.1. Alle kostnader er oppgitt eks. avgifter.

Eventuelle bruksrestriksjoner som tiltaket medfører er også oppgitt.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.4 Kongsgårdbukta og Marvika

11.4.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter

Området er generelt forurenset av både tungmetaller og organiske miljøgifter. Forholdsvis høye PCB-verdier i sedimenter er registrert spesielt i Marvika (se Tabell 11-1). Torsvika som ligger mellom Marvika og Kongsgårdbukta har også høye konsentrasjoner i stasjon S1-1 når en kommer et stykke ned i sedimentet.

Marvika har kostholdsråd på fiskelever. I en miljøgiftundersøkelse for havner i Agder 1997-98 ble det funnet svært høye verdier av spesielt mono-ortho PCB i torskeleverprøver fra Marvika (NIVA, 2000).

Det er også høye PAH-konsentrasjoner i sedimenter i Marvika, undersøkelser av blåskjell viser imidlertid forholdsvis beskjedent opptak, rangert som SFT tilstandsklasse III (NIVA, 2000).

Tabell 11-1 PCB7-analyser i sedimenter fra Kongsgårdbukta, Torsvika og Marvika i forskjellige dybder (µg/kg tørrstoff).

Sted	Stasjon*	Dybde (målt fra overflate sediment)			
		0-2 cm	2-5 cm	5-10 cm	>10 cm
Kongsgård-bukta	C0	77		73	-
Kongsgård-bukta	C2	7		8	
Kongsgård-bukta	N4-5	60			154 (25-30 cm)
Kongsgård-bukta	SK-1	41	48	44	25
Kongsgård-bukta	N0	18			22
Torsvika	S1-1	12	148	185	536
Torsvika	S2-1	9	8	16	-
Marvika	S2-2	22	724	334	-
Marvika	S1-3	197	204	31	25
Marvika	S1-4	1221	266	169	481
Marvika	S1-6	304	204	548	72
Marvika	S3-1	14	121	36	-
Marvika	S3-2	20	23	17	145 (PCB138 er 140 ppb, analysefeil ?)
Marvika	S3-3	5	7	8	3
Marvika	S2-3	46	92	141	129
Marvika	S1-11	37	225	65	-

* Stasjonenes beliggenhet fremgår av oversiktskartet. Det er PCB-analyser fra overflatelaget i sedimentene som er vist på kartet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Spredningen av PCB i det øverste sedimentlaget fra Marvika er vist på figur nedenfor. Hvis en går i sør-østlig retning fra innerst i Marvika nær land langs kaier så varierer PCB-konsentrasjonen uten å ha noen tydelig trend. Dette kan tyde på utslipp av miljøgifter fra kaiene.

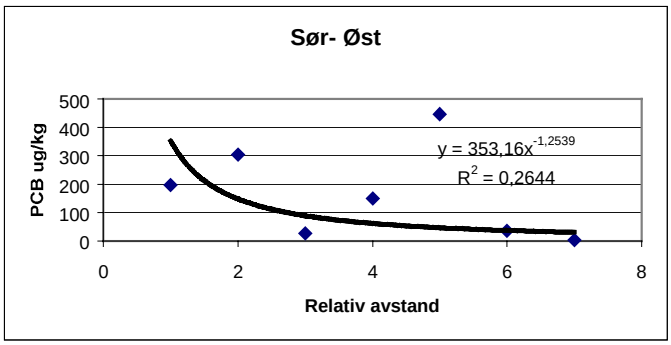
Går en nordover fra innerst i Marvika er det en trend hvor PCB-konsentrasjonen synker inntil en kommer til stasjon S1-4. Stasjon S1-4 ligger omtrent rett utenfor en grunnvannsbrønn (BRSK23) på land hvor NOTEBY i 2000 fant slam med PCB-konsentrasjon på 29.000 µg/kg tørrstoff.

Går en rett øst ut fra Marvika så synker konsentrasjonen etterhvert som en kommer ut på dypere vann og bort fra land.

For flere stasjoner i Marvika ligger de høyeste PCB-konsentrasjonene et stykke ned i sedimentet. Dette gjelder imidlertid ikke stasjon S1-4 hvor den aller høyeste konsentrasjonen i Marvika er registrert. Dette kan tyde på at det her fortsatt er en eller flere aktive kilder på land som bidrar. Et aktuelt tiltak vil være å få tømt grunnvannsbrønn BRSK23 for PCB-holdig slam.

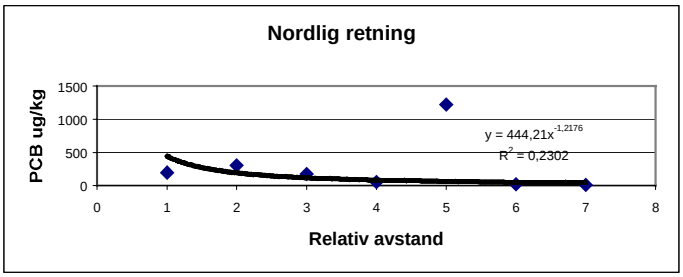
Sør øst

Stasjon	Rekkefølge	PCB7 ug/kg
S1-3	1	197
S1-6	2	304
S1-8	3	27
S1-9	4	150
S1-10	5	447
S1-11	6	36
S3-3	7	4



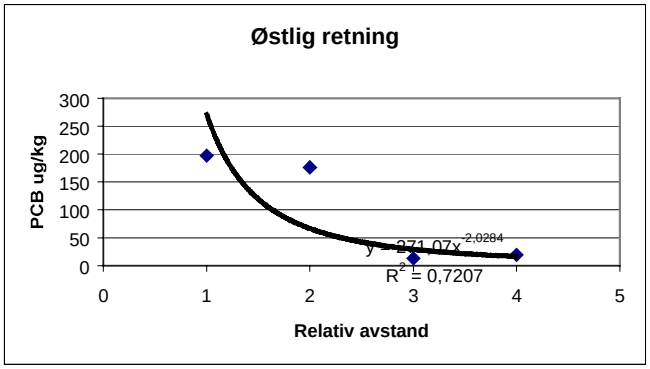
Nord

Stasjon	Rekkefølge	PCB7 ug/kg
S1-2	4	56
S1-3	1	197
S1-4	5	1221
S1-6	2	304
S1-7	3	176
S2-1	7	7
S2-2	6	21



Øst

Stasjon	Rekkefølge	PCB7 ug/kg
S1-3	1	197
S2-3	2	176
S3-1	3	13
S3-2	4	19



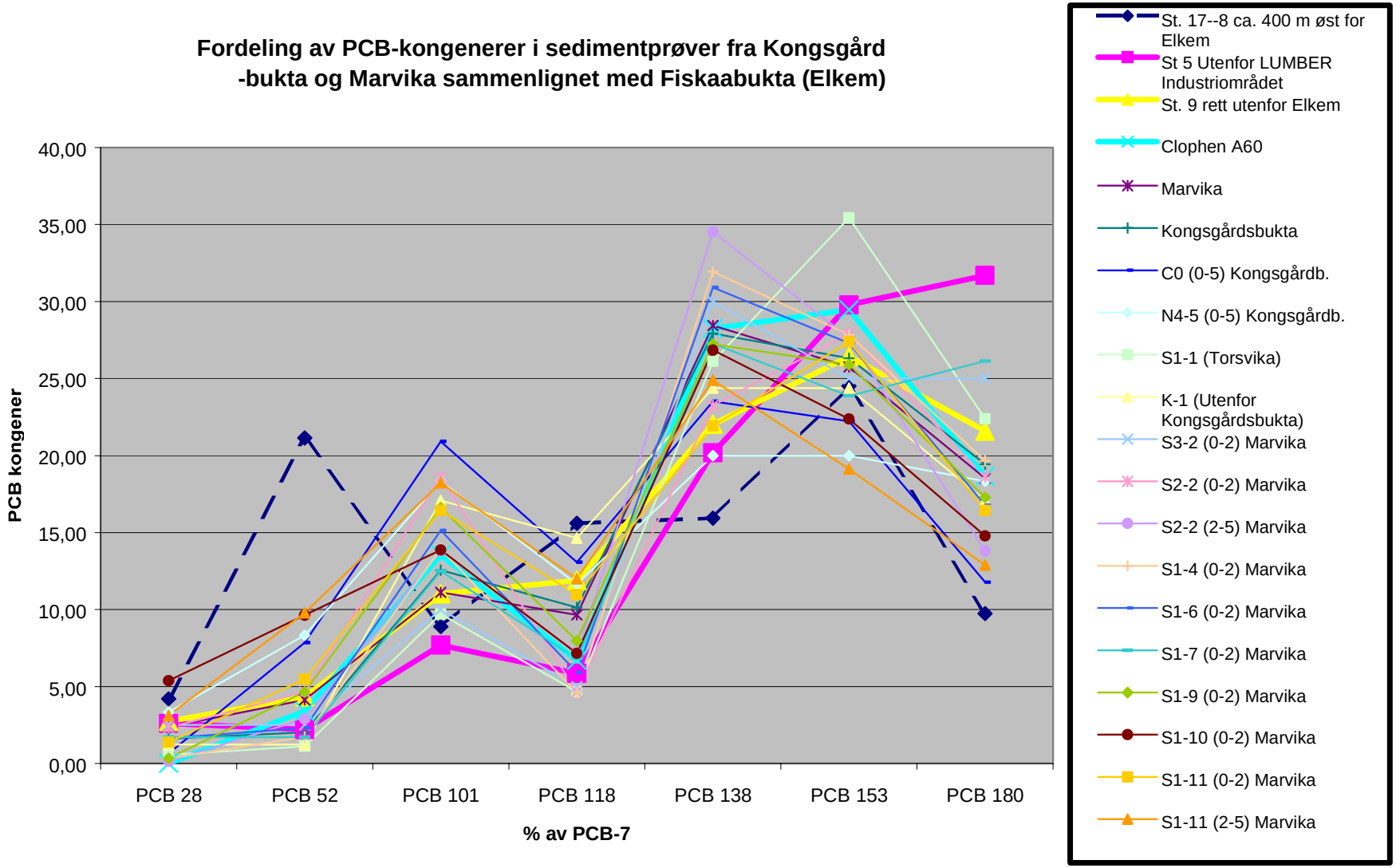
Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Det er utført en sammenligning av de forskjellige PCB-prøvene av sedimenter som er analysert i området Kongsgårdbukta, Torsvika og Marvika.

Sammenligningen som er vist på følgende side viser at PCB-typen som er funnet i området er forholdsvis lik. Figuren viser prosentandelen hver enkeltkongener utgjør i hver prøve. Prøvene ligner på en tyngre PCB-type med forholdsvis høyt klorinnhold. Som sammenligning er fordelingen for Clophen A60 (60% klorinnhold) inntegnet. PCB-prøver tatt utenfor Elkem er også vist, de har ikke helt samme mønster.

Det er imidlertid usikkert om hele området har samme kilde til PCB-forurensningen. Fra marinebasen og opp til stasjon S1-1 i Torsvika kan kilden være marinebasen. I Kongsgårdbukta er det mer nærliggende at avfallsfyllingene på land kan være kilden.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.4.2 Vurdering av oppryddingsmetoder i Kongsgårdbukta

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 17 dvs. middels sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 14 dvs. middels sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Sedimentene består hovedsakelig av leire.

Registrerte miljøgifter ligger hovedsakelig 20-30 cm eller dypere ned i sedimentene. De øvre lagene er markert og sterkt forurenset av PCB, PAH og HCB (Heksaklorbenzen). Innholdet av HCB er noe usikkert da det bare er tatt en prøve i bukta. De høyeste konsentrasjonene av miljøgifter er registrert nesten lengst inne i Kongsgårdbukta (utenfor utløp Prestebekken og den nedlagte fyllingen).

Hovedkilde til tungmetallforurensningen (spesielt krom) rett utenfor Prestebekkens utløp antas å være det tidligere garveriet som lå langs Prestebekken. Hovedkilde til øvrig forurensning antas å være den nedlagte fyllingen.

Det er planer om å flytte store deler av havnevirksomheten til området mellom Kongsgårdbukta og Vigebukta. Plasseringen av kailinjen i henhold til reguleringsplan datert 31.08.01 er vist på oversiktskartet for området, side 49.

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

Innerst i Kongsgårdbukta er vanndybden omtrent gjennomgående mer enn 5 m og ca. 100 m ut fra land er den 20 m.

Areal som vurderes å kreve tiltak mot spredning er vist på oversiktskartet for området, side 49. For å sikre mot spredning av sedimenter i tilstandsklasse IV eller høyere kreves at en må ut til ca. 20 m vanndybde. Det er så langt ut som tungmetallforurensningen i sedimentene ligger i klasse IV (se figur 4 i rapport fra Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997). PCB ligger i tilstandsklasse V (PCB-7 multiplisert med 2) i 25-30 cm dybde i stasjon N4-5. Det er ikke utført så mange PCB-analyser i området, men det ser ut som PCB-konsentrasjonen minker forholdsvis raskt når en kommer et stykke ut fra Kongsgårdbukta.

Området som krever tiltak mot spredning er beregnet til ca. 25.000 m^2.

Tiltak som foreslås er avhengig av om planer for ny kai blir slik som foreslått.

Alternativ 1

Blir det en kai med en kailinje som går et godt stykke utenfor foreslått tiltaksområde slik det er vist på oversiktskartet for området, så vil det i prinsipp bety at en ikke trenger å utføre noen

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

saneringstiltak for å forhindre spredning. Tiltaksområdet vil da bli en del av det nye kaiområdet og bli overdekket ved utfylling i sjøen og bli liggende på innsiden av spunten.

Det må imidlertid stilles spesielle krav til arbeidet med de nye kaien. Spunten må etableres først og den må konstrueres slik at ikke de forurensede sedimentene på innsiden kan spres under den påfølgende utfyllingen. Spunten må etableres slik at den ikke forårsaker oppvirvling av forurensede sedimenter på innsiden. I denne tiden bør også området overvåkes slik at en kan dokumentere at spredning ikke foregår.

Lages spunten tett vil det også være mulighet for å fylle ut med forurensede sedimenter fra andre steder. Kostnaden for dette "tiltaket" vil være tilleggskostnader for tett spunt og miljøovervåking.

Mobilisering/ Demobilisering	-
Tiltak	(Hele området ender opp innenfor ny kai). Kun tilleggskostnad for tetting av spunt (ca. 500 m) og miljøovervåking
Kostnad	antatt 2 mill. kr (nøyaktige priser foreligger ikke)

Alternativ 2

Hvis planene om etablering av ny kai og flytting av havnevirksomhet ikke blir gjennomført, foreslås sikringen utført ved tildekking av sedimentene med sand og fiberduk, sandlaget bør være min. ca. 40 cm. Innerst i bukta hvor det er grunnest og det ligger en del båtplasser sikres det med betongmadrasser slik at båter ikke kan virvle opp sedimenter. Ca. 2.000 m^2 (0-5 m vanndybde) tildekkes med betongmadrasser.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Tildekking med fiberduk + sand (23.000 m^2) = 5,7 mill. kr (fra kostnadsmodell) Betongmadrasser innerst (2.000 m^2) = 2000 m^2 * 400 kr/m^2 = 0,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	7,0 mill. kr

Ambisjonsnivå 2

Overkonsentrasjon av miljøgifter i torskelever er ca. 7 i forhold til kostholdsrådet. Denne vurderingen baserer seg på data for torskelever fra det nærliggende Marvika. Hvis en ser på PCB-7 så er den gjennomsnittlige konsentrasjonen i det øverste sedimentlaget 82 µg/kg på grunt vann (0-10 m) i Kongsgårdbukta og 263 µg/kg i Marvika. En reduksjon med en faktor 7 bør i dette tilfelle relateres til sedimentkonsentrasjon i Marvika som er basen for kostholdsrådet. Det betyr at PCB-7 i sedimenter bør reduseres til i størrelsesorden 40 µg/kg. Det foreslås derfor å

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

avgrense tiltaket til mellom stasjon N4-5 og SK-1. Et tiltak som går mye lenger ut har liten hensikt, PCB-mengden i sedimentene er generelt mye lavere enn i Marvika.

Området som krever tiltak mot kostholdsråd er beregnet til ca. 14.000 m^2.

Alternativ 1

Blir det en kai med en kailinje så gjelder det samme som for Ambisjonsnivå 1, dvs. ca. 500 m spunt som må tettes ekstra og miljøovervåking.

Mobilisering/ Demobilisering	-
Tiltak	(Hele området ender opp innenfor ny kai). Kun tilleggskostnad for tetting av spunt (ca. 500 m) og miljøovervåking
Kostnad	antatt 2 mill. kr (nøyaktige priser foreligger ikke)

Alternativ 2

Hvis planene om etablering av ny kai og flytting av havnevirksomhet ikke blir gjennomført, foreslås sikringen utført ved tildekking med fiberduk og sand, sandlaget bør være min. ca. 40 cm. Innerst i bukta hvor det er grunnest og det ligger en del båtplasser sikres det med betong-madrasser slik at båter ikke kan virvle opp sedimenter. Ca. 2.000 m^2 (0-5 m vanndybde) tildekkes med betongmadrasser.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Tildekking med fiberduk + sand (12.000 m^2) = 3,0 mill. kr (fra kostnadsmodell) Betongmadrasser innerst (2.000 m^2) = 2000 m^2 * 400 kr/m^2 = 0,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	4,3 mill. kr

Bruksrestriksjoner

Blir alternativ 1 utført dvs. ny kai, vil det ikke være noen bruksrestriksjoner med tanke på spredning av miljøgifter eller kostholdsråd.

Velges alternativ 2 bør ikke ankring foregå i området som er tildekket med fiberduk + sand. Videre bør skips- og båttrafikk som gir kraftig oppvirvling i områder hvor det ikke er lagt betongmadrasser begrenses. Hvis ankring ikke kan unngås bør en vurdere å mudre området nærmest ankringsplassene.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Merknad

Før en går igang med en slik omfattende sanering må kilder på land med mulighet for spredning til sjø være sanert. Dette gjelder både Prestebekken og den nedlagte fyllingen. Det er for øvrig fylt ut med masser rundt store deler av Kongsgårdbukta. Massene er av varierende kvalitet, en del må antas å være forurenset.

11.4.3 Vurdering av oppryddingsmetoder i Marvika

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 18 dvs. middels sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 18 dvs. middels sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Marvika er generelt forholdsvis grunn og bare 2-3 m dyp nærmest kai. Sedimentene består av sandig silt, det finnes også en del områder med fast fjell og stein. Noen av sedimentprøvene som ble tatt i 0-10 m dyp luktet sterkt av hydrogensulfid (NIVA, 2000).

Sedimentene er sterkt og meget sterkt forurenset av PCB og PAH, høyest konsentrasjon av begge stoffene er funnet i overflaten i de indre områdene med 0-10 m vanndyp. Dette kan tyde på en aktiv forurensningskilde. Tungmetaller er også funnet i høye konsentrasjoner, bl.a. er sedimentene sterkt forurenset av kvikksølv. Tykkelsen på det forurensede sedimentlaget antas å være 20-40 cm.

Det er den indre delen av Marvika fra verkstedet til området rundt slippen som er særlig påvirket av miljøgifter.

Hovedkilde til forurensningen antas å være Forsvarets virksomhet på marinebasen (som nå skal nedlegges). Fremtidig arealbruk for marinebasen er ikke bestemt.

Hvis planer om en ny kai fra Kongsgårdbukta til Vigebukta blir gjennomført vil det bli en betydelig mengde skipstrafikk i området.

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

Areal som krever tiltak mot spredning er vist på oversiktskartet for området. For å sikre mot spredning av sedimenter i tilstandsklasse IV eller høyere kreves at en må ut til ca. 20 m vanndybde. Det er så langt ut som forurensningen av tungmetaller, PAH og PCB i sedimentene ligger i klasse IV. Stasjonene som avgrenser tiltaksområdet i nord og sør er S2-2 og S1-11, begge disse har ikke så høy PCB-konsentrasjon i 0-2 cm, men i neste sjikt 2-5 cm ligger den i tilstandsklasse V (PCB-7 multiplisert med 2), se Tabell 11-1. Det er med andre ord kun et meget

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

tynt lag som ligger over meget sterkt PCB-forurensede sedimenter. I østlig retning ligger bl.a. stasjon S3-1 hvor PCB-konsentrasjonen i 2-5 cm dybde ligger i klasse IV.

Området som krever tiltak mot spredning er beregnet til ca. 37.000 m^2.

Hvis planer for ny kai ved Kongsgårdbukta blir slik som foreslått vil oppvirvling fra passerende skip kunne gi økt spredning av forurensede sedimenter. Uansett må en regne med at det kan være ønske om at området i fremtiden skal brukes som småbåthavn.

Derfor vurderes tildekking med sand lite egnet pga. den begrensede vanndybden og risikoen for oppvirvling. Sugemudring og deponering vil derfor være bedre egnet. En alternativ løsning vil være å bruke betongmadrasser hvis det ikke etableres ny kai i Kongsgårdbukta og det er vanskelig å deponere muddermasser.

Alternativ 1

De forurensede sedimentene mudres og deponeres på innsiden av den nye kaien i Kongsgårdbukta. Spunten til kaien lages slik at overskuddsvann fra mudringen kan slippes kontrollert tilbake til sjø. (Sugemudrete masser inneholder 85-90 % vann (EPA, 1994)). Det antas at det i gjennomsnitt må mudres 0,3 m i området dvs. at det er et teoretisk volum på ca. 0,3*37.000 = 11.000 m^3 som må mudres og deponeres.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Mudring (37.000 m^2) = 7,5 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta (11.000 m^3) = 1,9 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	9,9 mill. kr

Alternativ 2

Hvis det ikke etableres ny kai i Kongsgårdbukta og det er vanskelig å deponere muddermasser tildekkes området med betongmadrasser (grunt vann gir ekstra risiko for oppvirvling ved ”normal” tildekking med sand).

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Betongmadrasser = 37.000 m^2 * 400 kr/m^2 = 14,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	15,3 mill. kr

Ambisjonsnivå 2

Overkonsentrasjon av miljøgifter i torskelever er ca. 7 i forhold til kostholdsrådet i Marvika.

Hvis en ser på det øverste sedimentlaget så er PCB-7 i gjennomsnitt 263 µg/kg i Marvika. En reduksjon med en faktor 7 betyr at PCB-7 i sedimenter bør reduseres til i størrelsesorden 40

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

µg/kg. Det betyr at alle stasjoner unntatt S3-2 og S3-3 som ligger ytterst bør inkluderes i tiltaket. Dette gjelder spesielt hvis en også tar hensyn til sedimensjiktet i 2-5 cm.

Tiltaksområdet blir da det samme som det for Ambisjonsnivå 1 dvs. ca. 37.000 m^2.

Tiltak som foreslås er som nevnt ovenfor avhengig av om planer for ny kai i Kongsgårdbukta blir gjennomført.

For Ambisjonsnivå 2 er samme tiltak relevante som for Ambisjonsnivå 1.

Alternativ 1

Mudring og deponeres på innsiden av den nye kaien i Kongsgårdbukta. Det antas at det gjennomsnitt må mudres 0,3 m i området. Dette er noe usikkert da stasjoner er analysert på maks. >10 cm (snitt fra 10-20 cm), se Tabell 11-1. Teoretisk volum blir da 11.000 m^3 som må mudres og deponeres.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Mudring (37.000 m^2) = 7,5 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta (11.000 m^3) = 1,9 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	9,9 mill. kr

Alternativ 2

Hele arealet dekkes med betongmadrasser.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Betongmadrasser = 37000 m^2 * 400 kr/m^2 = 14,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	15,3 mill. kr

Bruksrestriksjoner

For alternativ 1 og 2 vil det ikke være noen bruksrestriksjoner. Det forutsettes at betong-madrasser tåler ankring.

Merknad

Før en går igang med en slik omfattende sanering må kilder på land og eventuelle andre kilder i sjø med mulighet for spredning være identifisert og sanert. Dette er meget vesentlig i Marvika hvor det er mistanke om en aktiv PCB- og PAH-kilde.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.4.4 Torsvika

I tilfelle etablering av kaianlegg ved Kongsgårdbukta vil som nevnt skipstrafikken øke i området. I Torsvika er det tatt en prøve S1-1 (se Tabell 11-1) med svært høy PCB-verdi et stykke ned i sedimentet. Slike sedimenter kan virvles opp og spres og også påvirke kostholdsrådet.

Hvis det blir kaianlegg i området bør Torsvika undersøkes nærmere for å avklare utbredelsen av PCB. Inntil videre er det på oversiktskartet inntegnet at Torsvika bør saneres med tanke på risiko for spredning. Arealet av saneringsområdet kan ikke baseres på kun én prøve, men for å ha et beregningsgrunnlag er det inntegnet et areal på 18.000 m^2 langs strandlinjen.

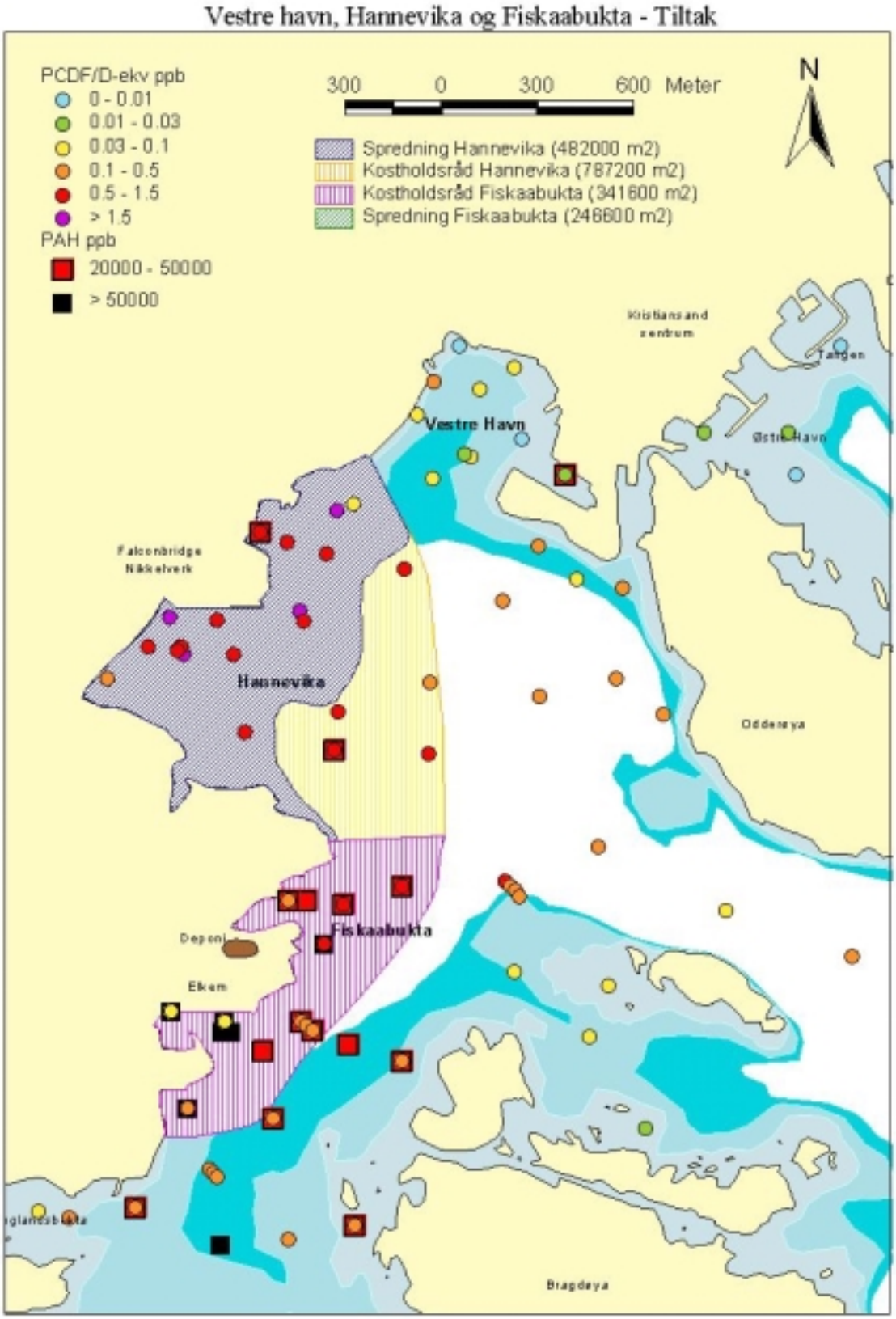
Med tanke på nærheten til kaianlegget bør det være rimeligst å mudre området og deponere sedimentene på innsiden av kaianlegget. Ved kostnadsberegning antas at 0,3 m mektighet må fjernes.

Mobilisering/ Demobilisering	0,5 mill. kr
Tiltak	Mudring (18.000 m^2) = 2,8 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta (5.400 m^3) = 1,0 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	4,3 mill. kr

Det er ikke utredet noen tiltaksalternativer for Torsvika, da usikkerheten er meget stor når hele tiltaket er basert på én prøve. Det betyr selvfølgelig også at det antatte tiltaksarealet er beheftet med stor usikkerhet.

Hvis det ikke blir kaianlegg bør det etter en nærmere undersøkelse vurderes om sedimentene kan bli liggende uten tiltak.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.5 Vestre havn, Hannevika og Fiskaabukta

11.5.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter

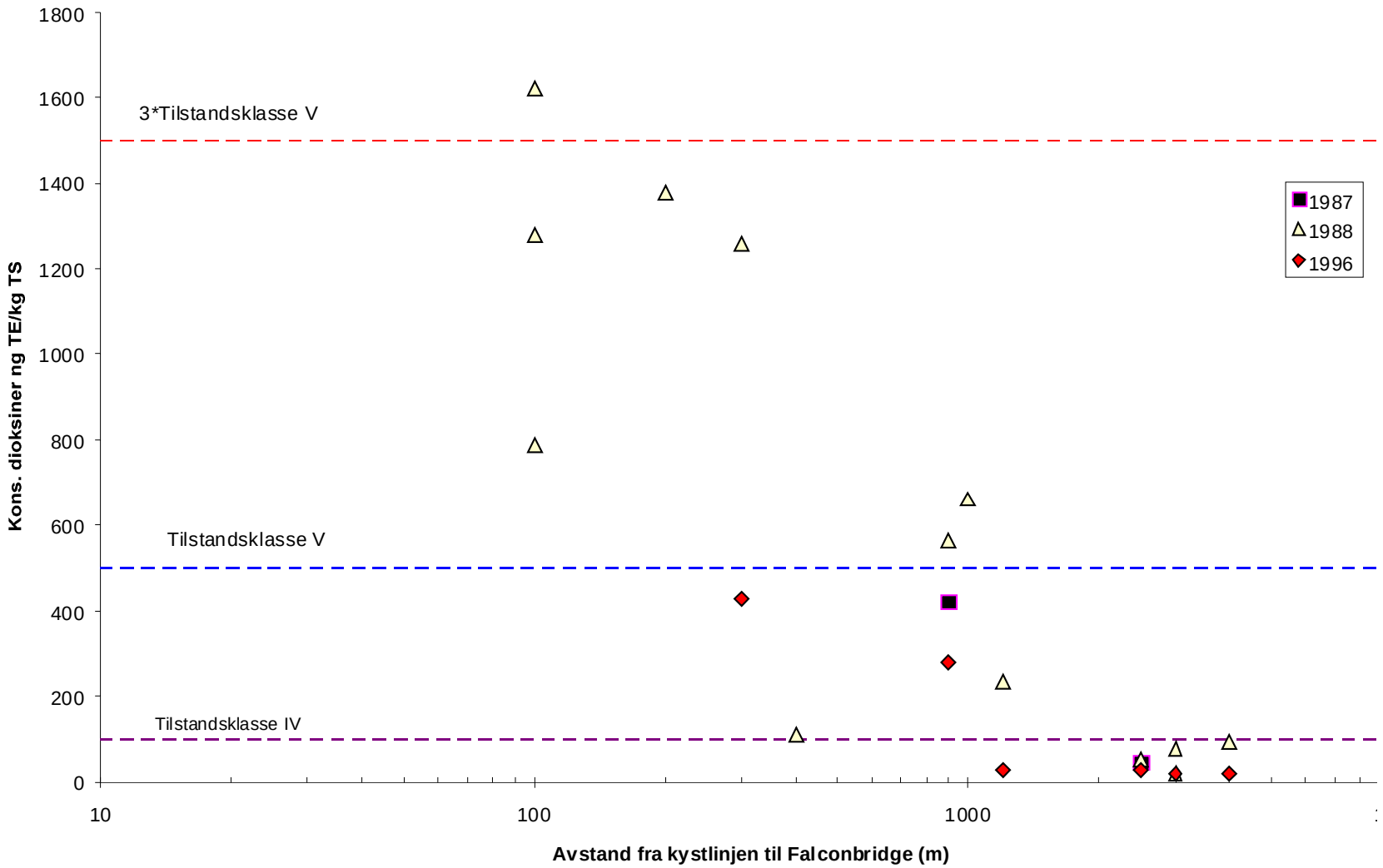
Området er meget sterkt forurenset av både tungmetaller og organiske miljøgifter. Det er kostholdsråd for fisk og skalldyr i hele området.

Det er i Hannevika registrert svært høye konsentrasjoner av dioksiner/furaner , heksaklorbenzen (HCB), nikkel og høye konsentrasjoner av PCB. Det er spesielt dioksiner/furaner og dioksin-lignende PCB (non-ortho PCB) som har bidratt til innføring av kostholdsråd i området. Forurensningen kan i all hovedsak knyttes til ca. 30 års utslipp av prosessvann fra Falconbridge.

Tilsvarende er det registrert svært høye konsentrasjoner av PAH i Fiskaabukta . Denne forurensningen kan med rimelig sikkerhet knyttes til åpen lossing av bek til Elkem i perioden 1925-1974.

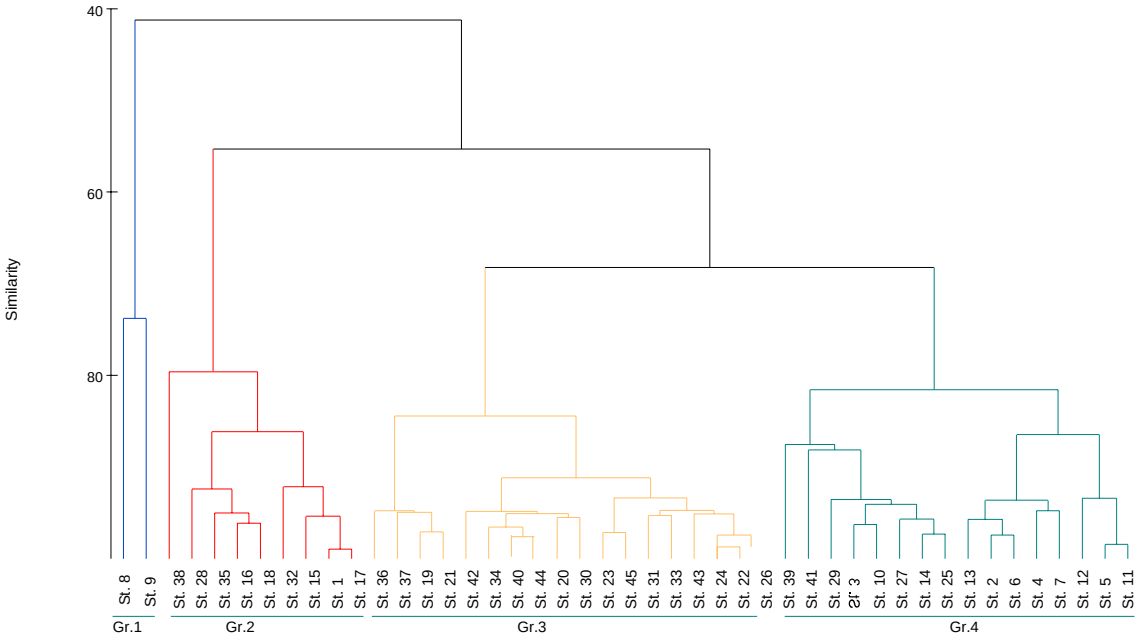
På figuren på følgende side er det vist hvordan gradienten for dioksiner i overflatesedimenter ser ut fra kystlinjen til Falconbridge og utover i fjorden. Den er basert på dioksinanalyser (toksisitetsekvivalenter) utført i 1987, 1988 og 1996. Stasjonene ligger i en sektor fra sørøst til sør for Falconbridge som er den retningen som dioksiner er spredt fra Falconbridge (se figur 12 i NIVA, 2001). En ser at en må minst to kilometer unna fra Falconbridge for at dioksinkonsentra-sjonen skal være lavere enn 100 ng TE/kg tørrstoff (lavere en tilstandsklasse IV).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

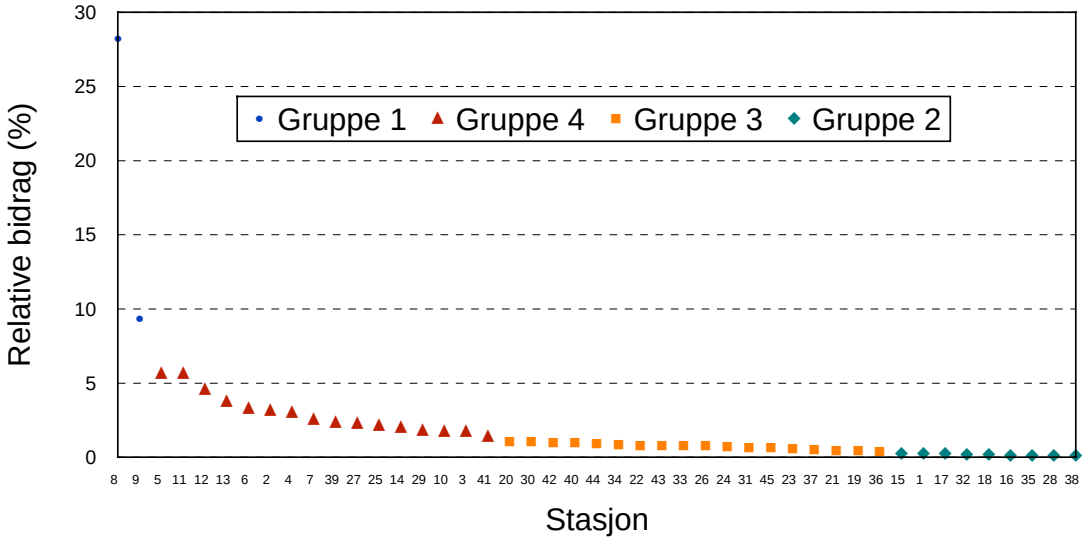


Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

For PAH i sedimenter er det utført en cluster-analyse på analysedata fra stasjon 1 til 45 (NIVA, 2001) som ligger i området Vestre havn-Hannevika-Fiskaabukta (se figuren nedenfor). Analysen er utført for alle de 16 enkeltkomponentene. Basert på clustering grupperer stasjonene seg hovedsakelig etter konsentrasjoner.

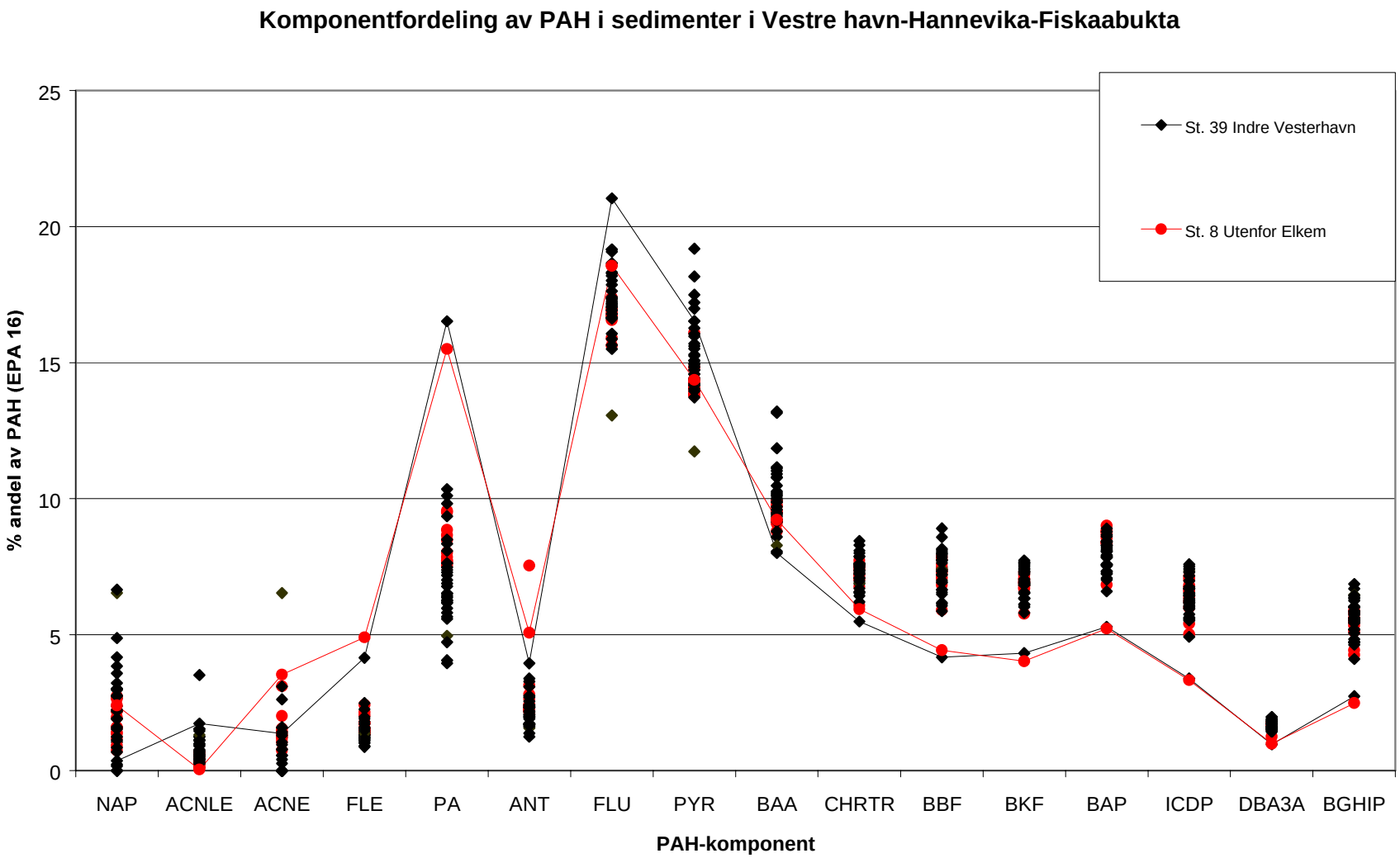


Dette kan sees ved å sortere konsentrasjonene på de ulike stasjonene i avtagende rekkefølge slik det er gjort i figuren nedenfor. De plasserer seg da på samme måte som i clusteranalysen. Det vil si at sammensetningen av de 16 enkeltkomponentene er forholdsvis lik. Det er stasjon 8 og 9 som skiller seg ut pga. ekstremt høye konsentrasjoner. Stasjon 8 og 9 ligger rett utenfor kaien ved Elkem.



På følgende side vises en figur med %-andelen av hver enkeltkomponent av PAH for stasjon 1 til 5.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Fordelingen av PAH-komponentene er forholdsvis lik for alle stasjonene. De fleste ”lettere” 2- og 3-rings PAH utgjør en forholdsvis liten andel. Sammensetningen ligner på den som en tyngre tjære eller bek har. To stasjoner er markert spesielt fordi de skiller seg litt ut. Stasjon 8 (rett utenfor kai ved Elkem) inneholder mer fenantren og mindre av de tyngste komponentene. Dette kan muligens tyde på at det er en blanding av tjære/bek og en annen ukjent komponent. Tilsvarende utseende har stasjon 39 ved Vestre havn inne i bukta bak Lagmannsholmen. Her har det nylig vært mudret ned til blåleire slik at det tyder på et ferskt utslipp av en ukjent komponent.

Gradienter for PAH i sedimentprøver fra kaien ved Elkem og utover i fjorden er vist i figur på følgende side (data fra NIVA, 2001). I alle retninger er det en tydelig fallende gradient.

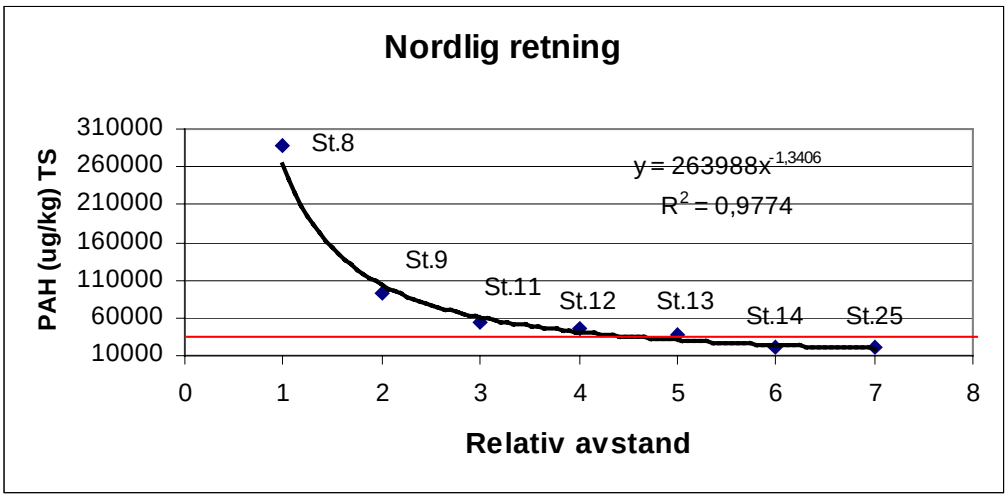
I nordlig retning ligger punktene som er brukt for å beskrive gradienten forholdsvis tett inntil land og eiendommen til Elkem, hvor det kan ha foregått utslipp. I tilknytting til Lusebukta i den nordlige delen av Elkems eiendom ligger også et deponi med bl.a. bekavfall, som kan være en kilde.

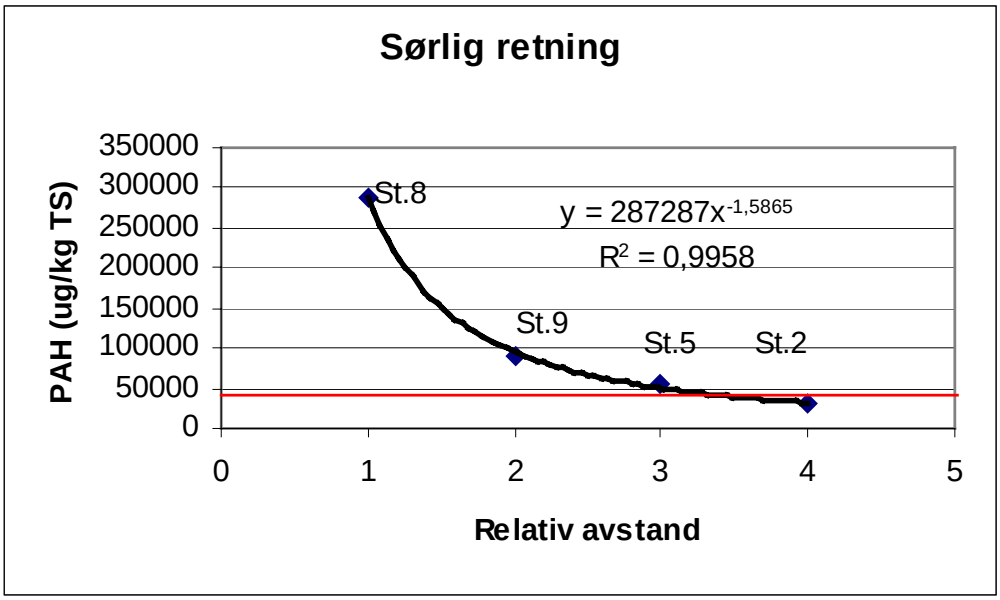
I den sørlige retningen som vurderes å være hovedspredningsretningen så må en sør for stasjon 2 som ligger utenfor Auglandsbukta for å finne PAH i sedimenter som er lavere enn tilstandsklasse V.

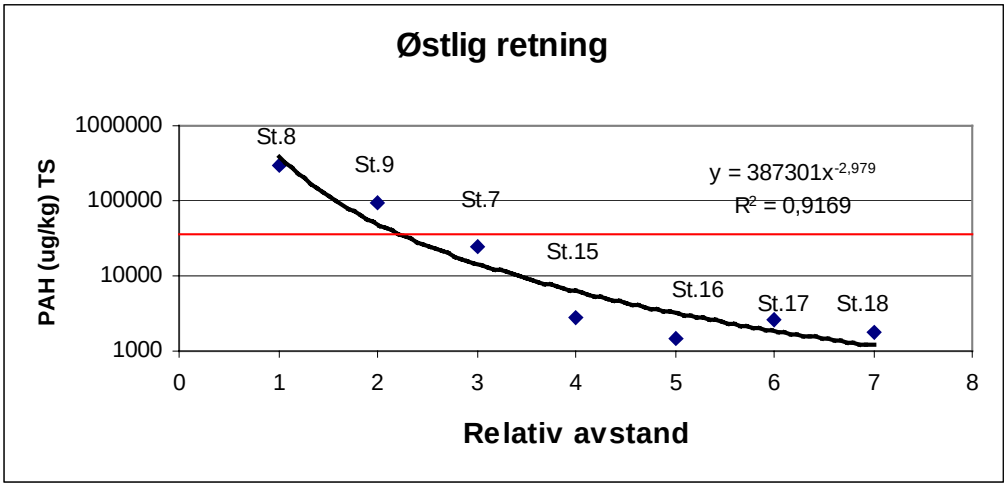
I østlig retning faller gradienten raskere enn i nordlig og sørlig retning (y-aksen er logaritmisk).

Den røde streken på hver figur viser en sedimentkonsentrasjon 37.000 µg PAH/kg tørrstoff som er vurdert som tiltaksgrensen i sedimenter for at blåskjell fra dette området skal kunne konsumeres (se kapittel 11.5.4). Denne gir en veiledning om hvor langt ut fra Elkem en må gå for å utføre tiltak mot PAH-forurensning for Ambisjonsnivå 2.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.







Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.5.2 Vurdering av oppryddingsmetoder i Vestre havn

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 13 dvs. middels sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 13 dvs. middels sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Sedimentene består generelt av sandig silt, men det finnes også områder med sand og leire. Sedimentmektigheten innerst i havna hvor bl.a. danskebåtene legger til er svært beskjeden. Sedimenttykkelsen er vurdert til å være <3 cm innerst i havna og 3-10 cm litt lenger ut (NÌVA, 2001). Det antas at skipstrafikken gjennom oppvirvling har spredt sedimentene lenger utover i fjorden.

Sedimentene er til dels markert forurenset av PCB og nikkel og sterkt forurenset av PAH og HCB. Dioksiner/furaner (kostholdsråd) ligger hovedsakelig i tilstandsklasse III. De forurensede sedimentene befinner seg et stykke utenfor den innerste delen av havna. Unntaket er PAH (oljeutslipp fra skip ?) som også til dels ligger helt inne i Vestre havn. Området rett innenfor Lagmannsholmen er nylig mudret ned til (ren) blåleire.

I Vestre havn er det sannsynligvis en rekke kilder til forurensningen (skip, utslipp av overflatevann, påvirkning fra Falconbridge, utslipp fra tidligere skipsverft etc.).

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

Det er noe usikkert hvor mye skipstrafikken påvirker de forurensede sedimentene når det kun er et tynt lag med sedimenter. NIVA arbeider med en utredning om dette, men inntil videre antas påvirkningen å være liten. Det vurderes derfor å ha begrenset nytte å utføre tiltak mot spredning da det er forholdsvis små mengder som kan spres.

Tiltak mot spredning anbefales ikke prioritert på nåværende tidspunkt.

Ambisjonsnivå 2

Dioksinkonsentrasjonen er slik at en må langt ut i fjorden for å finne lavere nivåer (mer enn 2 km unna Falconbridge i sør eller sør-østlig retning).

Øvrig forurensning gir heller ikke grunnlag for sanering pga. kostholdsråd. Det er svært begrensede mengder og areal.

Tiltak mot spredning anbefales ikke prioritert på nåværende tidspunkt.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Bruksrestriksjoner

Sannsynligvis vanskelig å innføre. Ideelt sett vil mindre oppvirvling og spredning pga. skipstrafikk være ønskelig.

Merknad

Mulige kilder på land som har spredning til sjø bør kartlegges og saneres hvis nødvendig.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.5.3 Vurdering av oppryddingsmetoder i Hannevika

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 25 dvs. (Meget) høy sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 24 dvs. (Meget) høy sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Myk gytje- og slambunn som er meget sterkt forurenset av HCB/Dioksiner, PCB og nikkel. Tykkelse av forurenset slam er >50 cm (kan være flere meter) nærmest Falconbridge og 10-50 cm i de ytre delene av lokaliteten (NIVA, 2001).

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

For å forhindre spredning av forurensede sedimenter bør det gjøres et avvik fra ”regelen” i kapittel 11.1 om at områder med dyp over 20 m forutsettes lite utsatt for spredning. Dette på grunn av at det utenfor Falconbridge er ekstremt myke og løse sedimenter som lett virvles opp og med høyt innhold av miljøgifter. Skipstrafikken i området er stor og konsekvensene ved spredning av forurensede sedimenter er store. Områder ned til drøyt 30 m vanndybde foreslås sikret. Målet om at sedimenter i tilstandsklasse IV eller høyere ikke skal spres oppnås ikke for dioksiner, HCB og nikkel. Det ville bety at tiltaket måtte strekke seg minst 1-2 km ut fra Falconbridge og det er ikke realistisk. Foreslått tiltaksområde for Hannevika innbefatter et område på ca. 480.000 m^2. Det skal sikre at omtrent alle stasjoner med dioksiner i klasse V er med i tiltaket.

Alternativ 1

I forbindelse med bygging av den nye Oddernestunnelen for E18 i Kristiansand vil det bli generert store mengder siltig sand , sannsynligvis 100.000-150.000 m^3 (Statens vegvesen, notat datert 14.06.2001). I den anledning er det dannet en prosjektgruppe som ser på muligheten for å bruke massene for å dekke til de mest forurensede sedimentene på sjøbunnen utenfor Falconbridge i Hannevika. Prosjektgruppen består av Statens vegvesen Vest-Agder, Kristiansand kommune, Kristiansand havnevesen, Fylkesmannen i Vest-Agder, Falconbridge Nikkelverk AS, NIVA og Sørlandskonsult.

Sandmassen forutsettes transportert til stedet på lekter, mest sannsynlig vil en fallbunnslekter bli brukt. Det ble høsten 1998 utført et forsøk med tildekking av sedimenter i Hannevikbukta (NIVA, 1999). På et utvalgt sted på ca. 15-20 meters dyp ble ca. 100 m^3 med sand (5 lass) dumpet. Arealet som sanden ble dumpet på var 100x50 m. Det viste seg at det lot seg gjøre å

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

legge et jevnt lag med sand på det forurensede bunnslammet. Gjennomsnittlig tykkelse på tildekkingslaget var ca. 10 cm. Oppvirvlingen var forholdsvis liten, og ½ til 1 time etter at dumpingen var avsluttet ble det ikke målt partikler i vannet vesentlig utover det normale. Det ble beregnet at oppvirvlingen ved fullskala tildekking (250.000 m^2) ville være i samme størrelsesorden som en ukes utslipp fra Falconbridge av vann med partikler. Strømhastighet i 17 m dyp var i størrelsesorden 0,03-0,06 m/s. Det var store variasjoner i strømretningen, sannsynligvis pga. skiftende vind- og tidevannsforhold.

Prosjektering av tiltaket pågår. Den største utfordringen er å få lagt ut sanden slik at bunnen tåler tilleggslasten av den utlagte sanden. Planen er å legge ut sanden i tynne lag og begynne på det dypeste og siden fylle oppover mot grunnere områder. Sanden legges med totalt ca. 0,5 m mektighet. Dvs. at ca. 125.000 m^3 sand kan dekke til 250.000 m^2 (pers. med. Lars Berg-Christensen i Sørlandskonsult).

Stabiliteten kan også økes ved at det først legges en fiberduk på bunnen før sanden legges på, men det øker kostnaden.

Ved den vestre enden av Vestre kai ved Falconbridge er det registrert en større mengde brunt slam rett utenfor kaien. Arealet hvor det ligger slam er ca. 60*45 m (kartskisse mottatt i møte hos Sørlandskonsult 15.06.01). Antas det at slammet har ca. 2 m mektighet så er det ca. 6.000 m^3 slam. Dette slammet er planlagt fjernet og kan forhåpentligvis deponeres i Falconbridge sine fjellhaller. Fjerningen kan sannsynligvis foregå direkte fra kai. Fjerning ved sugemudring vil gi minst oppvirvling.

For å kunne dekke til hele tiltaksområdet på 480.000 m^2 anbefales å bruke den tilgjengelige sanden (125.000 m^3) fra Oddernestunnelen på de dypere områdene. Forutsatt at den kan legges ut i 0,4 m tykkelse istedenfor 0,5 m tykkelse kan ca. 310.000 m^2 tildekkes. Det innerste området med vanndybde fra 0 til ca. 20 m som gjenstår (170.000 m^2) foreslås dekket først med fiberduk og siden med en grov sand/fin grus som må kjøpes inn for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at sedimentene i Hannevika har et høyt organisk innhold og at disse under anaerobe forhold (slike forhold er forventet) vil danne metangass. Dette må det tas hensyn til ved prosjekteringen av tiltaket.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med sand fra Oddernestunnelsen på dypere områder (310.000 m^2) = 8,0 mill. kr (fra Sørlandskonsult, men noe oppjustert pga. prisstigning) Tildekking innerst med fiberduk og grov sand/fin grus (170.000 m^2) = 50,5 mill. kr (fra kostnadsmodell) Sugemudring av slam utenfor Falconbridge (6.000 m^3) = 1,0 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering av slam på Falconbridge= 3,0 mill. kr (antatt kostnad for deponering 500 kr/ m^3)
Kostnad	65 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Alternativ 2

På grunn av skipstrafikken i området og at det er ekstremt løse sedimenter, vil sugemudring være egnet for å fjerne slam- og gytjelaget. Det er usikkert hvor dypt gytjelaget og forurensningen strekker seg, utførte undersøkelser oppgir 1 til 4 m i de innerste områdene hvor laget er som dypest. I de utførte beregningene antas at dette innerste området har et areal på 50.000 m^2 og en gjennomsnittlig mektighet på 2 m med forurenset gytje som må fjernes. Litt lenger ut antas det at i gjennomsnitt 0,5 m må fjernes. Deponering bør gjøres på innsiden av spuntkai i Kongsgård-bukta eller Vigebukta hvor det finnes plass for massene.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring: Innerst (50.000 m^2*2 m dvs. 100.000 m^3) + Ytterst (430.000 m^2*0,5 m dvs. 215.000 m^3) = 105 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (315.000 m^3) = 68 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	175 mill. kr

Ambisjonsnivå 2

Overkonsentrasjon av miljøgifter i torskelever i Hannevika er vurdert til å være >8 i forhold til kostholdsrådet i området.

Hvis en ser på toksisitetsekvivalenter for dioksiner/furaner ($TE_{PCDF/D}$) så er den gjennomsnittlige konsentrasjonen i det øverste sedimentlaget av $TE_{PCDF/D}$ ca. 1,1 µg/kg i Hannevika-området. En reduksjon med en faktor 8 betyr at $TE_{PCDF/D}$ maks. skal være 0,14 µg/kg (140 ng/kg). Denne konsentrasjonen av $TE_{PCDF/D}$ ligger i tilstandsklasse IV.

Tiltaksområdet vil da omfatte ca. 790.000 m^2 og strekker seg nesten ned til 40 m vanndybde på det dypeste (se kart i innledningen av kapitlet).

Alternativ 1

For å kunne dekke til hele tiltaksområdet på 790.000 m^2 anbefales å bruke den tilgjengelige sanden (125.000 m^3) fra Oddernestunnelen på de dypere områdene. Forutsatt at den kan legges ut i 0,4 m tykkelse kan ca. 310.000 m^2 tildekkes. Ytterligere 125.000 m^3 sand foreslås innkjøpt og lagt med samme tykkelse, slik at tilsammen 620.000 ^{2} tildekkes på denne måten. Gjenstående 170.000 m^2 i det innerste området nærmest land og kai (vanndybde fra 0 til ca. 20 m) foreslås dekket først med fiberduk og siden med en grov sand/fin grus for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

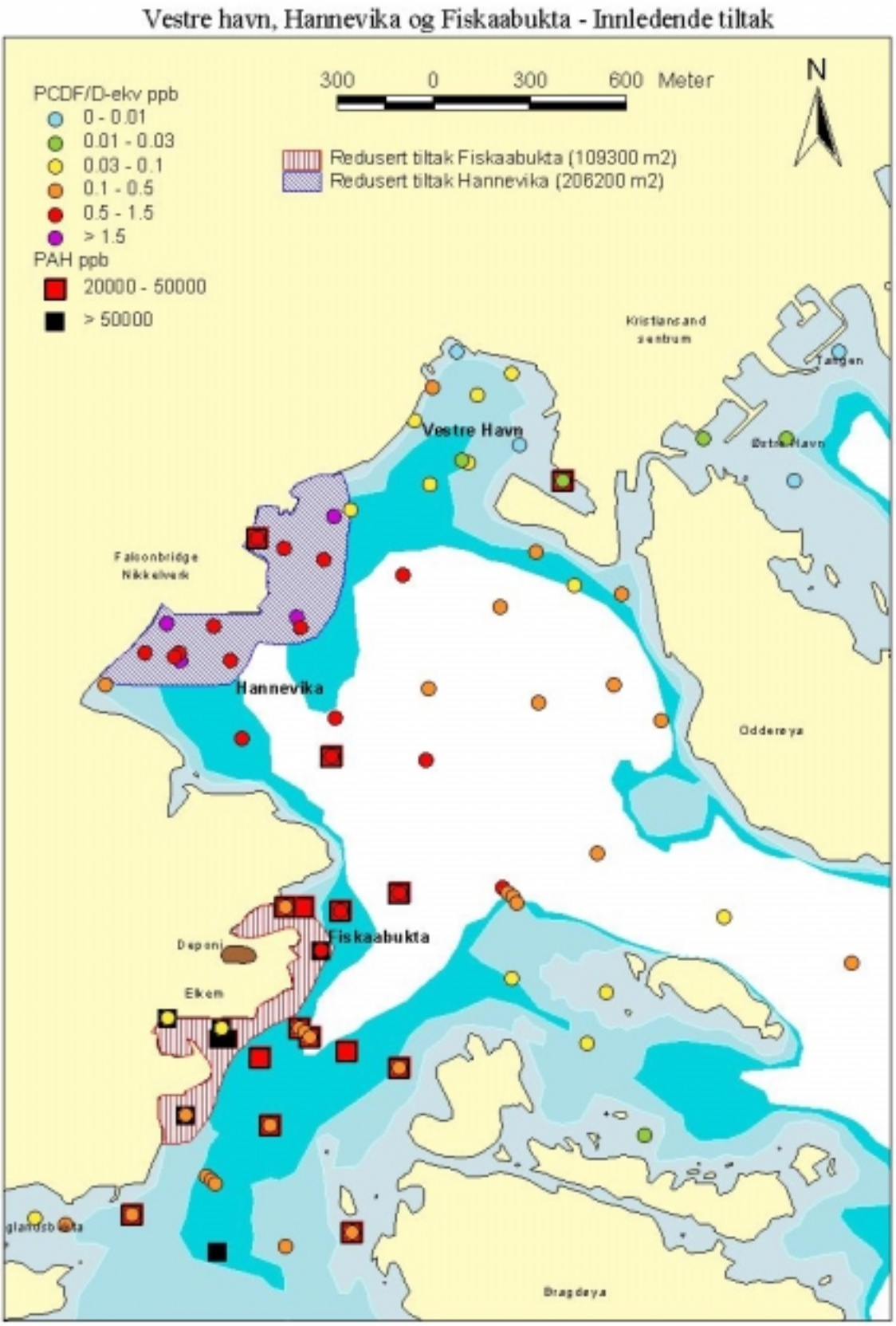
Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med sand fra Oddernestunnelsen på dypere områder (310.000 m^2) = 8,0 mill. kr (fra Sørlandskonsult, men noe oppjustert pga. prisstigning) Tildekking med ytterligere sand som må kjøpes inn (310.000 m^2*0,4 m dvs. 125.000 m^3 sand) = 26,8 mill. kr (pris som ovenfor, men med tillegg for innkjøp og tilkjøring av sand til en pris av 150 kr/m^3) Tildekking innerst med fiberduk og grov sand/fin grus (170.000 m^2) = 50,5 mill. kr (fra kostnadsmodell) Sugemudring av slam utenfor Falconbridge (6.000 m^3) = 1,0 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering av slam på Falconbridge= 3,0 mill. kr (antatt kostnad for deponering 500 kr/ m^3)
Kostnad	91 mill. kr

Alternativ 2

På grunn av skipstrafikken i området og at det er ekstremt løse sedimenter, vil sugemudring være egnet for å fjerne slam- og gytjelaget. Det er usikkert hvor dypt gytjelaget og forurensningen strekker seg. I de utførte beregningene antas at dette innerste området har et areal på 50.000 m^2 og en gjennomsnittlig mektighet på 2 m med forurenset gytje som må fjernes. Litt lenger ut antas det at i gjennomsnitt 0,5 m må fjernes. Deponering bør gjøres på innsiden av spuntkai i Kongsgårdbukta eller Vigebukta hvor det finnes plass for massene.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring: Innerst (50.000 m^2*2 m dvs. 100.000 m^3) + Ytterst (740.000 m^2*0,5 m dvs. 370.000 m^3) = 250 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (470.000 m^3) = 101 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	353 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Innledende tiltak

Ambisjonsnivå 1 og 2 gir store areal som krever tiltak. Det kan derfor være interessant med en trinnvis tilnærming hvor en i første omgang utfører tiltak i de mest forurensede områdene men med en lavere målsetning med henblikk på spredning og kostholdsråd.

For Hannevika er et slikt tiltak skissert til å omfatte 206.000 m^2 (se kart på siden foran).

Et slikt tiltak vil stoppe spredning av dioksiner/furaner som ligger langt over tilstandsklasse V (>3x tilstandsklasse V).

Tilsvarende for kostholdsråd så vil dioksiner/furaner ($TE_{PCDF/D}$) i sedimentene maks. være 0,5 µg/kg. Målsetningen for ambisjonsnivå var å redusere konsentrasjonen til 0,14 µg/kg. Nå blir den isteden drøyt 3 ganger over kostholdsrådet.

Reduserte utslipp og en generell heving av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden vil også bidra til forbedringer.

Tiltaket foreslås basert på tildekking eller mudring.

Alternativ 1

For å dekke til tiltaksområdet på 206.000 m^2 så vil bruk av siltig sand fra Oddernestunnelen være gunstigst. Forutsatt at den kan legges ut i 0,4 m tykkelse trenger en ca. 82.000 m^3 sand. Det innerste området langs kai beskyttes i tillegg med betongmadrasser (ca. 450 m kai x 30 m ut fra kai = 14.000 m^2) for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med sand fra Oddernestunnelsen (206.000 m^2) = 8,0 mill. kr (fra Sørlandskonsult, men noe oppjustert pga. prisstigning) Sugemudring av slam utenfor Falconbridge (6.000 m^3) = 1,0 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering av slam på Falconbridge= 3,0 mill. kr (antatt kostnad for deponering 500 kr/ m^3) Betongmadrasser innerst = 14.000 m^2 * 400 kr/m^2 = 5,6 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	19,6 mill. kr

Alternativ 2

Sugemudring vil være egnet for å fjerne slam- og gytjelaget på grunn av de løse sedimentene. Det er usikkert hvor dypt gytjelaget og forurensningen strekker seg. I de utførte beregningene antas at dette innerste området har et areal på 50.000 m^2 og en gjennomsnittlig mektighet på 2 m med forurenset gytje som må fjernes. Litt lenger ut antas det at i gjennomsnitt 0,5 m må fjernes.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring: Innerst (50.000 m^2*2 m dvs. 100.000 m^3) + Ytterst (156.000 m^2*0,5 m dvs. 83.000 m^3) = 66 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (183.000 m^3) = 39 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	107 mill. kr

Bruksrestriksjoner

For alternativ 1 skal ikke ankring foregå i området som er tildekket. Dette vil kunne komme i konflikt med de nåværende ankringsstedene for skip (se kapittel 5.1.8). For det innledende tiltaket vil alle ankringspunkt såvidt bli liggende utenfor området som tildekkes. For Ambisjonsnivå 1 vil tre og for Ambisjonsnivå 2 vil seks ankringssteder bli liggende innenfor området som tildekkes.

Det anbefales at hvis Ambisjonsnivå 1 eller 2 skal utføres flyttes ankringspunkter utenfor området som tildekkes (så langt dette er mulig).

11.5.4 Vurdering av oppryddingsmetoder i Fiskaabukta

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 21 dvs. høy sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 13 dvs. middels sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Myk slambunn som er meget sterkt forurenset av PAH og HCB og meget sterkt til sterkt forurenset av dioksiner/furaner. Tykkelse av forurenset slam er 10-20 cm.

Dioksiner/Furaner og HCB fra Hannevika (Falconbridge) spres i sør og sør-østlig retning og påvirker Fiskaabukta. Noe nord for Elkem er dioksiner/furaner i tilstandsklasse V og konsentrasjonen minsker side gradvis til IV og tilstandsklasse III sør for Auglandsbukta.

Hovedkilde til PAH-forurensningen antas å være den tidligere åpne lossingen av bek til Elkem. Spredning og gradient er beskrevet tidligere.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

For å forhindre spredning av forurensede sedimenter bør det som i Hannevika gjøres et avvik fra "regelen" i kapittel 11.1 om at områder med dyp over 20 m forutsettes lite utsatt for spredning. Dette på grunn av at det i Fiskaabukta er myke og løse sedimenter som lett virvles opp med høyt innhold av miljøgifter. Skipstrafikken i området er også stor og konsekvensene ved spredning av forurensede sedimenter er store. Områder ned til ca. 30 m vanndybde foreslås sikret. Målet om at sedimenter i tilstandsklasse IV eller høyere ikke skal spres oppnås ikke for PAH og HCB. Det ville f.eks. bety at en må helt sør til utenfor Auglandsbukta for å utføre tiltak. Foreslått tiltaksområde innbefatter et område på ca. 250.000 m^2.

Tiltaket foreslås utført ved tildekking eller mudring.

Alternativ 1

Tildekking foreslås utført ved utlegging av sand og fiberduk (250.000 m^2 * 0,4 m = 100.000 m^3 sand). Om utlegging av sand kan utføres uten å legge fiberduk først vurderes på grunnlag av erfaringer fra tildekking i Hannevika (Hannevika forutsettes utført først). Det innerste området langs kai beskyttes i tillegg med betongmadrasser (ca. 400 m kai x 30 m ut fra kai = 12.000 m^2) for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med fiberduk og sand (250.000 m^2) = 74 mill. kr (fra kostnadsmodell) Betongmadrasser innerst = 12.000 m^2 * 400 kr/m^2 = 4,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	81 mill. kr

Alternativ 2

På grunn av skipstrafikken i området og at det er ekstremt løse sedimenter, vil sugemudring være egnet for å fjerne slambunnen. NIVA har vurdert at det forurensede sedimentlaget har en mektighet på 0,1-0,2 m. I beregningen antas at 0,2 m må fjernes i området.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring (250.000 m^2*0,2 m = 50.000 m^3) = 51 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (50.000 m^3) = 11 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	64 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Ambisjonsnivå 2

Overkonsentrasjon av miljøgifter i torskelever er ca. 4,9 i forhold til kostholdsrådet. Hvis en ser på dioksiner/furaner så er den gjennomsnittlige konsentrasjonen i det øverste sedimentlaget av $TE_{PCDF/D}$ ca. 0,3 µg/kg i Fiskaabukta-området. En reduksjon med en faktor 4,9 betyr at $TE_{PCDF/D}$ maks. skal være 0,06 µg/kg. Imidlertid bør området også sammenlignes med Hannevika hvor det er beregnet at sedimentkonsentrasjonen som styrer utbredelsen av tiltaket skal være 0,14 µg/kg (tilstandsklasse IV). Det vurderes å ha liten hensikt å innføre et strengere krav for Fiskaabukta da området bør ses som en helhet (fisken vandrer fritt).

Det betyr at tiltak utføres for dioksiner/furaner i sedimenter når de ligger over tilstandsklasse IV.

I den sørlige delen av området er også PAH med og styrer tiltakets omfang. I Norge anbefales at innholdet av benzo(a)pyren i blåskjell ikke skal overstige 10 µg/kg med tanke på kosthold. Rett utenfor Elkem Carbon inneholder blåskjell 5x så høy konsentrasjon (NIVA, 1998). Sedimentkonsentrasjonen av B(a)P i dette området er ca. 15.000 µg/kg. En reduksjon med en faktor 5 tilsier at sedimentkonsentrasjonen av B(a)P ikke skal overskride ca. 3.000 µg/kg. I dette området utgjør B(a)P ca. 8 % av total PAH (se figur på side 67 med % andel PAH-komponenter). Et forsiktig anslag tilsier at PAH i sedimenter ikke skal overstige 37.000 µg/kg tørrstoff for konsum av blåskjell. Ved avgrensning i sør av tiltaksområdet er denne konsentrasjonen brukt.

På grunnlag av ovennevnte foreslås at tiltaksområdet innbefatter 340.000 m^2.

Samme tiltak som for Ambisjonsnivå 1 vurderes aktuelle.

<u>Alternativ 1</u>

Tildekking krever ca. 140.000 m^3 sand (340.000 m^2 * 0,4 m). Behov for å legge fiberduk først vurderes på grunnlag av erfaringer fra tildekking i Hannevika . Det innerste området langs kai beskyttes i tillegg med betongmadrasser (ca. 400 m kai x 30 m ut fra kai = 12.000 m^2) for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med fiberduk og sand (340.000 m^2) = 101 mill. kr (fra kostnadsmodell) Betongmadrasser innerst = 12.000 m^2 * 400 kr/m^2 = 4,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	108 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Alternativ 2

Sugemudring vil være egnet for å fjerne slambunnen. NIVA har vurdert at det forurensede sedimentlaget har en mektighet på 0,1-0,2 m. I beregningen antas at 0,2 m må fjernes i området.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring (340.000 m^2*0,2 m dvs. 68.000 m^3) = 69 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (68.000 m^3) = 15 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	86 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Innledende tiltak

På samme måte som for Hannevika gir Fiskaabukta store areal som krever tiltak når Ambisjonsnivå 1 og 2 skal oppfylles. Det kan derfor være interessant med en trinnvis tilnærming hvor en i første omgang utfører tiltak mot de mest forurensede områdene, men med en lavere målsetning med henblikk på spredning og kostholdsråd.

For Fiskaabukta er et slikt tiltak skissert til å omfatte 109.000 m^2 (vist på kart sammen med innledende tiltak for Hannevika).

Et slikt tiltak vil stoppe spredning av ekstremt høye konsentrasjoner av PAH (>50.000 µg/kg) i sedimenter. Den tidligere utførte cluster-analysen viser at bidraget av PAH fra rett utenfor Elkem (stasjon 8 og 9) utgjør ca. 35 % av den totale PAH-mengden i området Vestre havn-Hannevika-Fiskaabukta. Tallet stemmer ikke helt fordi beregningen av det relative bidraget forutsetter at hver stasjon representerer et like stort areal.

Tilsvarende for kostholdsråd så vil PAH i sedimenter ligge ca. 1,5 ganger over den tidligere beregnede ”grenseverdien” på 37.000 µg/kg tørrstoff med tanke på opptak i blåskjell.

Tiltaket foreslås basert på tildekking eller mudring.

Alternativ 1

For å dekke til tiltaksområdet på 109.000 m^2 så vil bruk av siltig sand fra Oddernestunnelen være gunstigst. Forutsatt at den kan legges ut i 0,4 m tykkelse trenger en ca. 44.000 m^3 sand. Det vil være nok med sand fra Oddernestunnelen hvis det også i første omgang utføres innledende tiltak med tildekking for Hannevika, hvor forbruket er anslått til 82.000 m^3.

Det innerste området langs kai beskyttes i tillegg med betongmadrasser (ca. 450 m kai x 30 m ut fra kai = 14.000 m^2) for å sikre mot oppvirvling fra skip.

Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Tildekking med sand fra Oddernestunnelen (109.000 m^2) = 5,0 mill. kr (anslått ut fra informasjon fra Sørlandskonsult, forutsetter at Hannevika og Fiskaabukta dekkes til samtidig) Betongmadrasser innerst = 12.000 m^2 * 400 kr/m^2 = 4,8 mill. kr (tall fra Hortenskanalen)
Kostnad	12 mill. kr

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Alternativ 2

På grunn av skipstrafikken i området og at det er ekstremt løse sedimenter vil sugemudring være egnet for å fjerne slambunnen. I beregningen antas at 0,2 m må fjernes i området (som tidligere).

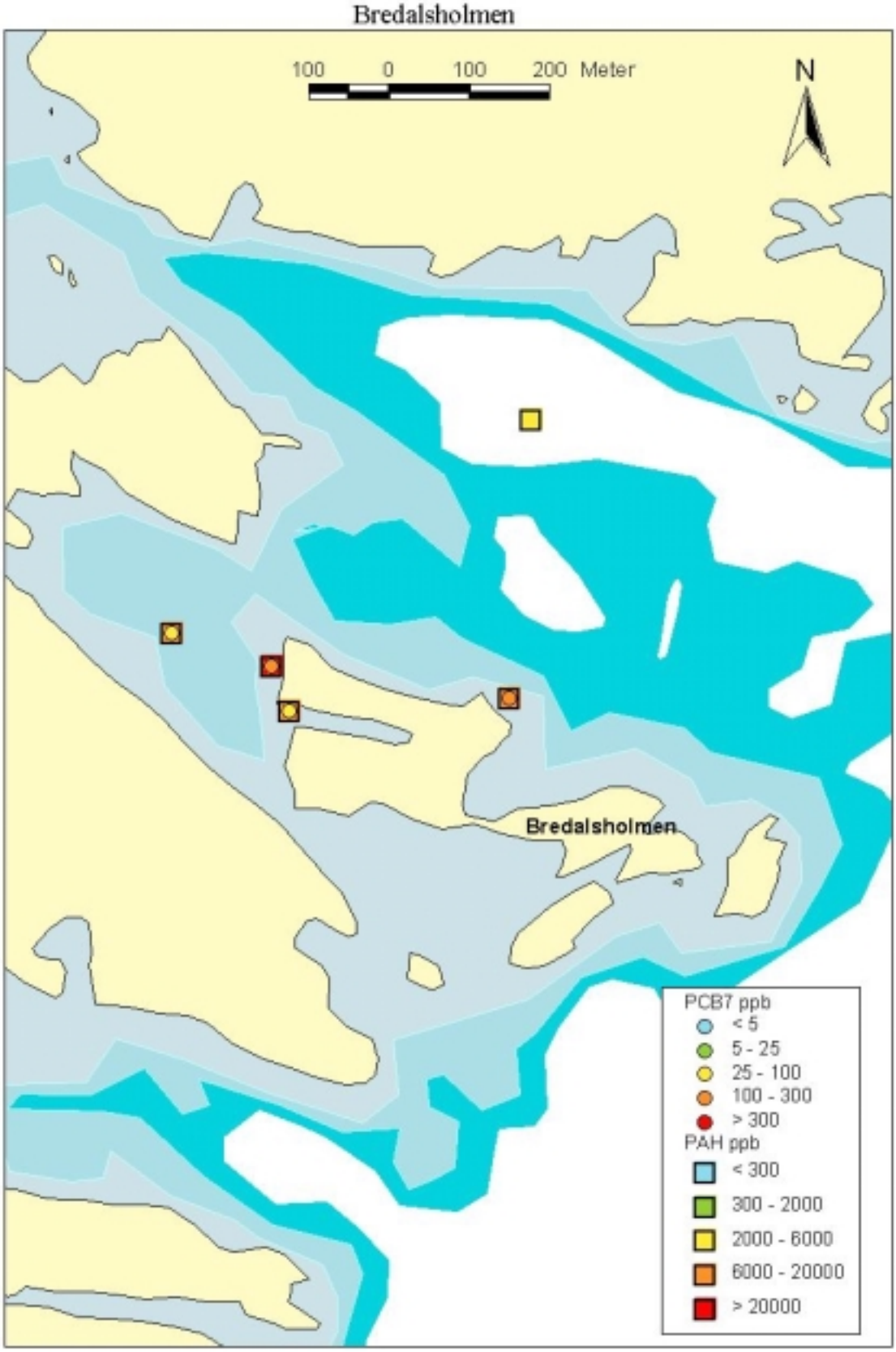
Mobilisering/ Demobilisering	2,0 mill. kr
Tiltak	Mudring (109.000 m^2*0,2 m dvs. 22.000 m^3) = 22 mill. kr (fra kostnadsmodell) Deponering innenfor spunt i Kongsgårdbukta eller Vigebukta (22.000 m^3) = 5 mill. kr (fra kostnadsmodell)
Kostnad	29 mill. kr

Bruksrestriksjoner

For alternativ 1 skal ikke ankring foregå i området som er tildekket. Området vil kunne komme i konflikt med ett ankringspunkt for skip (se kapittel 5.1.8) som ligger ved Fiskaabukta. For det innledende tiltaket og for Ambisjonsnivå 1 vil dette ankringspunktet bli liggende utenfor området som tildekkes. For Ambisjonsnivå 2 vil ankringspunktet såvidt bli liggende innenfor området som tildekkes.

Det anbefales at ankringspunktet flyttes utenfor området som tildekkes hvis Ambisjonsnivå 2 skal utføres.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.6 Bredalsholmen

11.6.1 Beskrivelse av forurensning og spredningsgradienter

Det er tatt få sedimentprøver i området, men det ser ut til at den verste forurensningen ligger nærmest land hvor vanndybden er 0-10 m. Sedimentene er sterkt og meget sterkt forurenset av henholdsvis PCB og PAH. De høyeste konsentrasjonene av miljøgifter er registrert i områdene nærmest Bredalsholmen.

Hovedkilde til forurensningen antas å være virksomheten som har foregått over lang tid ved det skipsverft som nå er veteranskipsverft.

Spredningen av miljøgifter fra dokk og reparasjonsverksted virker forholdsvis begrenset når en sammenligner med miljøgiftkonsentrasjoner i omgivelsene (se kart på foregående side og NIVA, 2001).

Det er imidlertid for få prøver til å kunne tegne en spredningsgradient.

11.6.2 Vurdering av oppryddingsmetoder ved Bredalsholmen

Rangering for Ambisjonsnivå 1 og 2

Ambisjonsnivå 1: Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen: 18 dvs. middels sannsynlighet.

Ambisjonsnivå 2: Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr: 12 dvs. middels sannsynlighet.

Kort beskrivelse av lokaliteten

Sedimentene består av hovedsakelig av sandig silt, med enkelte områder med leire. Kun de øverste 3 cm av sedimentene er analysert. De høyeste konsentrasjonene av PCB og PAH er registrert i områdene nærmest Bredalsholmen.

Forslag til tiltak og tiltaksareal

Ambisjonsnivå 1

Spredningen av miljøgifter fra dokk og reparasjonsverksted virker forholdsvis begrenset når en sammenligner med miljøgiftkonsentrasjoner i omgivelsene. Total mengde miljøgifter som er generert av virksomheten ved dokken og reparasjonsverkstedet virker også begrenset.

Den foreløpige konklusjonen er at forurensningen ved Bredalsholmen er lokal og ikke utgjør en så stor mengde at den har en stort spredningspotensiale. Tiltak anbefales ikke inntil videre.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Ambisjonsnivå 2

Området antas som nevnt ovenfor å ha et begrenset forurensningspotensiale. Prøver tatt i området av torskelever ligger noe over kostholdsråd (2,7 x), men dette skyldes sannsynligvis mest at fisken også beveger seg i de mer forurensede områdene av fjorden.

Opptak av miljøgifter i blåskjell ved Bredalsholmen er begrenset. Blåskjell satt ut av NIVA i 2001 viste at PAH i blåskjell var i tilstandsklasse III (TBT i tilstandsklasse IV rett utenfor dokkport). Tiltak anbefales ikke inntil videre.

Bruksrestriksjoner

Skips- og båttrafikk som gir kraftig oppvirvling i de grunnere områdene begrenses. Tilsvarende bør ankring begrenses/forbys.

Merknad

Datagrunnlaget for området er noe tynt. For å bekrefte de foreløpige konklusjonene bør det utføres en mer omfattende kartlegging av utbredelse og spredning av forurensning ved dokken og reparasjonsverkstedet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

11.7 Sammenstilling av kostnader for opprydding

I Tabell 11-2 og Tabell 11-3 er kostnader for opprydding sammenstilt for Ambisjonsnivå 1 og 2.

Tabell 11-2 Sammenstilling av kostnader for opprydding – Ambisjonsnivå 1 (forhindre spredning)

Sted	Alternativ	Tiltak				Areal (m^2)	Kostnad i kr/m^2	Kostnad i mill. kr (eks. avgifter)
		Tildekking			Mudring. +depo-nering			
		Sand fra Odder-nestun.	Fiber duk + Sand	Btg. mad-rass				
Kongsgård-bukta	1	Forutsetter at det kommer en kai				**25.000**	-	2
	2		x	x			280	7,0
Marvika	1				x	**37.000**	270	9,9
	2			x			410	15,3
(Torsvika)					x	**18.000**	240	4,3
Vestre havn	Tiltak anbefales ikke							
Hannevika	1	x*	x*		x	**480.000**	135	65
	2				x		365	175
Fiskaabukta	1		x	x		**250.000**	325	81
	2				x		260	64
Bredalsholmen	Tiltak anbefales ikke							

* ca. 125.000 m^3 sand fra Oddernestunnelen (hele mengden) + ytterligere ca. 70.000 m^3 sand/grus som må kjøpes, er det som trengs for tildekking

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 11-3 Sammenstilling av kostnader for opprydding – Ambisjonsnivå 2 (oppheve kostholdsråd)

Sted	Alternativ	Tiltak				Areal (m^2)	Kostnad i kr/m^2	Kostnad i mill. kr (eks. avgifter)
		Tildekking			Mudring. +depo-nering			
		Sand fra Odder-nestun.	Fiber duk + Sand	Btg. mad-rass				
Kongsgård-bukta	1	Forutsetter at det kommer en kai				**14.000**	-	2
	2		x	x			310	4,3
Marvika	1				x	**37.000**	270	9,9
	2			x			410	15,3
Vestre havn	Tiltak anbefales ikke							
Hannevika	1	x*	x*		x	**790.000**	115	91
	2				x		450	353
Fiskaabukta	1		x	x		**340.000**	320	108
	2				x		250	86
Bredalsholmen	Tiltak anbefales ikke							

* ca. 125.000 m^3 sand fra Oddernestunnelen (hele mengden) + ytterligere ca. 190.000 m^3 sand/grus som må kjøpes, er det som trengs for tildekking

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tabell 11-4 viser kostnader basert på forslag til innledende tiltak i Hannevika og Fiskaabukta som ikke oppfyller kravene til Ambisjonsnivå 1 og 2. (For de øvrige lokaliteten oppfylles Ambisjonsnivåene).

Tabell 11-4 Kostnader for opprydding med innledende tiltak som ikke oppfyller Ambisjonsnivå 1 og 2 i Hannevika og Fiskaabukta

Sted	Alternativ	Tiltak				Areal (m^2)	Kostnad i kr/m^2	Kostnad i mill. kr (eks. avgifter)
		Tildekking			Mudring. +depo-nering			
		Sand fra Odder-nestun.	Fiber duk + Sand	Btg. mad-rass				
Kongsgård-bukta	1	Forutsetter at det kommer en kai				**25.000**	-	2
	2		x	x			280	7,0
Marvika	1				x	**37.000**	270	9,9
	2			x			410	15,3
(Torsvika)					x	**18.000**	240	4,3
Vestre havn	Tiltak anbefales ikke							
Hannevika	1	x*		x	x	**206.000**	95	19,6
	2				x		520	107
Fiskaabukta	1	x**		x		**109.000**	110	12
	2				x		266	29
Bredalsholmen	Tiltak anbefales ikke							

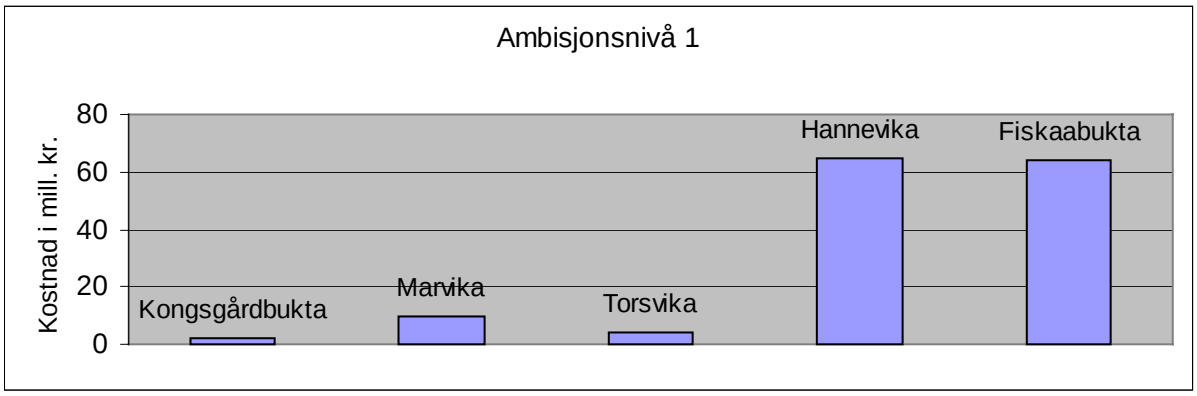
* ca. 82.000 m^3 sand fra Oddernestunnelen brukes

** ca. 44.000 m^3 sand fra Oddernestunnelen brukes

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Ambisjonsnivå 1

Samlet forslag til tiltak for å forhindre spredning (Tabell 11-2) utgjør et areal på 810 daa og saneringskostnad på i størrelsesorden 145 millioner kr når den økonomisk gunstigste kombinasjonen av tiltaksalternativer velges. Gunstigste alternativet oppnås hvis det blir nytt kaianlegg i Kongsgårdbukta-Vigebukta som muliggjør deponering av forurensede sedimenter. Det betyr at forurensede sedimenter i Kongsgårdbukta blir en del av det nye kaianlegget, Marvika og Torsvika mudres og massen deponeres i kaianlegget, Hannevika tildekkes (med bl.a. masser fra Oddernestunnelen) og mudres rett utenfor Falconbridge (60x45 m), Fiskaabukta mudres og massen deponeres i kaianlegget. Kostnaden for de enkelte lokalitetene blir da som vist i figuren nedenfor.

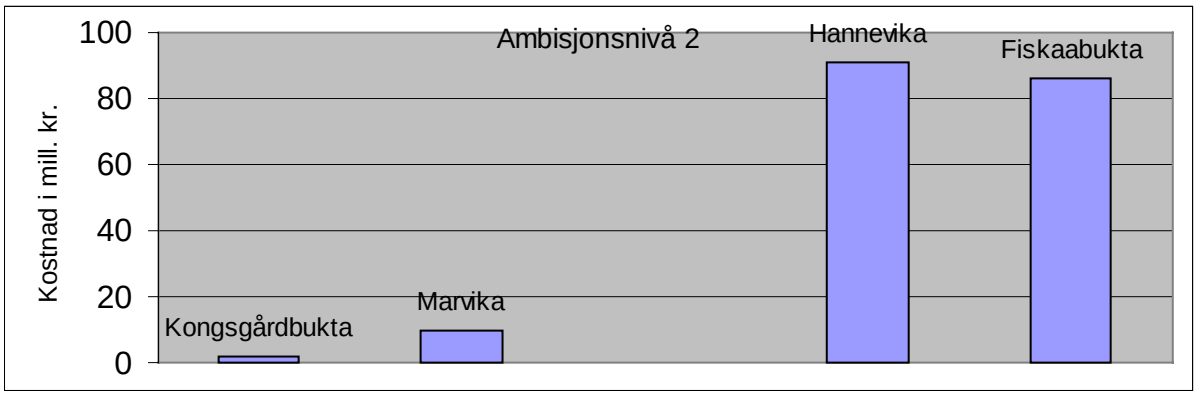


Hvis ikke kaianlegget kommer til utførelse vil det være problematisk å finne steder for deponering av store mengder sedimenter. Løsninger basert på tildekking vil da være aktuelle og bruk av betongmadrasser i områder med mulighet for oppvirvling. Saneringskostnaden vil da kunne bli i størrelsesorden 175 millioner kr.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Ambisjonsnivå 2

Samlet forslag til tiltak for å oppheve kostholdsråd (Tabell 11-3) utgjør et areal på 1.180 daa og saneringskostnad på i størrelsesorden 190 millioner kr når den økonomisk gunstigste kombinasjonen av tiltaksalternativer velges. Gunstigste alternativet oppnås som tidligere nevnt hvis det blir nytt kaianlegg i Kongsgårdbukta-Vigebukta som muliggjør gunstig deponering. Det betyr at forurensede sedimenter i Kongsgårdbukta blir en del av det nye kaianlegget, Marvika mudres og massen deponeres i kaianlegget, Hannevika tildekkes (med bl.a. masser fra Oddernestunnelen) og mudres rett utenfor Falconbridge (60x45 m), Fiskaabukta mudres og massen deponeres i kaianlegget. Kostnaden for de enkelte lokalitetene blir da som vist i figuren nedenfor.



Hvis ikke kaianlegget kommer til utførelse vil løsninger basert på tildekking være aktuelle.

Saneringskostnaden vil da kunne bli i størrelsesorden 220 millioner kr.

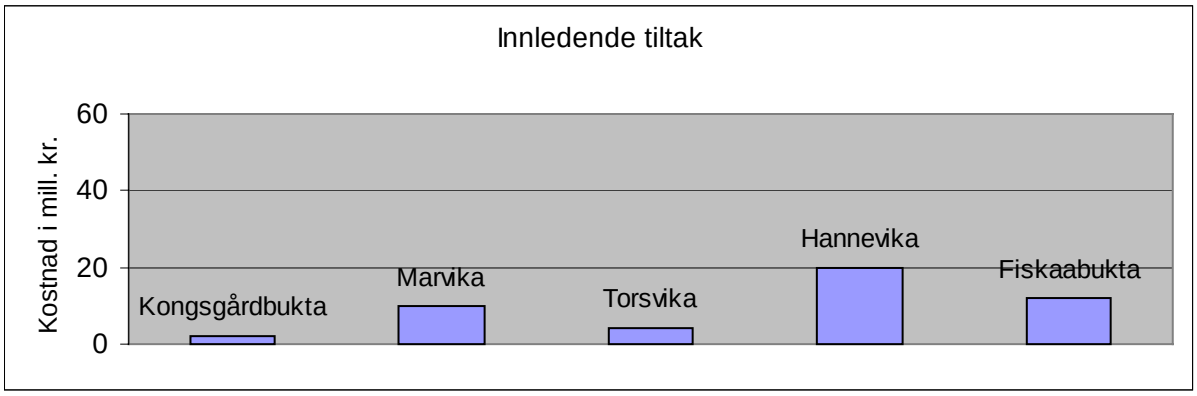
Tiltakene som utføres i Ambisjonsnivå 2 omfatter et utvidet areal i forhold til Ambisjonsnivå 1. Det betyr at hvis en velger å utføre Ambisjonsnivå 2 er også Ambisjonsnivå 1 dekket. Det finnes to mindre unntak; Kongsgårdbukta har et noe større tiltaksareal for Ambisjonsnivå 1 og Torsvika er kun inkludert i Ambisjonsnivå 1. Blir det kai i Kongsgårdbukta vil imidlertid kaiområdet dekke både tiltaksarealet for Ambisjonsnivå 1 og 2. Hvis målet er å oppfylle både Ambisjonsnivå 1 og 2 vil saneringskostnaden for det økonomisk gunstigste alternativer (med kai i Kongsgårdbukta) bli 190 + 4 (Torsvika) = 194 millioner kr.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Innledende tiltak

Det innledende tiltak innebærer at en i første omgang utfører et tiltak med et lavere ambisjonsnivå i Hannevika og Fiskaabukta. Tiltaksarealet vil da totalt være ca. 395 daa og saneringskostnaden 48 mill. kr. Det innledende tiltaket vil da være at forurensede sedimenter i Kongsgårdbukta blir en del av det nye kaianlegget, Marvika og Torsvika mudres og massen deponeres i kaianlegget, Hannevika og Fiskaabukta tildekkes med masser fra Oddernestunnelen og forsterkes nærmest kai med betongmadrasser. Kostnaden for de enkelte lokalitetene blir da som vist i figuren nedenfor. Den store kostnadsforskjellen i forhold til Ambisjonsnivå 1 og 2 er på grunn av at bruk av sand fra Oddernestunnelen som er forutsatt levert uten kostnad gir en mye rimeligere løsning for tildekking enn hvis materiale for tildekking må kjøpes. Forslaget til innledende tiltak er slik dimensjonert at det ikke skal kjøpes inn ekstra sand.

Hvis Hannevika og Fiskaabukta isteden mudres vil saneringskostnaden bli betydelig høyere, i størrelsesorden 160 millioner kr.



Merknad

Det er vesentlig å understreke at i de mest forurensede områdene er det i alle beregninger antatt at hele det foreslåtte arealet saneres. I praksis vil det først bli utført mer detaljerte undersøkelser i tiltaksområdet og på grunnlag av disse kan da arealet som krever tiltak normalt reduseres. Hvor mye arealet kan reduseres etter tiltaksundersøkelsen er selvfølgelig vanskelig å forutsi. Ved Haakonsvern orlogstasjon ble for eksempel tiltaksarealet redusert etter detaljerte undersøkelser til 30 % av det opprinnelige arealet som var anslått etter de innledende undersøkelsene (Laugesen et al, 1999). Ved Haakonsvern ble ca. 110 stasjoner undersøkt i den innledende undersøkelsen (8.000 m^2 sjøbunn/prøve) og ca. 500 i tiltaksundersøkelsen(1.200 m^2 sjøbunn/prøve). I Kristiansandsfjorden inngår 161 stasjoner (34.000 m^2 sjøbunn/prøve) i NIVAs sammenstilling (NIVA, 2001).

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

12 KONKLUSJON – ANBEFALT TOTALLØSNING

Utførte analyser av innhold av miljøgifter i sedimenter fra Kristiansandsfjorden (NIVA, 2001), inkludert tidligere undersøkelser, viser at sedimentene er til dels sterkt (tilstandsklasse IV) og meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V) i henhold til SFTs klassifisering (SFT, 1997).

Det er registrert sedimenter med svært høye konsentrasjoner av dioksiner/furaner, HCB (heksaklorbenzen), PAH og tungmetaller (nikkel) og høye konsentrasjoner av PCB i fjorden.

Noen områder utmerker seg spesielt:

- De svært høye konsentrasjonene av dioksiner/furaner, HCB og nikkel finnes i sedimentene i Hannevika. De kommer i all hovedsak fra over 30 års utslipp av prosessvann fra Falconbridge Nikkelverk. Fra Falconbridge er disse stoffene spredt i en sør til sørøstlig retning nedover mot og forbi Fiskaabukta.
- De svært høye konsentrasjonene av PAH i sedimenter er registrert rett utenfor kai ved Elkem i Fiskaabukta. Denne forurensningen kan med rimelig sikkerhet knyttes til åpen lossing av bek fra skip til Elkem i perioden 1925-1974. PAH er spredt i en sør til sørøstlig retning fra Elkem nedover mot Auglandsbukta og Bragdøya.
- Det er registrert høye konsentrasjoner av PCB i Marvikaområdet. Forurensningen antas hovedsakelig å komme fra virksomheten på marinebasen som nå skal nedlegges. Tilsvarende funn av PCB ved marinebaser i Norge er bl.a. gjort på Haakonsvern og i Ramsund.

For kostholdsråd er det spesielt de høye konsentrasjonene av PCB og dioksiner/furaner som har betydning.

En rekke lokaliteter i Kristiansandsfjorden har vært gjennomgått og vurdert med tanke på forurensning av sjøsedimentene. Følgende har vært vurdert som interessante for en nærmere tiltaksvurdering:

- Kongsgårdbukta
- Marvika
- Vestre havn
- Hannevika
- Fiskaabukta
- Bredalsholmen

I tillegg er Torsvika mellom Kongsgårdbukta og Marvika blitt underkastet en enklere vurdering.

Disse lokalitetene er rangert med henblikk på om tiltak bør utføres og miljøgevinst ved å forhindre spredning (Ambisjonsnivå 1), og for å oppheve kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2). Videre er oppryddingsmetoder med tilhørende kostnader utredet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

12.1 Kongsgårdbukta

Kongsgårdbukta har en middels sannsynlighet for spredning og middels sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. At sannsynligheten for helserisiko ikke blir høyere henger sammen med at konsentrasjonen av miljøgifter i de øverste sedimentsjiktene som er mest tilgjengelige for fisk og skalldyr, er forholdsvis beskjeden. I de dypere sjiktene er det betydelig høyere konsentrasjoner av miljøgifter. Disse kan imidlertid igjen bli frigjort ved f.eks. kraftig oppvirvling. Tiltak er derfor anbefalt i Kongsgårdbukta. Tiltak mot spredning (Ambisjonsnivå 1) omfatter ca. 25.000 m^2 og tiltak mot kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2) ca. 14.000 m^2.

Hvis kaianlegget kommer til utførelse slik det er planlagt vil de områder hvor det anbefales tiltak automatisk bli tildekket. Dette er det desidert gunstigste økonomiske alternativet, det krever kun at kaifronten (spunten) sikres slik at utlekking til sjø av miljøgifter på innsiden ikke er mulig. Det er forutsatt at dette også overvåkes, f.eks. med turbiditetsmålinger som vil fange opp ev. partikkeltransport.

I tilfelle kaien ikke kommer til utførelse bør området uansett sikres. Det anbefales da en løsning hvor det tildekkes med sand og fiberduk ytterst og med betongmadrasser innerst i bukta hvor det er størst fare for oppvirvling.

Kostnaden for tiltak varierer mellom 2 til 7 millioner kr. for Ambisjonsnivå 1 og mellom 2 til 4,3 millioner kr. for Ambisjonsnivå 2.

I tillegg er det knyttet en del usikkerhet til den nedlagte fyllingen som ligger rundt store deler av Kongsgårdbukta og Prestebekken som ligger innerst. De bør sikres mot utlekking før tiltaket i sjø iverksettes. Det er spesielt viktig hvis ikke kaialternativet kommer til utførelse.

12.2 Marvika

Marvika har en middels sannsynlighet for spredning og middels sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. I Marvika er det spesielt PCB som har betydning for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. Nærmest land i Marvika ligger de høyeste PCB-konsentrasjonene i det øverste sedimentsjiktet. Litt lenger ut fra land ligger de høyeste PCB-konsentrasjonene et stykke ned i sedimentet. Dette kan tyde på fortsatt tilførsel av PCB fra land.

Tiltak er anbefalt i Marvika. Tiltak mot spredning (Ambisjonsnivå 1) og mot kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2) vurderes å kreve samme størrelse på tiltak (ca. 37.000 m^2).

Hvis kaianlegget kommer til utførelse vil mudring av de forurensede sedimentene og deponering på innsiden av kaifronten i Kongsgårdbukta være det gunstigste og anbefalte tiltaket. Kaifronten lages slik at overskuddsvann fra mudringen kan slippes kontrollert tilbake til sjø.

Hvis kaien ikke kommer til utførelse anbefales en løsning hvor det tildekkes med betong-madrasser for å unngå fare for oppvirvling (Marvika er grunn).

Kostnaden for tiltak varierer mellom 9,9 til 15,3 millioner kr. for både Ambisjonsnivå 1 og 2.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

Tiltak på land som sikrer at det ikke skjer utlekking av miljøgifter fra marinebasen må utføres i forkant. F.eks. er det aktuelt å få tømt en brønn (BRSK23) for PCB-holdig slam (NOTEBY, 2000).

Torsvika

Hvis havnen flytter til Kongsgårdbukta-Vigebukta vil skipstrafikken øke betydelig i området. Det er tatt en sedimentprøve i Torsvika hvor det er registrert PCB i tilstandsklasse V rett under toppsjiktet. Torsvika bør sikres mot spredning av miljøgifter (PCB) i tilfelle at det blir økt skipstrafikk. Det rimeligste og anbefalte tiltaket vil være mudring av de forurensede sedimentene og deponering på innsiden av kaifronten i Kongsgårdbukta. Kostnaden for tiltaket er estimert til ca. 4 millioner kr.

I forkant må utbredelsen av miljøgifter kartlegges bedre i Torsvika.

12.3 Vestre havn

Vestre havn har en middels sannsynlighet for spredning og middels sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. I Vestre havn er deler av sjøbunnen dekket av lite eller ingen løse sedimenter. Bl.a. ble den lille bukta bak Lagmannsholmen utdypet for noen år siden ved at ca. 1 m med masser ble fjernet. Her ligger i dag omtrent bare ren blåleire igjen (pers. med. Svein Inge Larsen, Kristiansand havnevesen og Kristoffer Næs, NIVA). Videre har den innerste delen av Vestre havn hvor bl.a. ferger legger til kai, svært liten mektighet av sedimenter.

I området utenfor KMV-dokken i den vestre delen finnes sorte sandige/siltige sedimenter med en mektighet på opp til 10 cm forurenset av HCB, dioksiner/furaner og PAH.

Kombinasjonen av en beskjeden sannsynlighet for spredning og helserisiko og lite sedimenter medfører at oppryddingstiltak ikke anbefales.

En må imidlertid også i fremtiden regne med noe tilførsel fra land av miljøgifter via overvann fra bl.a. veier og andre areal med tett dekke.

12.4 Hannevika

I den utførte rangeringen har Hannevika en meget høy sannsynlighet for spredning og for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. Hannevika er det mest forurensede området i Kristiansandsfjorden og med den største utbredelsen av miljøgifter i høye konsentrasjoner i sedimentene.

I Hannevika er det spesielt dioksiner/furaner som har betydning for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr.

Tiltak anbefales meget sterkt iverksatt i Hannevika. Tiltak mot spredning (Ambisjonsnivå 1) omfatter ca. 480.000 m^2 og tiltak mot kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2) ca. 790.000 m^2.

Det desidert gunstigste tiltaket er tildekking med siltig sand fra byggingen av Oddernestunnelen som stilles til disposisjon av Statens Vegvesen. Det er noe usikkert hvordan de stedlige svært myke sedimentene som består av slam og gytje vil forholde seg til belastningen av dekkmassen. Det er utført tester og beregninger som viser at prosjektet er mulig å utføre (NIVA, 1999 og pers.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

med. fra Christensen, Sørlandskonsult). I de kostnadsoverslag som er utført i denne rapporten er prisanslaget for tildekkingen noe oppjustert, og når mengden sand fra Oddernestunnelen ikke strekker til er det lagt til kostnad for innkjøp av ekstra grov sand og fiberduk. Overslaget forutsetter at sand fra Oddernestunnelen brukes på de dypeste områdene, innkjøpt grov sand og fiberduk i de grunnere områdene.

Et alternativt og dyrere tiltak er at de forurensede sedimentene mudres og deponeres ved det nye kaianlegget i Kongsgårdbukta-Vigebukta.

Kostnaden for tiltak varierer mellom 65 til 175 millioner kr. for Ambisjonsnivå 1 og mellom 91 til 353 millioner kr. for Ambisjonsnivå 2. Dvs. at mudring og deponering i dette tilfellet er mellom 2,5 til 4 ganger dyrere enn tildekking.

For Hannevika er det også sett på et innledende tiltak som omfatter 206.000 m^2 som ikke oppfyller Ambisjonsnivå 1 eller 2 . Med et innledende tiltak vil en forholdsvis raskt kunne oppnå betydelige forbedringer. Tiltaket som foreslås (med samme forbehold som tidligere) er tildekking med sand fra Oddernestunnelen. Nærmest kai foreslås forsterket med betong-madrasser. Kostnaden er beregnet til ca. 20 millioner kr. Alternativet med mudring og deponering ved nytt kaianlegg Kongsgårdbukta-Vigebukta er ca. 5 ganger dyrere (107 millioner kr).

Fra Falconbridge i Hannevika vil det fortsatt ble sluppet ut tungmetaller til fjorden (f.eks. ble det sluppet ut 770 kg nikkel i år 2000) og noe organiske miljøgifter. Imidlertid har utslippene av dioksiner gått kraftig ned de siste årene og etter installasjon av nytt elektrofilter i 2000 vil utslippet i 2001 være ca. 0,032 gram ($TE_{PCDF/D}$).

Det betyr at Falconbridge i løpet av 10 år slipper ut 7.700 kg nikkel og 0,32 gram dioksiner, basert på tallene i år 2000 og 2001. Halvdelen av dette utslippet antas sedimentere på det areal som er foreslått tildekket slik at kostholdsråd kan oppheves (ca. 790.000 m^2). Hvis utslippet legger seg i de øverste 2 cm så vil nikkelkonsentrasjonen i sedimentene etter 10 år være 160 mg/kg (tilstandsklasse III). Det vil ta ca. 90 år før en har nådd tilstandsklasse V. Tilsvarende regnestykke for dioksiner gir 0,007 µg/kg (tilstandsklasse I) etter 10 år og det vil ta ca. 700 år til en har nådd tilstandsklasse V.

Det betyr at med tilsvarende utslipp som i dag er det spesielt nikkelutslippene som på lang sikt igjen kan øke konsentrasjonen i sedimentene i tiltaksområdet. Minskede utslipp og ev. en forlengelse av uslippsledningen til dypere vann med mindre oppvirvling er mulige tiltak.

12.5 Fiskaabukta

Fiskaabukta har en høy sannsynlighet for spredning og middels sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr. Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr er muligens blitt litt for lav. For denne beregningen brukes overkonsentrasjon av dioksiner i torskelever som felles parameter. Denne overkonsentrasjonen er ikke så høy i Fiskaabukta som i f.eks. Hannevika og Marvika. I Fiskaabukta er det imidlertid også forhøyede konsentrasjoner av PAH i blåskjell som en må ta hensyn til, og overkonsentrasjon i forhold til blåskjell inngår ikke i modellen.

Utslipp fra Elkem av miljøgifter vurderes å være svært begrenset i dag. PAH-forurensningen i Fiskaabukta kommer hovedsakelig fra tidligere åpen lossing av bek. Muligens kan deponier for

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

bek på Elkems eiendom ha en begrenset utlekking. Dette er planlagt undersøkt i nær fremtid (pers. med. fra Sødal i FMVA).

Utslipp fra Falconbridge spres i sørlig retning mot Fiskaabukta. For eksempel er dioksiner/furaner i sedimenter i tilstandsklasse V utenfor Lusebukta (bukta rett nord for Elkem).

Tiltak er anbefalt i Fiskaabukta. Tiltak mot spredning (Ambisjonsnivå 1) omfatter ca. 250.000 m^2 og tiltak mot kostholdsråd (Ambisjonsnivå 2) ca. 340.000 m^2.

Forutsatt at kaianlegget ved Kongsgårdbukta-Vigebukta blir bygget vil mudring av de forurensede sedimentene og deponering på innsiden av kaifronten være det gunstigste og anbefalte tiltaket.

Hvis kaien ikke kommer til utførelse anbefales en løsning hvor det tildekkes med sand og fiberduk og betongmadrasser aller innerst for å unngå fare for oppvirvling. (For Ambisjonsnivå 1 og 2 vil den gunstige sanden fra Oddernestunnelen være brukt opp for tiltaket i Hannevika).

Kostnaden for tiltak varierer mellom 64 til 81 millioner kr. for Ambisjonsnivå 1 og mellom 86 til 108 millioner kr. for Ambisjonsnivå 2. Dvs. at mudring og deponering i dette tilfellet er ca. 20 % rimeligere enn tildekking.

For Fiskaabukta er det på samme måte som for Hannevika også sett på et innledende tiltak som omfatter 109.000 m^2 og som ikke oppfyller Ambisjonsnivå 1 eller 2. Med et innledende tiltak i Fiskaabukta vil en raskt kunne oppnå betydelige forbedringer. For det innledende tiltaket foreslås (med samme forbehold som tidligere) tildekking med sand fra Oddernestunnelen. Med oppgitte mengder sand vil det være nok med sand til å gjennomføre det innledende tiltaket i både Hannevika og Fiskaabukta. Nærmest kai foreslås sedimentene forsterket med betongmadrasser. Kostnaden er beregnet til ca. 12 millioner kr. Alternativet med mudring og deponering ved nytt kaianlegg Kongsgårdbukta-Vigebukta er 2,5 ganger dyrere (29 millioner kr.).

12.6 Bredalsholmen

Bredalsholmen har en middels sannsynlighet for spredning og en lav/middels sannsynlighet for helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr.

I den siste undersøkelsen utført ved Bredalsholmen (NIVA, 2001) konkluderes det med at dagens tilførsler av miljøgifter er små. Nærmest dokken til veteranskipsverftet er det høye konsentrasjoner av PCB, PAH og tungmetaller. Området med høye konsentrasjoner vurderes å ha liten utbredelse. Det er forholdsvis lavt opptak i blåskjell som er satt ut i området. Noen flere sedimentprøver bør tas.

Antatt liten mengde miljøgifter og beskjedent opptak i blåskjell medfører at oppryddingstiltak ikke anbefales. Dette må eventuelt revurderes når mer informasjon om forurensningssituasjonen foreligger.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

12.7 Nytte/Kost vurdering av tiltak

For nytte/kost vurderinger av tiltak i forurensede sedimenter i Norge er det ikke utviklet noen ferdige modeller som kan brukes. Det er åpenbart at det er en rekke faktorer som kan trekkes inn i en nytte/kost vurdering av de forskjellige lokalitetene og de foreslåtte tiltakene. Dette vil f.eks. kunne være kvalitet på fisk, kvalitet som rekreasjonsområde etc. I tillegg bør nytte/kost vurderingen knyttes til ambisjonsnivået for lokaliteten.

I denne rapporten er det valgt en forholdsvis enkel tilnærming. Denne tilnærmingen går ut på at det tiltaket som får den høyeste nytte/kost effekten muliggjør sanering av mest mulig sjøbunn til lavest mulig beløp. Det vil si at kostnaden i kr/m^2 brukes som en målestokk på nytte/kost effekten (se Tabell 11-2, Tabell 11-3 og Tabell 11-4). For at en slik metode skal kunne brukes må tiltaksområdene være godt begrunnet og de bør tilnærmet gi samme nytteeffekt. Hvis en for eksempel ser på oppheving av kostholdsråd så bør alle de valgte tiltaksområdene gi samme nytteeffekt, dvs. at de medfører at kostholdsrådet kan oppheves. Det som i dette tilfelle bl.a. er problemet, er at noen tiltaksområder har betydelig større overkonsentrasjon av miljøgifter enn andre, og derfor burde antas å ha en større nytte av tiltaket. Dette kan best vurderes ved å se på hvordan de forskjellige lokalitetene plasserer seg i risikomatrisen (se Tabell 8-11).

Det vil derfor være mest riktig å si at kostnaden i kr/m^2 for opprydding gir en pekepinn om nytte/kost effekten, men at den ikke gir hele svaret.

En annen tilnærming er å se på kostnaden pr. mengde forurensning som fjernes eller tildekkes. Dette er spesielt interessant for Hannevika og Fiskaabukta som er de dyreste tiltakene.

Hvis en ser på Ambisjonsnivå 2 og fjerning av dioksiner kan en gjøre følgende regnestykke:

Hannevika

For Ambisjonsnivå 2 er det anslått at 470.000 m^3 sedimenter krever tiltak. Sedimentene antas å inneholde en dioksinkonsentrasjon på 1,1 µg $TE_{PCDF/D}$ /kg sediment (basert på data fra det øverste sedimentlaget). Regnes dette om til mengde dioksiner i sedimentene som krever tiltak fås at dioksininnholdet er 780 gram. Det rimeligste alternativet er tildekking og det koster 91 mill. kr. <u>Det betyr at det koster ca. 115.000 kr å sanere 1 gram dioksiner.</u>

Fiskaabukta

For Ambisjonsnivå 2 er det anslått at 68.000 m^3 sedimenter krever tiltak. Sedimentene antas å inneholde en dioksinkonsentrasjon på 0,3 µg $TE_{PCDF/D}$ /kg sediment (basert på data fra det øverste sedimentlaget). Regnes dette om til mengde dioksiner i sedimentene som krever tiltak fås at dioksininnholdet er 30 gram. Det rimeligste alternativet er mudring og deponering og det koster 86 mill. kr. <u>Det betyr at det koster ca. 2,9 mill. kr. å sanere 1 gram dioksiner.</u>

Tiltaket i Hannevika fjerner/tildekker med andre ord dioksiner til en meget lavere kostnad pr. gram dioksiner enn Fiskabukta.

Tilsvarende regnestykke for PAH ved Ambisjonsnivå 2 gir at kostnaden i Hannevika er 50 kr/gram PAH (7.000 kg fjernes) og i Fiskaabukta er kostnaden 17 kr/gram (17.000 kg fjernes). Dvs. at for PAH blir forholdet omvendt, tiltakskostnaden pr. gram PAH er lavere i Fiskaabukta enn i Hannevika.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

12.8 Foreslått prioritering av tiltak

Tiltak foreslås utført i følgende prioriterte rekkefølge:

1. Tildekking i Hannevika (innledende tiltak) med siltig sand fra Oddernestunnelen og med betongmadrasser nærmest kai, her inngår også fjerning av slam ved kai. Kostnad: 20 mill. kr.
2. Tildekking i Fiskaabukta (innledende tiltak) med siltig sand fra Oddernestunnelen og med betongmadrasser nærmest kai. Kostnad: 12 mill. kr.
3. Fjerne aktive kilder på land ved Marvika og Kongsgårdbukta (ikke areal- og kostnadsberegnet, da utbredelse av aktive kilder ikke er godt nok kjent.)
4. Tetting av spunt ved kai i Kongsgårdbukta og klargjøring for deponering av forurensede sedimenter. Kostnad: 2 mill. kr.
5. Mudring og deponering av forurensede sedimenter i Marvika. og Torsvika . Deponering innenfor spunt ved kai i Kongsgårdbukta. Kostnad: 10 + 4 = 14 mill. kr.

Tiltaket i Fiskaabukta startes snarest etter at tiltaket i Hannevika er avsluttet (forutsatt at tiltaket i Hannevika er vellykket).

Tiltak 4 og 5 forutsetter at det blir bygget kai i Kongsgårdbukta slik det er planlagt.

Alternative tiltak er beskrevet i kapittel 12.1 til 12.6 og i kapittel 11.4 og 11.5.

De ovenfor prioriterte tiltakene mot forurensede sjøsedimenter er beregnet å tilsammen koste 48 mill. kr.

Tiltakene bør følges av en periode med måling og overvåking for å vurdere tiltakenes effekt på henholdsvis spredning av forurensninger og fisk og skalldyrs innhold av miljøgifter. En slik overvåkingsperiode foreslås å vare ca. 10 år fra de ovennevnte tiltakene er utført.

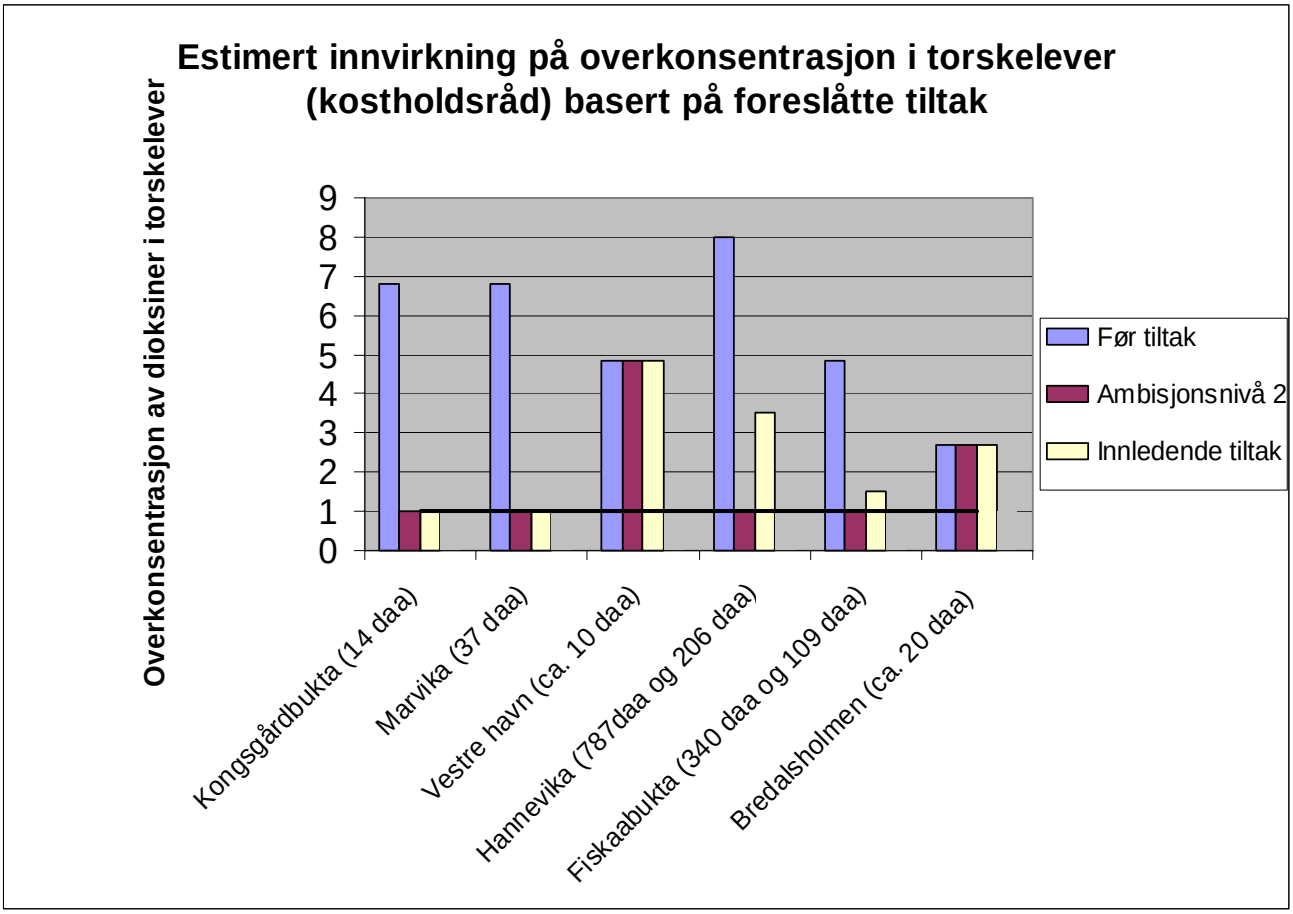
På grunnlag av resultater fra måling og overvåking fra innledende tiltak kan omfanget av videre tiltak som oppfyller Ambisjonsnivå 1 og/eller 2 vurderes mer detaljert. De områder hvor det er mest aktuelt å se på en utvidelse av tiltakene er i første rekke Hannevika og i annen rekke Fiskaabukta. Det er i disse to områdene hvor Ambisjonsnivå 1 og 2 ikke er oppfylt ved gjennomføring av innledende tiltak.

I figuren på følgende side er det vist hvordan det foreslåtte tiltaket vil innvirke på de antagelser som er gjort for kostholdsrådet og overkonsentrasjon i torskelever (overkonsentrasjon = 1 er lik kostholdsråd). Ved ikke å oppfylle Ambisjonsnivå 2 for Hannevika og Fiskaabukta oppnås en mindre reduksjon av dioksiner i torskelever. Det er meget grovt estimert at det foreslåtte innledende tiltaket vil kunne redusere overkonsentrasjon i fisk (torskelever) til ca. halvdelen av nåværende overkonsentrasjon i Hannevika og til ca. en tredjedel av nåværende overkonsentrasjon i Fiskaabukta. Tilsvarende er det estimert at det innledende tiltaket vil bidra til at det ikke skal være overkonsentrasjon i torskelever i Marvika og Kongsgårdbukta i fremtiden.

For Vestre havn og Bredalsholmen hvor det i første omgang ikke er foreslått utført tiltak er det i figuren estimert et ”tiltaksareal”. Som fremgår er dette areal forholdsvis beskjedent. Dette kombinert med forholdsvis lave overkonsentrasjoner (spesielt for Bredalsholmen) medfører at tiltak i disse områder vil ha en forholdsvis begrenset effekt.

Det understrekes at dette er teoretiske betraktninger da fisken i virkeligheten ikke er stasjonær. Det er bare fremtidige målinger som vil gi svar på hvor effektive tiltakene har vært.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.



12.9 Merknader

Det understrekes at bruk av modellen for å vurdere tiltak ikke gir noen absolutte sannheter, men den er til god hjelp for å rangere de forskjellige lokalitetene og hvilken miljøgevinst en kan forvente fra tiltaket. Modellen viser også hvor data mangler slik at fremtidige undersøkelser kan ta hensyn til dette. Da får man et bedre grunnlag for vurdering av de lokalitetene der data tidligere manglet.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

13 REFERANSER

/1/ ANZECC, 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Version – October 2000. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. www.ea.gov.au

/2/ CCME, 2001a. Canadian Water Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life. Summary table. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, updated 2001. www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe

/3/ CCME, 2001b. Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life. Summary tables. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, updated 2001. www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe

/4/ DNV, 1995. Sediment- og marinbiologisk tiltaksundersøkelse – Haakonsvern orlogsstasjon, Bergen kommune,1995. Rapport nr- 95-3578.

/5/ Elkem ASA Carbon, Kristiansand, 2001. Informasjon vedrørende kilder til PAH-forurensning. Pers. med. til Dag Petter Sødal

/6/ Elkem ASA Shared Service, Kristiansand, 2001. Søknad om tillatelse til opprensking utenfor kai. Søknad datert 29.05.01 til Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen utarbeidet av rådg. ing. Dagfinn Skaar AS for Elkem.

/7/ EU, 1996: Technical Guidance Document in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and commission regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing chemicals. Part II. Office for official publications of the European Communities. 1996.

/8/ FFI, 2001. Risikovurdering av sjøforurensninger. FFI-rapport 2001/04130.

/9/ Fylkesmannen i Vest-Agder, 2001. Hannevika – utfyllingsplaner og fremtidig arealbruk. Notat datert 11.05.2001 utarbeidet av Jon Egil Vinje.

/10/ Hennig-Olsen Is AS, 1995. Div. geotekniske undersøkelser i forbindelse med utfylling i Hannevikbukta.

/11/ IPCS, 2001. Environmental Health Criteria Series, No. 195:Hexachlorobenzene, Publisher: World Health Organization.

/12/ IUCLID, 1996. International Uniform Chemical Information Database, edition 1. Existing Chemicals – 1996. European Commission Joint research centre, Environment Institute, European Chemicals Bureau.

/13/ Kristiansand havnevesen, 2001, Informasjon vedrørende antall trafikkanløp i Kristiansands havn og ankringssteder. Pers. med. til Dag Petter Sødal

/14/ Kristiansand kommune, Eiendoms- og utbyggingsetaten, 2000. Kongsgård/Vige havne- og industriområde – Søknad om utfylling. Brev m/vedlegg til Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, datert 14.12.2000.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

/15/ Kristiansand kommune, Eiendoms- og utbyggingsetaten, 2000. Konsekvensutredning for Kongsgård/Vige havne- og industriområde. Melding med forslag til utredningsprogram i henhold til Plan- og bygningslovens §33-3, datert 21.03.2000.

/16/ Kristiansand kommune, Eiendoms- og utbyggingsetaten, 2000. Utfylling av sprengsteinsmasse fra Baneheiatunnelen i Kongsgårdbukta og Vigebukta. Rapport m/vedlegg til Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, datert 09.11.2000.

/17/ Laugesen J., Aase M., Mørch T., Karlsen E.R., 1999. The economic optimal size of preinvestigations before dredging contaminated sediments. Proceedings from the International Conference on Characterisation and treatment of sediments (CATS 4), September 15-17, 1999 in Antwerpen.

/18/ Miljø-Kjemi, 2001. Analyseresultater fra analyser av sedimenter 4 steder i Auglandsbukta båthavn. Rekvirent: Multikonsult A/S.

/19/ Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997. Kristiansand kommune, Kongsgårdbukta. Miljøtekniske undersøkelser ved nedlagt avfallsplass. Trinn 2 – kompletterende kartlegging og prinsipper for tiltak og utbygging i fjord.

/20/ Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997. Kristiansand kommune, Kongsgårdbukta. Miljøtekniske undersøkelser ved nedlagt avfallsplass. Trinn 3 – kompletterende kartlegging av avfallsplassen.

/21/ Multiconsult AS, 1998. Tiltaksplan for Kristiansand havnedistrikt. Rapportnr. 30575-00/1.

/22/ Multiconsult AS, 2001. Falconbridge Nikkelverk AS, produksjonsutvidelse. Konsekvensutredning. Referat fra møte og 03.07.2001 på Falconbridge.

/23/ NIVA, 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden Delrapport II. Metaller i vannmassene 1983. NIVA Rapport 193/85.

/24/ NIVA, 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden Delrapport I. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. NIVA Rapport 176/85.

/25/ NIVA, 1991. Statlig program for forurensningsovervåking. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988-90. Rapport 433/91. TA-nr. 738/1991. (NIVA-rapport lnr. 2554-1991).

/26/ NIVA, 1994. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåking av miljøgifter i organismer fra Kristiansandsfjorden 1992. Rapport 547/94. TA-nr. 1030/1994. (NIVA-rapport lnr. 2996-1994).

/27/ NIVA, 1995. Vurdering av effekt av propellstrøm fra fartøy på sedimenter i Oslo havn. NIVA-rapport lnr. 3218-1995.

/28/ NIVA, 1997. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1996. Report 715/97. TA-nr. 1488/1997.

/29/ NIVA, 1998. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1997. Report 750/98. TA-nr. 1604/1998.

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

/30/ NIVA, 1998. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. Rapport 729/98. TA-nr. 1539/1998. (NIVA-rapport lnr. 3833-1998).

/31/ NIVA, 1999. Forsøk med tildekking av sedimenter i Hannevikbukta, Kristiansand. Rapport lnr. 4010/99 utarbeidet i samarbeid med Sørlandskonsult as for Kristiansand kommune.

/32/ NIVA, 1999. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). OSPAR Commission. Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1998. Report 780/99. TA-nr. 1677/1999.

/33/ NIVA, 2000. Kartlegging av forurensning ved Bredalsholmen. NIVA Sørlands-avdelingen, notat O-99220, datert 5. mai 2000.

/34/ NIVA, 2000. Kartlegging av sjøsedimentene ved Marvika marinebase. NIVA-rapport lnr. 4260-2000.

/35/ NIVA, 2000. Statlig program for forurensningsovervåking. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Rapport 799/00. TA-nr. 1728/2000. (NIVA-rapport lnr. 4232-2000).

/36/ NIVA, 2000. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1999. NIVA-rapport lnr. 4244-2000.

/37/ NIVA, 2001. Oversendelse av data fra bløtbunnsundersøkelser 1993 og sedimentbeskrivelse fra tiltaksplan 2001 i Kristiansandsfjorden. Fax fra Tone Kroglund i NIVA, Grimstad datert 04.07.01.

/38/ NIVA, 2001. Sediment-data Kristiansandsfjorden. Brev fra Birger Bjerkeng i NIVA datert 28.06.01.

/39/ NIVA, 2001. Sedimentundersøkelser ved Maritime Promeco AS, Kristiansand. NIVA Sørlandsavdelingen notat O-20247.

/40/ NIVA, 2001. Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. NIVA-rapport lnr. 4371-2001.

/41/ NIVA, 2001. Utlekking av miljøgifter fra Bredalsholmen. NIVA Sørlandsavdelingen, notat O-99220, datert 30. mai 2001.

/42/ NOTEBY, 2000. Forsvarets bygningstjeneste region Sør- og Vestlandet. Marvika marinebase. Miljøteknisk grunnundersøkelse. Hovedrapport –tekstdel. Rapportnr. 101251-1.

/43/ Rygg, B., 1983. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 1, bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. Rapport 176/85, 60 s.

/44/ Statens forurensningstilsyn, 1994. Utslippstillatelse for Elkem Carbon + årlige rapporterte utslipp. Dato tillatelse:15.07.94. Sist oppdatert 13.10.00.

/45/ Statens forurensningstilsyn, 1995. Utslippstillatelse for Falconbridge Nikkelverk a.s + årlige rapporterte utslipp. Dato tillatelse: 25.10.95. Sist oppdatert 18.10.00.

/46/ Statens forurensningstilsyn, 1996. Utslippstillatelse for Elkem Fiskaa Silicon + årlige

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

rapporterte utslipp. Dato tillatelse:27.03.96. Sist oppdatert 05.10.00.

/47/ Statens forurensningstilsyn, 1997. Klassifisering av miljøgifter i fjorder og kystfarvann. Veileder nr. 97:03 med TA – nr. 1467/1997.

/48/ Statens forurensningstilsyn, 1998. Forurensede marine sedimenter. Oversikt over tilstand og prioriteringer. Rapport nr. 98:11 med TA – nr. 1547/1998.

/49/ Statens forurensningstilsyn, 2000. Miljøgifter i norske fjorder. Ambisjonsnivåer og strategi for arbeidet med forurenset sjøbunn. Rapport med nr. TA –1774/2000.

/50/ Statens forurensningstilsyn, 2001. Utskrift fra deponidatabasen for lokalitet 1001016 med lokalitetsnavn ”Elkem A/S –liten fylling”, befaringsdato 13.06.1990.

/51/ Statens forurensningstilsyn, 2001. Utskrift fra deponidatabasen for lokalitet 1001020 med lokalitetsnavn ”Falconbridge Nikkelverk - slamdeponi”, befaringsdato 21.06.1990.

/52/ Statens næringsmiddeltilsyn, 1997. Dioksiner og dioksinlignende PCB PCB i næringsmidler i Norge. SNT-rapport 9, 1997.

/53/ Statens næringsmiddeltilsyn, 2001. Bakgrunn for kostholdsrådene i Kristiansandsfjorden. Pers. med. fra Marie Louise Wiborg datert 27.06.01.

/54/ Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling, 2000. Oppdrag K-121B, rapport nr. 5. E18 Kristiansand, Oddernestunnelen, Geoteknisk rapport for anbud, datert 30. juni 2000.

/55/ Statens vegvesen, Vest-Agder vegkontor, 2001. Oddernestunnelen – masseoversikt. Notat datert 14.06.2001.

/56/ Sørlandskonsult, 2000. Kristiansand kommune – Hannevika – Inspeksjon av bunnsediment. Brev datert 16.10.00 med vedlagt notat fra dykkerinspeksjon 31.08.00 0g 11.09.00.

/57/ Sørlandskonsult, 2000. Kristiansand kommune – Hannevika – Inspeksjon og prøvetaking av bunnsediment. Brev datert 21.12.00 med vedlagt notat fra dykkerinspeksjon med prøvetaking den 27.11.00..

/58/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Inspeksjon av bunnsediment. Brev datert 16.10.00 med vedlagt notat fra dykkerinspeksjon 31.08.2000 og 11.09.2000.

/59/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Referat fra prosjektmøte nr. 19, 23.01.2001.

/60/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Referat fra prosjektmøte nr. 20, 10.05.2001.

/61/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Referat fra prosjektmøte nr. 17, 16.06.2000.

/62/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Innkalling til møte i prosjektgruppen 15.06.01 med vedlagt notat om geotekniske undersøkelser og vurderinger.

/63/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

bunnsedimenter. Referat fra prosjektmøte nr. 21, 15.06.2001.

/64/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Holskogen nedlagte industrifyllplass – Resultater fra prøvetaking av sedimenter i Bladdalstjern og Kjosbukta. Brev med analyseresultater til Kristiansand Ingeniørvesen, datert 03.05.2001.

/65/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Kongsgårdbukta- Sikring av avfallsdeponi. PM nr. 8, fra befaring på Kongsgårbukta nedlagte deponi 22.05.01.

/66/ U.S. Environmental Protection Agency, 1992. Framework for ecological risk assessment. Risk Assessment Forum. EPA/630/R-92/001.

/67/ U.S. Environmental Protection Agency, 1994. ”ARCS Remediation Guidance Document.” EPA 905-B94-003. Great Lakes National Program Office, Chicago, IL.

/68/ US EPA, 2000. Bioaccumulation Testing and Interpretation for the purpose of sediment quality assessment: Status and Needs. EPA-823-R-00-001. February 2000.

- o0o -

Gjengivelse i utdrag som kan virke misvisende er ikke tillatt.

APPENDIKS

A

OPPSUMMERING AV DET MOTTATTE GRUNNLAGSMATERIALET

NOTAT

Til: Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder v/Dag Petter Sødal
Kopi: DNVs prosjektteam

Vår ref.: **jlau/kristsed/2001**
Dato: **13. juni 2001 rev. 11.09.01**
Saksbeh.: **Jens Laugesen**

Tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden

Oppsummering av det mottatte grunnlagsmaterialet og vurdering av eventuelt behov for supplering av data

I dette notatet oppsummeres det mottatte grunnlagsmaterialet og behovet for en eventuell supplering av data er vurdert. Oppsummeringen er laget i tabellform hvor hver lokalitet behandles separat.

Som grunnlag for inndelingen i lokaliteter er brukt notat datert 1. juni 2001 utarbeidet av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder v/Dag Petter Sødal som omhandler mulige kilder.

Det er tatt forholdsvis mange sedimentprøver i Kristiansandsfjorden. Det er imidlertid få prøver hvor det er tatt kjerner og analyser som viser hvor dypt ned i sedimentene som forurensningen går.

Ved beskrivelse av PCB-innhold i sedimenter er SFTs anbefaling brukt, som sier at verdi for PCB_7 skal multipliseres med minst 2 for sammenligning med tilstandsklasser i SFT-veileder 97:03. I denne vurderingen er PCB_7 gjennomgående multiplisert med 2.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
Topdalselva og Topdalsfjorden innenfor Varoddbrua (E18)	Kjevik Lufthavn (mindre historiske småfyllinger + virksomhet på flyplassen (avising, lagring av jetfuel etc.) Noen militære småfyllinger Småbåthavn Justvik Boen bruk Tømmerlagring + transport +tidl. skip i opplag i Ålefjærfjorden Marineaktivitet Tømmerlagring og sementlagring v/Vige	Sedimentprøve tatt i 1997-98 fra Topdalsfjorden ved Kjevik ved overgang til Ålefjærfjorden ifm. miljøgiftundersøkelser i havner på Agder. (Tilstands-)klasse I for Hg, Pb, Cu, Cd, PCB og TOC. Klasse II for PAH. Sedimentprøver i småbåthavn Justvik viser klasse V for TBT. Sedimentprøver i Vigebukta (ved Varoddbrua) viste ingen høye nivåer ifm. med prøvetaking for utfylling med stein i området.	Få sedimentprøver i området. Sannsynligvis kun lokal forurensning i tilknytting til kilder. Kilder virker ikke å være av slik størrelse at de har nevneverdig påvirkning på Topdalsfjorden. Lite grunnlag å gå videre med denne lokaliteten nå. Mer data derfor ikke nødvendig.
Kongsgårdbukta	Nedlagt kommunal fyllplass (rangert i gruppe 1 i SFTs deponidatabase). Nedlagt garveri med utslipp via Prestebekken. Garveriet ble nedlagt en gang rundt 1980. Pukkverksdrift Dumpede/sunkne båter og skip	Sedimentprøver fra 1997: Analyserte sedimentprøver viser at lokaliteten er kraftig forurenset av tungmetaller (spesielt krom som ligger i klasse III-V) i dypere lag (20-30 cm) på enkelte stasjoner. I dypere lag er det også funnet Cu og Ni i klasse III-IV og Pb, Cd, Zn og Hg i klasse III. I de øvre lag (0-5cm) ligger krom og de andre tungmetallene ca. i klasse II. PAH ligger i klasse II og PCB i klasse II-IV i de øvre lagene(0-15cm). En prøve fra dypere lag (25-30 cm) viser at PAH ligger i klasse III og PCB akkurat på grensen mellom klasse IV og V. Kromforurensningen kommer sannsynligvis fra garveriet. Det er mest forurenset rett ved utløp fra Prestebekken og forurensningen avtar siden utover i bukta.	Antagelse: Garveriet er hovedkilden til krom-forurensningen og avfalls-fyllingen er hovedkilden til de organiske miljøgiftene. Tilstrekkelig med sedimentprøver i bukta. Tiltak ved fyllingen er planlagt. Uklart om Prestebekken også er kraftig forurenset eller om det meste allerede er transportert ut i Kongsgård-bukta. Sannsynligvis er det allerede kommet et nytt sedimentlag over de mulig kromforurensede sedimentene i Prestebekken.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
Marvika	Marinebase for Forsvaret siden 1896. Aktiviteter: Sandblåsing, verksteder, lagring av olje, maling, zinkhvitt og linolje. På basen finnes også en avfallsfylling.	På land er det funnet forurensning av PCB, PAH og tungmetaller. I sjøen er sedimentene forurenset av kvikksølv, TBT, PAH og PCB. Forurensningsgraden ligger hovedsakelig i klasse III-V. Hg i klasse IV-V. Videre er sedimentene forurenset av bly, kadmium og kobber (enkelte prøver i klasse IV, hovedsakelig klasse III og lavere). Fra marinebasen og utover avtar forurensningen (med noen unntak). Det er spesielt på de grunnere områdene hvor vanndybden er 0-25 m at det er funnet høye konsentrasjoner av miljøgifter (gjelder spesielt tungmetaller).	Tilstrekkelig med sedimentprøver i bukta. Funn i sedimenter stemmer godt med hva som er funnet på land. Noe usikkerhet rundt trafostasjon på land, da det er funnet PCB i de øvre lagene av sedimentene, noe som tyder på en aktiv kilde. Eldre PCB-holdig skipsmaling kan være en annen mulig kilde.
Bertesbukta og Kuholmsbukta	Småbåthavn (stor og gammel)	Sedimenter ikke kartlagt. Ingen kjente kilder på land.	Sannsynligvis lokal forurensning i tilknytting til småbåthavn. Utbredelse ukjent. Supplering av data for dette oppdraget bør kunne sløyfes.
Otra	Utslipp til Otra blir transportert ut i Kristiansandsfjorden. Hunsfos hadde klorbleking av papir fram til 1993 med utslipp av AOX (adsorberbare klororganiske stoffer), 300 tonn i 1985 redusert til 105 tonn i 1992. Cellulosefabrikken ble nedlagt i 1999. Høie fabrikker har utslipp av AOX (0,06-016 tonn/år) + mindre mengder av tungm. og pesticider. Norsk Wallboard ligger ved Otra. Ikke registrert noen	Sedimenter i elva er lite kartlagt. Sedimentprøve av Hg tatt ved Oddernesbroa i 1988 viste lave kvikksølvverdier. Vannkvaliteten har fått en betydelig forbedring etter at treforedlingsindustrien har innført økte rensetiltak. Målinger utført for OSPAR viser at vannet som går ut i fjorden inneholder tungmetaller i tilstandsklasse I og II. PCB ligger under deteksjonsgrensen (0,03 ng/l for enkeltkomponenter av PCB_7).	Sannsynligvis utslipp av eldre dato til Otra som har forurenset fjorden. I selve elvemunningen er det grove masser som antas lite forurenset. Lenger ut hvor det ligger finere sedimenter er det mer forurenset, men her finnes flere mulige kilder. Ikke behov for sedimentprøver fra Otra.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
	utslipp i INKOSYS. Vigeland bruk som produserer superrent aluminium ligger også ved Otra. Ikke registrert noen utslipp i INKOSYS. Urenset spillvann skal ikke lenger gå i elva, unntatt ved ekstrem nedbør. Ikke merkbar utlekking fra forurenset grunn på Kjøita i forhold til konsentrasjoner i elva.		
Tangen	Gammel kommunal avfallsfylling i sjø. Tidl. gassverk Tidl. skipsbygging Tidl. marineverft Tidl. fiskegarnfabrikk (bøtet med tjære) I dag bil- og båtverksteder m.m.	Sedimentprøver utenfor Tangen (E2 og E3) viser svært rene sedimenter Ni, Heksaklorbenzen (HCB), PCB og prøve E2 for PAH er i klasse I. Prøve E3 er i klasse III for PAH.	Litt få prøver men virker ikke særlig påvirket av tidligere virksomhet.
Østre havn	Marina/bensinstasjon Båthavn med tilhørende verksted i Nodeviga Tidl. skipsverft Tidl. trelastvirksomhet Tidl. direkte utslipp fra byen (kloakk) I dag ingen kjente utslipp annet enn noe overflate-avrenning og ev. noe fra marinaen.	Sedimentprøver viser at Ni og PCB er i klasse I og II (lite til moderat forurenset), PAH varierer fra lite til sterkt forurenset (klasse I til IV) og HCB fra lite til markert forurenset (klasse I til III).	I stort OK. Vanskelig å forklare de to stasjonene med PAH i klasse IV. Nok med sedimentprøver.
Vestre havn med jernbane- og verksted-områdene (det	Havnedrift, oppvirvling etc., bl.a. passasjerskip og hurtigbåt (light-craft) til Danmark og England.	Sedimentprøver viser at Ni og PCB er i klasse I til III (hovedsakelig klasse II) lite til moderat forurenset)), PAH og	PAH og HCB er delvis høyt. Kan ikke se noe mønster. Sannsynligvis er sedimentene innerst i havnen omfordelt

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
som ligger innenfor Lagmans-holmen)	Kristiansand mek. verksted (KMV) med skipsbygging og skipsverft (blåsesand, skipsmaling). SFT har fra KMV registrert deponert blåsesand langs sjøkanten.	HCB varierer fra klasse I til V (mest klasse III).	mange ganger i de øvre lagene pga. oppvirvling fra de store skipene. Nok med sedimentprøver.
Hannevika ved nikkelverk	Utslipp fra Falconbridge Nikkelverk har minsket de siste årene. SFT har registrert slamdeponi, slagglager og avfallsfylling i sin deponidatabase.	Sedimentprøver viser at Ni ligger i klasse V og til dels høyt over klasse V. PCB ligger i stort i klasse II og III unntatt nærmest land hvor det er registrert klasse IV og V. PAH ligger i klasse IV og V (hovedsakelig IV). Hvis en ser på Benzo(a)pyren (B(a)P) vil flere stasjoner komme i klasse V. Dioksiner/furaner er i klasse V (hovedsakelig vurdert på grunnlag av HCB). HCB ligger gjennomgående i klasse V og de fleste steder langt over (ekstremt høye nivåer).	Det er nok med prøver for å fortelle at området er meget forurenset. Behov for info om kornfordeling, bæreevne etc. vil være nødvendig for å vurdere tildekking med sand.
Hannevika generelt	Mekanisk verksted Tankanlegg Iskremfabrikk Avrenning fra veisystemene (E18 etc.) Noe kloakk fra bekk innerst i vika.	Se beskrivelsen for Falconbridge	Falconbridge må antas å være hovedårsaken til den kraftige forurensningen i Hannevika. Nok med sedimentprøver.
Fiskaabukta	Støvavdrift fra lossing av bulkskip med råstoff (tørr bek) fra ca. 1924 til ca. 1975 ved Elkem Fiskaa. Nå sugelossing som ikke gir støv. Elkem har fire oppføringer i deponidatabasen til SFT: Liten fylling for bekavfall (elektrodemasse) • Bekdeponi • Elektrodemasseavfall	PAH ligger generelt i klasse V og til dels meget over. Høyt innhold av B(a)P. HCB ligger gjennomgående i klasse V og de fleste steder langt over (ekstremt høye nivåer). PCB ligger hovedsakelig i klasse III. prøver helt inne ved Fiskå verk ligger i klasse I og II og en prøve lenger sør i klasse IV.	Nok med prøver. Området må sies å være meget forurenset. Nok med sedimentprøver.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
	utilfredstillende lagret på bedriften • Store utfyllingsområder i fjorden med bl.a. PAH-holdig elektrodemasse. Tidligere lå Lumber Finerfabrikk (nå nedlagt) rett sør for Elkem Fiskaa.	Ni ligger i klasse II til V. (Det virker som om konsentrasjonen synker etterhvert som en kommer lenger bort fra Falconbridge).	
Auglandsbukta	Stor småbåthavn med myk svart mudderbunn	8 prøver tatt i 4 punkter ifm. planlagt mudring. Cu, Pb, Cd og Hg ligger i klasse II og III. Klasse III og såvidt klasse IV for PCB. Klasse III og IV for PAH (men IV og V for B(a)P). HCB i klasse III og IV og TBT i klasse IV og V Noe mer forurenset i >2 cm enn i 0-2 cm for PAH, TBT og HCB.	Ca. hva en kan forvente i en småbåthavn. Nok med sedimentprøver i denne omgang.
Kjosbukta	Er et naturreservat med grunt vann og bunn består av sort mudder. Har tilførsel fra to bekker. Bekken i nord antas ren. Bekken i sør kommer fra Bladdalstjern som mottar sigevann fra Holskogen avfallsfylling. I denne avfallsfyllingen skal bl.a tønner fra Falconbridge finnes. Mellom Holskogen avfallsfylling og Kjosbukta ligger også bilverksteder. Inne i Kjosbukta ligger en bussgarasje m/eldre verksted.	Prøve tatt i Kjosbukta var for tungmetaller (Zn, Ni, Pb, Cd, Cr, Cu og Hg) i klasse I og II. En sinkprøve (7-12 cm) var i klasse III. PCB lå i klasse I og PAH i klasse II. Lenger ut i Kjosbukta er det registrert PAH i klasse IV. (Bladdalstjern var noe mer forurenset, de fleste tungmetaller lå i klasse III. PAH og PCB lå også i klasse III.)	Virker ikke som avrenning fra Bladdalstjern har påvirket Kjosbukta nevneverdig så langt.
Andøya	Tidl. verftsområde med tørrdokk (Aker Maritime/Promeco), ligger på Voie rett før en kommer ut til Andøya. Det er tidligere mudret i området.	Sedimentprøver er tatt 5 steder utenfor dokken i desember 2000 etter pålegg fra SFT. Tungmetaller (Cd, Cu, Hg, , Ni og Pb) lå i klasse I og II, unntatt i stasjon I (0-2 cm) rett utenfor tørrdokken hvor Cd, Cu og Pb lå i klasse III. PAH lå i klasse IV rett utenfor	TBT er høyt. PAH som er funnet i sedimentene kan komme fra bekstøv fra Elkem eller fra bunkersolje fra skip. Ikke behov for flere data akkurat nå.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
		dokken ellers i klasse I til III. TBT lå generelt i klasse V i det øverste laget (0-2 cm)	
Bredalsholmen	Veteranskipsverft som er i bruk i dag. Har hatt dokk og reparasjonsverksted i lang periode (ca. 100 år).	Sedimenter innsamlet fra 4 stasjoner og analysert i 0-3 cm i 2000. Tungmetaller (Cd, Hg, Pb, Cu, Zn og Ni) lå i klasse I til V, men hovedsakelig i III til IV. Klasse V er Pb, Cu og Zn utenfor dokkporten. PAH og PCB lå i klasse IV og V. En ny sedimentprøve ble tatt litt lenger ut i 2001. Tungmetaller lå gjennomsnittlig i klasse III. PCB lå i klasse III, PAH i klasse IV (men B(a)P i klasse V). Blåskjell som var satt ut på tre stasjoner hadde hovedsakelig lave konsentrasjoner (klasse I og II). Unntakene var PAH som lå i klasse III på to stasjoner og TBT som lå i klasse IV utenfor dokkporten.	Forholdsvis høye konsentrasjoner i sedimenter. Ikke så stort opptak i blåskjell. Bør vurderes nærmere, men ikke behov for ytterligere data akkurat nå.
Øvrige områder i vest m/Flekkerøy	Ingen spesiell kjent forurensende virksomhet. Virksomhet som muligens kan påvirke fjorden: • Fiskehavn i Mæbøs-fjorden. • Drivstoff- og fyringsolje-lager på Kroodden Ev. krigsetterlatenskaper på Møvik.	Få prøver utover i fjorden. Virker som om konsentrasjoner av miljøgifter avtar utover.	Svakt grunnlag for vurdering, men også liten sannsynlighet for forurensning.
Korsvikområdet og østover	Småbåthavn (marina) Div. næringsvirksomhet Utslipp fra kloakkrenseanlegg yttersti Korsviksfjorden.	Sedimentprøve tatt i ytre del av Korsvikfjorden. Ni og Cu i klasse II. Stasjon sørøst for Dvergsøya har lave verdier unntatt en eldre sedimentprøve hvor HCB ligger i klasse V. Blåskjell har vært satt inne i marinaen. De hadde svært lavt innhold av PAH og B(a)P	Få prøvepunkter. Målte verdier ikke alarmerende. Ikke behov for ytterligere data.

Lokalitet	Virksomhet	Data	Foreløpig vurdering
		(klasse I). TBT-innholdet i blåskjellen lå i klasse III (markert forurenset).	
Byfjorden (det åpne fjordområdet i midten mellom Odderøya-Bragdøya-Flekkerøya og Lyngøya-Prestøya-Dvergsøya)	(Båt- og skipstrafikk)	Noen sedimentprøver er tatt i forbindelse med tidligere undersøkelser bl.a. undersøkelser for det statlige programmet for forurensningsovervåking. Disse prøvene inneholder forholdsvis lave konsentrasjoner av miljøgifter. PCB i klasse I og II, PAH i klasse II, Dioksiner i klasse II og III og HCB i klasse III.	Få prøvepunkter. Målte verdier forholdsvis lave. Ikke behov for ytterligere data nå.
Øvrige småbåthavner	Småbåthavner i Kristiansandsfjorden.	Noen av småbåthavnene er undersøkt med henblikk på innhold av miljøgifter i sedimentene (f.eks. Auglandsbukta). Typisk forurensning i småbåthavner vil være TBT, PAH, olje og tungmetaller. Noen steder vil en også finne PCB-forurensning som eksempelvis kan komme fra eldre skipsmaling eller eldre PCB-holdige oljeprodukter.	Småbåthavner vil være lokalt forurenset men vurderes å utgjøre et begrenset forurensningsproblem når en ser på Kristiansandsfjorden under ett.

Ordforklaring

Det er i teksten brukt forkortelser for kjemiske stoffer og begreper. Nedenfor er disse forklart.

Forkortelse	**Forklaring**
Hg	Kvikksølv
Pb	Bly
Cu	Kobber
Cd	Kadmium
Zn	Sink
Ni	Nikkel
PCB	Polyklorerte bifenyler. Ved sammenligning med SFTs tilstandsklasser brukes 2xPCB_7 eller ved eldre undersøkelser Sum PCB.
PCB_7	Summen av PCB-kongener 28, 52, 101 ,118, 138, 153 og 180
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner, oppgis normalt med 16 forbindelser i henhold til USEPA. Når det sammenlignes med SFTs tilstandsklasser for sediment skal naftalen trekkes fra.
B(a)P	Benzo(a)pyren. Den PAH-forbindelse som normalt regnes som mest kreftfremkallende.
TBT	Tributyltinn
HCB	Heksaklorbenzen
TOC	Total organisk karbon

Referanser

/1/ Elkem ASA Carbon, Kristiansand, 2001. Informasjon vedrørende kilder til PAH-forurensning. Pers. med. til Dag Petter Sødal

/2/ Kristiansand havnevesen, 2001, Informasjon vedrørende antall trafikkanløp i Kristiansands havn og ankringssteder. Pers. med. til Dag Petter Sødal

/3/ Miljø-Kjemi, 2001. Analyseresultater fra analyser av sedimenter 4 steder i Auglandsbukta båthavn. Rekvirent: Multikonsult A/S.

/4/ Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997. Kristiansand kommune, Kongsgårdbukta. Miljøtekniske undersøkelser ved nedlagt avfallsplass. Trinn 2 – kompletterende kartlegging og prinsipper for tiltak og utbygging i fjord.

/5/ Miljöteknik Bo Carlsson AB & Sørlandskonsult as, 1997. Kristiansand kommune, Kongsgårdbukta. Miljøtekniske undersøkelser ved nedlagt avfallsplass. Trinn 3 – kompletterende kartlegging av avfallsplassen.

/6/ Multiconsult AS, 1998. Tiltaksplan for Kristiansand havnedistrikt. Rapportnr. 30575-00/1.

/7/ NIVA, 1991. Statlig program for forurensningsovervåking. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988-90. Rapport 433/91. TA-nr. 738/1991. (NIVA-rapport lnr. 2554-1991).

/8/ NIVA, 1995. Vurdering av effekt av proppellstrøm fra fartøy på sedimenter i Oslo havn. NIVA-rapport lnr. 3218-1995.

/9/ NIVA, 1997. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1996. Report 715/97. TA-nr. 1488/1997.

/10/ NIVA, 1998. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1997. Report 750/98. TA-nr. 1604/1998.

/11/ NIVA, 1998. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. Rapport 729/98. TA-nr. 1539/1998. (NIVA-rapport lnr. 3833-1998).

/12/ NIVA, 1999. Norwegian Pollution Control Authority (SFT). OSPAR Commission. Annual report on direct and riverine inputs to coastal waters during the year 1998. Report 780/99. TA-nr. 1677/1999.

/13/ NIVA, 2000. Kartlegging av forurensning ved Bredalsholmen. NIVA Sørlands-avdelingen, notat O-99220, datert 5. mai 2000.

/14/ NIVA, 2000. Kartlegging av sjøsedimentene ved Marvika marinebase. NIVA-rapport lnr. 4260-2000.

/15/ NIVA, 2000. Statlig program for forurensningsovervåking. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og

organismer. Rapport 799/00. TA-nr. 1728/2000. (NIVA-rapport lnr. 4232-2000).

/16/ NIVA, 2000. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1999. NIVA-rapport lnr. 4244-2000.

/17/ NIVA, 2001. Sedimentundersøkelser ved Maritime Promeco AS, Kristiansand. NIVA Sørlandsavdelingen notat O-20247.

/18/ NIVA, 2001. Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. NIVA-rapport lnr. 4371-2001.

/19/ NIVA, 2001. Utlekking av miljøgifter fra Bredalsholmen. NIVA Sørlandsavdelingen, notat O-99220, datert 30. mai 2001.

/20/ NOTEBY, 2000. Forsvarets bygningstjeneste region Sør- og Vestlandet. Marvika marinebase. Miljøteknisk grunnundersøkelse. Hovedrapport –tekstdel. Rapportnr. 101251-1.

/21/ Statens forurensningstilsyn, 2001. Utskrift fra deponidatabasen for lokalitet 1001016 med lokalitetsnavn ”Elkem A/S –liten fylling”, befaringsdato 13.06.1990.

/22/ Statens forurensningstilsyn, 2001. Utskrift fra deponidatabasen for lokalitet 1001020 med lokalitetsnavn ”Falconbridge Nikkelverk - slamdeponi”, befaringsdato 21.06.1990.

/23/ Sørlandskonsult, 2000. Kristiansand kommune – Hannevika – Inspeksjon av bunnsediment. Brev datert 16.10.00 med vedlagt notat fra dykkerinspeksjon.

/24/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Referat fra prosjektmøte 23.01.2001.

/25/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Hannevika – Tildekking av bunnsedimenter. Rapport fra dykkerinspeksjon 31.08.2000 og 11.09.2000.

/26/ Sørlandskonsult, 2001. Kristiansand kommune – Holskogen nedlagte industrifyllplass – Resultater fra prøvetaking av sedimenter i Bladdalstjern og Kjosbukta. Brev med analyseresultater til Kristiansand Ingeniørvesen, datert 03.05.2001.

- o0o -

APPENDIKS

B

BEREGNING AV KOSTNADER FOR TILTAK I SEDIMENTER

1. Enhetskostnader benyttet ved beregning av tiltak i forurensede sedimenter

Aktuell bakgrunnsinformasjon som danner grunnlaget for kostnadsberegningene er gitt i avsnitt 1.1. Det er videre utarbeidet en ”kostnadsnøkkel” med enhetskostnader for hver type av tiltak i sedimentene, se avsnitt 1.2. Kostnadsnøkkelen er utarbeidet på bakgrunn av litteratur, informasjon fra aktuelle aktører og vår egen erfaring med tilsvarende prosjekter.

1.1 Bakgrunnsinformasjon om lokalitetene

Tabell 1 gir en oversikt over bakgrunnsinformasjonen som er benyttet i forbindelse med kostnadsberegninger for tiltak i sedimentene.

Tabell 1 Bakgrunnsinformasjon for lokaliteter med forurensede sedimenter.

Parameter	Enhet	Kommentarer
FORURENSEDE SEDIMENTER		
Areal	m^2	Lokalitetens areal er anslått på bakgrunn av kart.
Tykkelse	cm	En mest mulig nøyaktig tykkelse er oppgitt i bakgrunnsinformasjonen, denne informasjonen er bl.a. benyttet for å beregne volum av sedimentene. Beregningen er basert på tre definerte kategorier (0-10 cm, 10-50 cm , >50 cm). Med tykkelse menes tykkelse in situ av det forurensede sedimentlaget.
Volum	m^3	Volum er oppgitt som teoretisk volum av de forurensede massene in situ. Hvis volum ikke er kjent er dette beregnet ved å multiplisere areal med tykkelse. (Ved fjerning av sedimenter vil praktisk volum ved håndtering være større enn teoretisk volum, dette er det tatt hensyn til ved en tilpassing av enhetskostnaden).
Vanndybde	m	Vanndybde er oppgitt i definerte kategorier (<10 m, 10-25 m, >25 m). Med vanndybde menes dominerende vanndybde for lokaliteten. Vanndybde er hentet fra sjøkart og/eller tidligere undersøkelser.
Avstand fra land		
Kortest	m	Korteste avstand fra lokaliteten til land, målt på kart. (I praksis vil dette være korteste avstand til det sted hvor sedimentene antas å kunne tas opp på land).
Lengst	m	Lengste avstand fra lokaliteten til land, målt på kart. (I praksis vil dette være lengste avstand til det sted hvor sedimentene antas å kunne tas opp på land).

Tabell 1 Bakgrunnsinformasjon for lokaliteter med forurensede sedimenter, forts.

Bunnforhold	Enhet	Kommentarer
Bunntopografi		Bunntopografi er oppgitt i definerte kategorier (flat jevn bunn, hellende jevn bunn, kupert bunn). Flat jevn bunn: En rimelig flat (ikke hellende) og jevn bunn. Denne bunntopografien vil ha den rimeligste tiltakskostnaden ved f.eks. overdekking eller mudring. Hellende jevn bunn/hellende: Bunn som er jevn men som har en helning. Her menes ikke en ekstremt bratt helning hvor det ikke ligger sedimenter. Kupert bunn: Ujevn bunn med høydeforskjeller. Bunntopografi som medfører høyere kostnader ved f.eks. overdekking eller mudring.
Sedimenttype		Sedimenttype er oppgitt i definerte kategorier (grus, sand, silt, leire, gytje, fiber). Gjelder de forurensede sedimentene. Grus: Kornstørrelse 2 – 60 mm Sand: Kornstørrelse 0,063 – 2 mm Silt: Kornstørrelse 0,002 - 0,063 mm Leire: Kornstørrelse < 0,002 mm Gytje: Organisk materiale bestående av plante- og dyrerester Fiber: Fiberbank (trefiber) fra papir- eller treproduksjon Kombinasjon av sedimenttyper er oppgitt når det har vært behov for dette, f.eks. ”Silt, leire”. Den dominerende sedimenttypen står først.
Forurensningstype		
Tungmetaller		Dersom sedimentene er forurenset med tungmetaller, er dette oppgitt som tilstandsklasse i henhold til SFT-veileder 97:03 (der tilstrekkelige data foreligger). Det er da oppgitt tilstandsklasse for de tungmetaller som forurenser mest (høyeste tilstandsklasse).
Organiske miljøgifter nedbrytbare		Dersom sedimentene er forurenset med nedbrytbare organiske miljøgifter, er dette oppgitt som tilstandsklasse i henhold til SFT-veileder 97:03 (der tilstrekkelige data foreligger). Det er da oppgitt tilstandsklasse for de nedbrytbare organiske miljøgifter som forurenser mest (høyeste tilstandsklasse). Med nedbrytbare organiske miljøgifter menes miljøgifter som er biologisk nedbrytbare i overskuelig framtid, f.eks. lettere oljeprodukter (opp til ca. C_{15}) og lettere PAH-forbindelser (2 og 3-rings).
Organiske miljøgifter ikke nedbrytbare		Dersom sedimentene er forurenset med ikke nedbrytbare organiske miljøgifter, er det oppgitt tilstandsklasse i henhold til SFT-veileder 97:03 (der tilstrekkelige data foreligger). Det er da oppgitt tilstandsklasse for de miljøgifter som forurenser mest (høyeste tilstandsklasse). Med ikke nedbrytbare organiske miljøgifter menes miljøgifter som ikke er biologisk nedbrytbare i overskuelig framtid, f.eks. PCB, dioksiner/furaner, DDT, tunge PAH-forbindelser (4 ringer og mere) og tunge oljeprodukter (over ca. C_{15}).
Behandling		
Behandlings-alternativ		Dersom behandlingspakken inneholder et spesifikt behandlingsalternativ som ikke inngår i ”standardpakken” av alternativer, er dette oppgitt. Hvis det ikke er oppgitt behandlingsalternativ er standard enhetskostnader benyttet.
Avstand behandlings-alternativ	**km**	Dersom spesifikt behandlingsalternativ er oppgitt i den forrige posten er avstanden til behandlingssted oppgitt i km.

1.2 Parametre og enhetskostnader som brukes i kostnadsberegning av tiltak

Tabell 2 gir en oversikt over aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre for tiltak knyttet til forurensede sedimenter. For hvert enkelt tiltak er det utarbeidet en kostnad for mobilisering og demobilisering, laveste enhetskostnad per m^2 eller m^3 og faktorer som enhetskostnaden varierer med avhengig av tiltakets vanskelighetsgrad og lokale forhold. Kostnad for mobilisering og demobilisering er tatt med for å vise at det for omtrent alle tiltak trengs utstyr som først må komme på plass før selve tiltaket kan starte og at dette etterpå må fjernes igjen. Denne kostnaden utgjør en ”minstekostnad” for tiltaket.

De vesentlige faktorene som påvirker kostnaden for sanering av forurensede sedimenter vil bl.a. være: volum forurensede sedimenter, areal forurenset sjøbunn, vanndybde, bunntopografi, type sedimenter, type forurensning og nærhet til land.

2. Presentasjon av kostnader

2.1 Kostnader ved tiltak i forurensede sedimenter

Tiltakskostnader for opprydning i forurensede sedimenter er beregnet på bakgrunn av informasjon om lokalitetene, se avsnitt 1.1, enhetskostnadene presentert i avsnitt 1.2 (se spesielt ”beskrivelse av tiltaket” i Tabell 2). Bakgrunnsinformasjonen samt kombinasjonen av aktuelle tiltak for hver lokalitet og hvert ambisjonsnivå er lagt inn i et regneark, hvor kostnadene er beregnet. Kostnadene er eksklusive MVA.

Kostnadene inkluderer ikke prosjektering dvs. planlegging og detaljert design av prosjektene. Denne kostnaden vil variere avhengig av prosjektets totale størrelse, type og kompleksitet. En bør anta et påslag i størrelsesorden 5-20% på den beregnede kostnaden.

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Fysiske sedimenttiltak						
La ligge	De forurensede sedimentene blir liggende der de er, dvs. en ”null-løsning”.	-	0	-	-	-
Opprydning sjøbunn	For at tiltak skal kunne utføres må i noen tilfeller sjøbunnen først ryddes. Dette vil f.eks. være aktuelt i et område hvor sjøbunnen er brukt som ”søppelplass”. Rydding antas å foregå ved hjelp av dykker + fartøy. Dykker markerer hva som skal tas opp og bistår fartøyet som med vinsj eller lignende tar opp søppel på fartøyet. Deponeringsavgift for søppelet er ikke inkludert i kostnaden.	50 000	3 kr/m^2	Areal, Vanndybde, Bunntopografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 2,0	Erfaringer fra sanering Haakonsvern (pers. komm.)
Overdekking	Med overdekking menes at sedimentene tildekkes slik at miljøgifter ikke er tilgjengelige for marine organismer. Enhetskostnaden er basert på tiltaket i Sørfjorden i Odda. Det vil si at det først plasseres en fiberduk over sedimentene og fiberduken tildekkes siden med 30-50 cm sand. (Eller grus hvis det er sterk strøm). Overvåkning etter at tiltaket er utført er inkludert i enhetskostnaden.	2 000 000 (reduseres ved areal <100 000 m^2)	150 kr/m^2	Areal, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 2,0	Erfaringer fra sanering Sørfjorden i Odda (pers. komm. fra Norzink) + US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen, forts.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Stabilisering	Med stabilisering menes stabilisering av sedimentene in situ. Et fartøy eller lekter går over sedimentene og blander inn sement eller lignende stabiliseringsmiddel. De øverste 0,2 til 0,5 m av sedimentene antas å kreve stabilisering, tykkelsen er avhengig av sedimenttype. Stabiliseringen skal binde alle miljøgifter i sedimentene slik at de ikke er tilgjengelige eller kan spres. Overvåkning etter at tiltaket er utført er inkludert i enhetskostnaden.	500 000	1 000 kr/m^2	Areal, Tykkelse, Vanndybde, Bunn-topografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 5,0	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.
Nedbrytning	Med nedbrytning menes nedbrytning av miljøgifter i sedimentene in situ. Et fartøy eller lekter går over sedimentene og injiserer luft (oksygen) i sedimentene. Dette stimulerer en raskere nedbrytning av sedimenter som f.eks. er forurenset av lette hydrokarboner. Tiltaket er forholdsvis gunstig, men er kun egnet for meget lett nedbrytbare stoffer og gir neppe godt nok resultat alene.	500 000	10 kr/m^2	Areal, Tykkelse, Vanndybde, Bunn-topografi, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 2,0	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.
Sugemudring	Med sugemudring menes at de forurensede sedimentene suges opp fra bunnen og transporteres til land for videre behandling eller deponering. Transport opp til 1000 m antas utført ved pumping i tett ledning og for større avstander med lekter. Transport til land er inkludert i enhetskostnaden.	2 000 000 (reduseres ved areal <100 000 m^2)	100 kr/m^2 Beregnes også i kr/m^3	Areal, Tykkelse, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 2,0	Erfaringer fra sanering Haakonsvern (pers. med.) + US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen, forts.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Grabbmudring	Med grabbmudring menes at de forurensede sedimentene tas opp fra bunnen med en tett grabb og transporteres til land for videre behandling eller deponering. Transport opp til 1000 m antas utført ved pumping i tett ledning og for større avstander med lekter. Transport til land er inkludert i enhetskostnaden.	750 000	250 kr/m^2 Beregnes også i kr/m^3	Areal, Tykkelse, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 2,0	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.
Dypvanns-deponi	Med dypvannsdeponi menes at forurensede sedimenter som er fjernet ved mudring deponeres på et egnet sted på sjøbunnen. Vanndybde antas å være minst ca. 30 m. (Transporten til dypvannsdeponiet er inkludert i kostnad for mudring). Dypvannsdeponiet forutsettes å ha diffusjonstett overdekking. Det forutsettes brukt en mudringsteknikk som gir lavt vanninnhold, f.eks. augermudring/ skruemudring, slik at det ikke blir behov for avvanning. Prisen for augermudring er sammenliknbar med sugemudring.	1 000 000	200 kr/m^3	Volum, Vanndybde, Bunntopografi, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 1,5	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994. NGI, Audun Hauge, pers. med.
Deponering med overdekking	Med deponering med overdekking menes at forurensede masser mudres og deponeres på dypere vann/annet område. Deretter mudres underliggende masser fra saneringslokaliteten og plasseres som dekkmassse over de forurensede massene.	0 (inkludert i sugemudring)	200 kr/m^2	Areal, Tykkelse, Vanndybde, Avstand fra land, Bunntopografi, Sedimenttype	Varierer fra 1,0 til 2,0	US Army Corps of Engineers, Norman R. Francingues, pers. med. US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen, forts.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Strandkant-deponi						
Enkelt	Med et enkelt strandkantdeponi menes et deponi hvor det ikke kreves avvanning før sedimentene passeres i deponiet, uansett vanninhold i sedimentene. Overskuddsvannet i deponiet dreneres tilbake til sjø via et damfilter. Dette systemet fungerer for forurensninger som er sterkt partikkelbundet. (Et slikt deponi finnes ved Haakonsvern)	0 (byggekostn. inkl. i enhetskostn.)	150 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 1,3	Erfaringer fra sanering Haakonsvern (pers. med.)
Avansert	Med et avansert strandkantdeponi menes et deponi hvor sedimentene avvannes før de plasseres i deponiet. Avvanningsmetode velges avhengig av hvor tette sedimentene er. For tettere masser antas avvanningen utført med filterbåndspresse. For grøvre masser er en tett plate hvor vannet som renner av fra sedimentene samles opp, vurdert som egnet metode. Etter avvaning går massene til sluttdeponering i et tett strandkantdeponi. Avvanning inngår i enhetskostnaden.	200 000	300 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 3,0	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen, forts.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Behandling/ sluttdispo-nering						
Avvanning	Avvanningsmetode velges avhengig av hvor tette sedimentene er. For tettere masser antas avvanningen utført med filterbåndspresse. For grøvre masser er en tett plate hvor vannet som renner av fra sedimentene samles opp, vurdert som egnet metode. (Grus trenger ikke avvanning og tett leire er ikke egnet til avvanning).	200 000	150 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 5,0	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994. +Järnsjöprosjektet
Separering	Separering av finpartikler antas utført vha. hydrosyklon. Ren fraksjon (ofte sand) kan resirkuleres/deponeres, mens forurenset fraksjon må behandles på relevant måte. (Behandling av forurenset fraksjon er ikke inkludert i enhetskostnaden).	200 000	100 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 1,2	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994. Jordrenseteknologier: Rensing av jord og sedimenter, Boom forlag, 1992 (på nederlandsk)
Biologisk behandling	Biologisk behandling antas utført på land etter at sedimentenes vanninnhold er redusert slik at de egner seg til biologisk behandling. (Avvanning ikke inkludert i enhetskostnaden.) Biologisk behandling antas utført som rankekompostering. Det forutsettes at sedimentene kun inneholder forurensninger som er biologisk nedbrytbare.	200 000	400 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer ikke	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994. Erfaringer fra biologisk behandling i Norge (pers. komm.)

Tabell 2 Aktuelle tiltak, enhetskostnader og variasjonsparametre som brukes i kostnadsberegningen, forts.

SEDIMENTER	Beskrivelse av tiltaket	Mobilisering og demobilisering	Laveste enhetskostnad	Varierer med	Faktor som laveste enhetskostnad multipliseres med	Referanse for kostnad
Behandling/ sluttdispo-nering, forts.						
Biologisk behandling av TBT	Biologisk behandling antas utført på land etter at sedimentenes vanninnhold er redusert slik at de egner seg til biologisk behandling. (Avvanning ikke inkludert i enhetskostnaden.) Organotinforbindelsene (TBT) omdannes til rent tinn ved biologisk nedbrytning. Nedbrytningen fasiliteres av et tilsatsstoff. Metoden er ny og lite utprøvd.	200 000	400 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer ikke	NET/Umwelt-schutz Nord Bremen, 1999.
Deponering på land	Sedimentene deponeres i et godkjent deponi. Det antas at de er ”lav-forurensede” dvs. at de kan f.eks. brukes som dekkmasser i et søppeldeponi. (Avvanning og en statlig deponeringsavgift* er ikke inkludert i enhetskostnaden.)	0	250 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 3,0	Markedspris for deponering på søppeldeponi (pers. komm.)
Termisk behandling	Med termisk behandling menes at forurensningen fjernes ved oppvarming av sedimentene slik at forurensningen avdamper. Krever normalt avvanning, kostnad for avvanning er ikke inkludert i enhetskostnaden. Det er forutsatt bruk av et mobilt anlegg. Det forutsettes at behandlet sediment er rent (dvs. at det ikke inneholder andre forurensninger som ikke fjernes ved behandlingen som angitt over, f.eks. tungmetaller).	400 000	800 kr/m^3	Volum, Sedimenttype, Forurensningstype	Varierer fra 1,0 til 1,5	US EPA Remediation Guidance document (EPA 905-R94-003), 1994.

*) Det er innført en statlig deponeringsavgift på 300 kr/tonn for å stimulere til behandling/resirkulering framfor deponering. Deponeringsavgiften har hittil ikke vært benyttet på forurenset grunn/forurensede sedimenter.

APPENDIKS

C

BEREGNINGSGRUNNLAG FOR AMBISJONSNIVÅ 1 OG 2

- o0o –

Ambisjonsnivå 1

Kongsgårdbukta

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	Mobiliseringspotensiale
Bunntype	Andelen finstoff (<63µm) er høyt i bunnsedimentene og ligger ca. rundt 70 %, dvs. at sedimentene består hovedsaklig av leire. **Mobiliseringspotensiale: M4**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Forurensningen er størst i 20-30 cm (kan også gå dypere). **Mobiliseringspotensiale: M4**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Liten havn med en del båtplasser. Vanndybde hovedsakelig > 10 m. Moderat oppvirvling antas. **Mobiliseringspotensiale: M3**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M4*** *(3,67)*

Vurdering av spredningsverdi

Registrerte miljøgifter ligger hovedsakelig i 20-30 cm og ev. dypere. I de øvre lagene (0-5 cm) er konsentrasjonene betydelig lavere, hovedsakelig klasse II og III. For Kongsgårdbukta vurderes spesielt PCB som opptas meget godt i fisk, å være av betydning. PAH tas i tillegg opp i blåskjell.

Miljøgift	Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte miljøgiftene er basert på sjiktet 0-5cm.*
HCB (Heksaklorbenzen)	Tilstandsklasse IV **Spredningsverdi: 17**
PCB	Nivåene av PCB tilsvarer tilstandsklasse III **Spredningsverdi: 12**
PAH	Nivåene av PAH tilsvarer tilstandsklasse II **Spredningsverdi: 7**
Hg (Kvikksølv)	Nivåene av kvikksølv tilsvarer tilstandsklasse II **Spredningsverdi: 7**
Ni (Nikkel)	Nivåene av nikkel tilsvarer tilstandsklasse II **Spredningsverdi: 7**

Konklusjon Kongsgårdbukta

Gjennomsnittlig mobilisieringspotensiale er M4. HCB oppnår høyeste spredningsverdi på 17. (Imidlertid finnes kun en prøve for HCB, NIVA 1998).

Da de dypere lagene er kraftig forurenset må restriksjoner mot oppvirvling og omrøring vurderes.

Marvika

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	**Mobiliseringspotensiale**
Bunntype	Noe varierende innhold av finstoff, men gjennomsnittverdiene er 42 %, 59% og 46% for hhv. dybdeintervallene 0-10m, 10-25m og 20-40m. Bunntypen karakteriseres som sandig silt. Også en del områder med fast fjell og stein **Mobiliseringspotensiale: M3**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Tykkelsen av det forurensede sedimentet er >10cm **Mobiliseringspotensiale: M3**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Marvika har per dags dato fått beskjed om at marinebasen skal nedlegges. Den 31.12.2002 skal Forsvaret være ute fra basen. Fremtidig arealbruk er ikke bestemt. En må regne med at potensialet for oppvirvling fra propellstrøm er relativt stor inntil videre. Vanndybden er i store deler av Marvika < 10 m. **Mobiliseringspotensiale: M4**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M3*** *(3,33)*

Vurdering av spredningsverdi

Innholdet av tungmetaller er høyest på de grunne stasjonene (0-10 m). Betydelige konsentrasjoner er også funnet på stasjonene i dybdeintervallet 10-25 m. Nivåene av tungmetaller i dypet 20-40 m er lave, tilstandsklasse I-II. Pb, Cd og Hg skiller seg spesielt ut med relativt høye konsentrasjoner.

Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene PCB og PAH er høy, tilstandsklasse IV-V.

TBT konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse IV (2 stasjoner)

Miljøgift	**Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi** *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte parametrene er basert på sjiktet 0-2 cm.*
Pb (Bly) og Cd (Kadmium)	Tilstandsklasse III **Spredningsverdi: 8**
Hg (Kvikksølv)	Tilstandsklasse: IV **Spredningsverdi: 13**
PCB	Tilstandsklasse: IV **Spredningsverdi: 13**
PAH	Tilstandsklasse: V til 3*V **Spredningsverdi: 18**

Konklusjon Marvika

Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale er M3. PAH oppnår høyeste spredningsverdi på 18 grunnet høye konsentrasjoner i sedimentet. Det er ingen målte verdier på HCB i Marvika, men det er rimelig å anta at nivåene her er sammenlignbare med Kongsgårdbukta som ligger i nærheten. Datagrunnlaget er dårlig, men Kongsgårdbukta har på en stasjon et nivå av HCB tilsvarende tilstandsklasse IV. HCB bør derfor vurderes med hensyn på eventuelle tiltak i Marvika.

Vestre havn

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	**Mobiliseringspotensiale**
Bunntype	Gjennomsnittlig andel finstoff for området er 40 %, og varierer mellom 4 og 78 %. Bunntypen kan generelt karakteriseres som sandig silt, men også områder med sand og leire. I den lille bukta rett innefor Lagmannsholmen er det nylig mudret slik at her ligger det kun blåleire. **Mobiliseringspotensiale: 3**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Basert på NIVA`s observasjoner under undersøkelsen i 2001, kan den gjennomsnittlige tykkelsen av det forurensede sedimentet anslås til ca. 5 cm. **Mobiliseringspotensiale: 2**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Området er sterkt trafikkert av større og mindre båter/skip. Potensialet for oppvirvling er derfor stort. Spesielt er skipstyper med fremdrift basert på jetstrøm (Silvia Ana), hvor jetstrømmens retning kan justere i ulike retninger. Vanndybden er < 10 m innerst og 10-20 m i øvrige deler av havnen. På grunn av de store skipene vurderes at det kan oppstå svært mye oppvirvling. **Mobiliseringspotensiale: 5**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M3*** *(3,33)*

Vurdering av spredningsverdi

Området innbefatter stasjon 29-39, 22-24 og 44 i 2001-undersøkelsen (NIVA, 2001).

Miljøgift	**Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi** *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte parametrene er basert på sjiktet 0-2 cm.*
HCB (Heksaklorbenzen)	Området er til dels sterkt forurenset med HCB, tilsvarende tilstandsklasse IV-V. Indre del av havna har imidlertid lavere nivåer, tilsvarende tilstandsklasse I-III. Som generelt nivå er tilstandsklasse IV valgt. **Spredningsverdi: 13**
Dioksiner/Furaner (TE)	Varierer fra tilstandsklasse I til IV. (Kun en prøve i klasse IV). De fleste prøvene ligger i klasse III. **Spredningsverdi: 8**
Ni (Nikkel)	Generelt tilsvarer nivået av nikkel tilstandsklasse III basert på gjennomsnittlig konsentrasjon og tilstandsklasse II basert på medianen. Tilstandsklassene varierer imidlertid mellom I – IV. **Spredningsverdi: 8**
PCB	Generelt tilsvarer nivåene av PCB tilstandsklasse III (gjennomsnitt) og II (median), men varier fra tilstandsklasse I-III. **Spredningsverdi: 8**
PAH	Generelt tilsvarer nivåene av PAH tilstandsklasse IV. Men varierer fra tilstandsklasse II – V. **Spredningsverdi: 13**

Konklusjon Vestre havn

Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale for Vestre havn er M3 i henhold til modellen. Området er relativt sterkt forurenset med HCB og PAH (spredningsverdi 13). Imidlertid varierer belastningen av miljøgifter innenfor området da deler er mudret eller spredt utover på grunn av oppvirvling, noe som må vurderes nærmere med hensyn på omfanget av eventuelle tiltak.

Hannevika

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	**Mobiliseringspotensiale**
Bunntype	Gjennomsnittlig andel finstoff for området er 60 %, og varierer mellom 35 og 67 %. Bunntypen karakteriseres som slam (NIVA 2001), med noen områder med sand og leire i dypere lag. **Mobiliseringspotensiale: M5**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Basert på NIVAs observasjoner under undersøkelsen i 2001, kan tykkelsen av forurenset sediment generelt anslås å være større enn 50 cm. **Mobiliseringspotensiale: M5**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Falconbridge hadde 56 anløp av frakteskip i år 2000. I tillegg er det trafikk med fritidsbåter i området. Potensialet for oppvirvling antas å være stort. Vanndybden ut fra Falconbridge øker raskt til >10 m. Transportskip som anløper Falconbridge vurderes å gi mindre oppvirvling enn de store passasjerskipene i Vestre havn. **Mobiliseringspotensiale: M4**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M5*** *(4,67)*

Vurdering av spredningsverdi

Miljøgift	**Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi** *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte parametrene er basert på sjiktet 0-2 cm.*
HCB (Heksaklorbenzen)	Generelt er området sterkt forurenset med HCB, tilsvarende > 3 *tilstandsklasse V. **Spredningsverdi: 25**
Dioksiner/Furaner (TE)	Høye verdier. Mange verdier ligger i intervallet fra tilstandsklasse V til 3 *tilstandsklasse V. **Spredningsverdi: 23**
Nikkel (Ni)	Området er sterkt forurenset med nikkel, tilsvarende >3 * tilstandsklasse V i flere punkter. **Spredningsverdi: 25**
PCB	Generelt tilsvarer nivåene av PCB tilstandsklasse III. Imidlertid er det forhøyede nivåer innerst i Hannevika, tilsvarende tilstandsklasse IV og V. **Spredningsverdi: 23**
PAH	Generelt tilsvarer nivåene av PAH tilstandsklasse IV. **Spredningsverdi: 20**

Konklusjon Hannevika

Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale er i henhold til modellen M5. Kombinert med høye tilstandsklasser (IV-V og >3*5) gir dette høye spredningsverdier for spredning i henhold til modellen. Spredningsverdiene for spredning er 25 for HCB og Ni, 23 for PCB, også PAH scorer forholdsvis høyt med en spredningsverdi på 20.

Fiskaabukta

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	**Mobiliseringspotensiale**
Bunntype	Gjennomsnittlig andel finstoff for området er 49 %, og varierer mellom 21 og 77 %. Bunntypen karakteriseres som slam iblandet noe leire og sand i dypere lag (NIVA 2001). **Mobiliseringspotensiale: M5**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Tykkelsen av det forurensede sedimentet er 10-20 cm (NIVA 2001). **Mobiliseringspotensiale: M3**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Det er relativt grunt i området. Det er mye skipstrafikk i området, spesielt i forhold til transport til og fra Elkem. Elkem hadde ca. 230 anløp av skip i år 2000. Dybde rett utenfor kai varierer fra 10-15 m. Transportskip som anløper Fiskaa vurderes å gi mindre oppvirvling enn de store passasjerskipene i Vestre havn. **Mobiliseringspotensiale: M4**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M4*** *(4,00)*

Vurdering av spredningsverdi

Miljøgift	**Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi** *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte parametrene er basert på sjiktet 0-2 cm.*
HCB (Heksaklorbenzen)	Generelt er området sterkt forurenset med HCB, tilsvarende tilstandsklasse V. Nivåene ligger imidlertid noe lavere lengre inn i Fiskaabukta. Nivåene her tilsvarer tilstandsklasse III-IV. **Spredningsverdi: 21**
Dioksiner/Furaner (TE)	Forholdsvis høye verdier. De fleste verdiene ligger i klasse IV. **Spredningsverdi: 17**
Nikkel (Ni)	Nivået av nikkel i sedimentene tilsvarer tilstandsklasse IV. Konsentrasjonene av nikkel i sedimentet er høyest i området Fiskåtangen – Kjøholmen og faller noe sydover i området (tilstandsklasse II-III). **Spredningsverdi: 17**
PCB	Nivåene av PCB varierer innenfor området fra tilstandsklasse I innerst i Fiskaabukta verk til klasse IV lenger syd. Generelt tilsvarer nivåene av PCB for hele området klasse III. **Spredningsverdi: 12**
PAH	Området er sterk forurenset med PAH (høyeste målte konsentrasjon i den siste undersøkelsen er 288 mg/kg rett utenfor kaien ved Elkem). Nivåene av PAH for området ligger ellers mellom klasse V og 3* klasse V. **Spredningsverdi: 21**

Konklusjon Fiskaabukta

Det gjennomsnittlige mobiliseringspotensialet i Fiskaabukta settes til M4. Spredningsverdier for spredning er høyest for PAH og HCB (21), mens nikkel og PCB oppnår en spredningsverdi på henholdsvis 17 og 12.

Bredalsholmen

Vurdering av mobiliseringspotensiale

Parameter	**Mobiliseringspotensiale**
Bunntype	Området består hovedsakelig av sandig silt, med innslag av enkelte områder med mer finkornet sediment (leire). **Mobiliseringspotensiale: M3**
Tykkelsen av forurenset sediment (cm)	Det er lite data som angir mektigheten av forurensningen. Kristoffer Næs i NIVA (pers. med.) oppgir at i området nærmest holmen (vanndybde <10 m) hvor de fleste prøvene er tatt ligger det hovedsakelig stein med lommer av sedimenter. Vestover er det derimot >10 cm sediment-tykkelse. Når en kommer litt ut øker sedimentdybden. Ved Steinsundet kan sedimentdybden godt være over 1 m. På grunnlag av dette vil vi anta en forholdsvis beskjeden dybde av forurenset sediment (5 cm) nærmest Bredalsholmen og 10 cm for sedimenter noe lenger ut (vanndybde > 10 m). **Mobiliseringspotensiale: M2**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Det er relativt grunt i områdene nærmest Bredalsholmen (<10 m), Bredalsholmen. Antas at det er hovedsaklig fritidsbåter som trafikkerer området. Båttrafikk i de grunne områdene kan gi mye oppvirvling. **Mobiliseringspotensiale: M4**
Gjennomsnittlig mobiliseringspotensiale (M)	***M3*** *(3,00)*

Vurdering av spredningsverdi

Miljøgift	**Konsentrasjon/Tilstandsklasse og Spredningsverdi** *NB ! Tilstandsklassen for de enkelte parametrene er basert på sjiktet 0-3 cm.*
HCB (Heksaklorbenzen)	Det er tatt 4 prøver på HCB i området rundt Bredalsholmen fra 1983 til pr. dato (NIVA, 2001). HCB nivåene tilsvarer tilstandsklasse II-III. Høyeste verder ble målt ute ved dokkporten (skipsverftet) og inne i bukta mellom veteranskipsverftet og Halvveisodden. Her er tilstandsklasse III valgt som generelt nivå. **Spredningsverdi: 8**
Nikkel (Ni)	Generelt tilsvarer nivåene av nikkel i sedimentene tilstandsklasse III. Noe lavere nivåer, tilsvarende tilstandsklasse II, i et lite område ved Bredalsholmen nord (ved platehall). **Spredningsverdi: 8**
PCB	Området er sterkt belastet med PCB, tilsvarende tilstandsklasse IV-V. **Spredningsverdi: 18**
PAH	Området er generelt sterkt belastet med PAH, tilsvarende tilstandsklasse IV. Nivåene av PAH i området rundt platehallen tilsvarer tilstandsklasse V (NIVA 2000, notat). **Spredningsverdi: 18**

Konklusjon Bredalsholmen

Det gjennomsnittlige mobiliseringspotensialet for området settes til M3. Området er sterkt belastet med PCB og PAH, og disse miljøgiftene oppnår en spredningsverdi på 18.

Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 1

I tabellen nedenfor er det presentert en oversikt over modellresultatene basert på ambisjonsnivå 1. Tabellen er rangert fra høyeste til laveste spredningsverdi for hver miljøgift uavhengig av lokalitet.

Oversikt over spredningsverdier og rangering for de ulike miljøgiftene i de ulike lokalitetene.

Miljøgift	Lokalitet	Spredningsverdi	Rangering
HCB	Hannevika	25	S3
Ni	Hannevika	25	S3
PCB	Hannevika	23	S3
Dioksiner/Furaner	Hannevika	23	S3
PAH	Fiskaabukta	21	S3
HCB	Fiskaabukta	21	S3
PAH	Hannevika	20	S3
PAH	Marvika	18	S2
PCB	Bredalsholmen	18	S2
PAH	Bredalsholmen	18	S2
Ni	Fiskaabukta	17	S2
Dioksiner/Furaner	Fiskaabukta	17	S2
HCB	Kongsgårdbukta	17	S2
PCB	Marvika	13	S2
Hg	Marvika	13	S2
HCB	Vestre havn	13	S2
PCB	Kongsgårdbukta	12	S2
PCB	Fiskaabukta	12	S3
PCB	Vestre havn	8	S2
PAH	Vestre havn	8	S2
Pb	Marvika	8	S2
Cd	Marvika	8	S2
Ni	Vestre havn	8	S2
Dioksiner/Furaner	Vestre havn	8	S2
Ni	Bredalsholmen	8	S2
HCB	Bredalsholmen	8	S2
PAH	Kongsgårdbukta	7	S2
Ni	Kongsgårdbukta	7	S2
Hg	Kongsgårdbukta	7	S2

I følgende tabell gis en oversikt over mobiliseringspotensiale, spredningsverdi og rangering for hvert område. Spredningsverdi og rangering er basert på det eller de miljøgifter som gir den høyeste tallverdien på spredningsverdien.

Oversikt over mobiliseringspotensiale, spredningsverdi og rangering basert på høyeste verdi for hvert område.

Lokalitet	Mob. potensiale	Spredningsverdi	Rangering	Kommentar
Hannevika	5	25	S3	Sterkt belastet i hele området
Fiskaabukta	4	21	S3	Noe lavere nivåer av miljøgifter innerst ved Fiskaa Verk.
Bredalsholmen	3	18	S2	Spesielt belastet med PAH og PCB, men lavere nivåer av de andre miljøgiftene
Marvika	3	18	S2	Spesielt belastet med tungmetaller eksklusive Hg som har høye verdier, i de grunnere områdene (10-20 m). Høye konsentrasjoner av PCB og PAH. Man kan anta at nivåene tilsvarer de i Kongsgårdbukta (klasse IV).
Kongsgårdbukta	4	17	S2	Spesielt høye konsentrasjoner av miljøgifter i dypere sjikt. Hvis en ser på de øvre sjiktene så er lokaliteten det minst belastede av de 6 lokalitetene som er vurdert.
Vestre havn	3	13	S2	Noe varierende nivåer av miljøgifter ved at indre del av havna har lavere nivåer.

Ambisjonsnivå 2

Kongsgårdbukta

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	**Kostholdsfaktor**
Organisk karbon	Glødetap varierer mellom 5 til 30 %. For å få organisk karbon multipliseres glødetap med 0,4 (tommelfingerregel). Dvs. organisk karbon er ca. 2-12 %. **Kostholdsfaktor: 1**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Liten havn med en del båtplasser. Vanndybde hovedsakelig > 10 m. Moderat oppvirvling antas. **Kostholdsfaktor: 3**
Forekomst av fisk/skalldyr	Vigebukta er nærmeste fiskeplass med gode adkomstmuligheter. Vigebukta er relativt nær Kongsgårdbukta. Kongsgårdbukta vurderes å ha sporadisk forekomst av fisk og skalldyr. **Kostholdsfaktor: 2**
Forekomst av bunnfauna	Samme som Marvika (moderat). **Kostholdsfaktor: 3**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	PCB vurderes å ha størst betydning for kostholdsråd i Kongsgårdbukta. Tilstandsklasse III **Kostholdsfaktor: 2**
Områdets bruksverdi	Området er til dels brukt som småbåthavn og også noe som rekreasjonssted, særlig svabergene i sørlige del av bukta. Nytt havneområde (bl.a. containerhavn) er planlagt i Kongsgårdbukta. Områdets bruksverdi antas moderat. **Kostholdsfaktor: 3**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***2,29***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Ca. 7
Kostholdsfaktor	2
Restriksjonsverdi	***14*** *(Rangering S2)*

Marvika

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	Kostholdsfaktor
Organisk karbon	Gjennomsnittlig TOC verdier for dybdeintervallene 0-10, 10-25 og 20-40 meter er hhv. 50, 30 og 17 mg/g. Snitt 32 mg/g organisk karbon eller 3,2% **Kostholdsfaktor: 3**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Marvika har per dags dato fått beskjed om at marinebasen skal nedlegges. Den 31.12.2002 skal Forsvaret være ute fra basen. Fremtidig arealbruk er ikke bestemt. En må regne med at potensialet for oppvirvling fra propellstrøm er relativt stor inntil videre. Vanndybden er i store deler av Marvika < 10 m. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av fisk/skalldyr	Anslått som relativt normalt. Sporadiske registreringer av krabber, sjøstjerner, blåskjell m.m. tyder på sporadisk forekomst av fisk/skalldyr. **Kostholdsfaktor: 2**
Forekomst av bunnfauna	Dykkerundersøkelser (NIVA 2000) viser en relativt fattig fauna ned til 5m. Dypere partier har en rikere fauna. Bløtbunnsstasjonene viser en relativt rik fauna, men med antydninger til påvirkning. **Kostholdsfaktor: 3**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	Tildels meget forurenset med både PCB og PAH. Tilstandsklasse V. **Kostholdsfaktor: 4**
Områdets bruksverdi	Potensiale som rekreasjonssted etter at Forsvaret flytter 31.12.2002. I nord grenser området til det planlagte havneområdet. Bruksverdien ansees som moderat. **Kostholdsfaktor: 3**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***3,29***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Ca. 7
Kostholdsfaktor	3
Restriksjonsverdi	***18*** *(Rangering S3)*

Vestre havn

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	Kostholdsfaktor
Organisk karbon	Gjennomsnittlig TOC (%) for området er 2,1 %, men varierer fra 0,4 – 3,8 %. **Kostholdsfaktor: 4**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Området er sterkt trafikkert av større og mindre båter/skip. Potensialet for oppvirvling er derfor stort. Spesielt er skipstyper med fremdrift basert på jetstrøm (Silvia Ana), hvor jetstrømmens retning kan justere i ulike retninger. Vanndybden er < 10 m innerst og 10-20 m i øvrige deler av havnen. På grunn av de store skipene vurderes at det kan oppstå svært mye oppvirvling. **Kostholdsfaktor: 5**
Forekomst av fisk/skalldyr	Vurderes som en god fiskelokalitet for alle arter. Ligger i det området hvor det er fastsatt kostholdsrestriksjoner og i umiddelbar nærhet til hele Vestre havn, inkludert Falconbridge. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av bunnfauna	I basisundersøkelsen (Rygg, 1983) ble faunaen dominert av forurensningstolerante arter og artsmangfoldet ble karakterisert som svært lavt til lavt. **Kostholdsfaktor: 2**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	PCB Tilstandsklasse III Dioksin/Furaner: Tilstandsklasse III (en prøve i klasse IV) PAH: Tilstandsklasse IV Samlet vurdering: Tilstandsklasse IV for kostholdsråd **Kostholdsfaktor: 3**
Områdets bruksverdi	Vestre havn er et industri/havneområde og dermed lite brukt som rekreasjonssted. Antatt at noe fiske kan forekomme. Områdets bruksverdi anses som liten. Området kan få en noe forhøyet bruksverdi i fremtiden når hele eller deler av aktiviteten i havnen flyttes. **Kostholdsfaktor: 2**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***3,29***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Ca. 4,9
Kostholdsfaktor	3
Restriksjonsverdi	***13*** *(Rangering S2)*

Hannevika

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	Kostholdsfaktor
Organisk karbon	Gjennomsnittlig TOC (%) for området er høyt, 4,8 %. **Kostholdsfaktor: 1**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Området er sterkt trafikkert av større og mindre båter/skip. Spesielt frakteskip til og fra Falconbridge. Potensialet for oppvirvling antas å være stort. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av fisk/skalldyr	Samme konklusjon som for Vestre havn. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av bunnfauna	Samme konklusjon som Vestre havn. **Kostholdsfaktor: 2**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	Sedimentene her er meget sterkt forurenset: Området er meget sterkt forurenset av Ni, PAH og HCB og Dioksiner. Ni og HCB har konsentrasjoner tilsvarende > 3 *tilstandsklasse V. PCB ligger i klasse IV og V nærmest land; Tilstandsklasse V. **Kostholdsfaktor: 5**
Områdets bruksverdi	I området ligger bl.a. Falconbridge Nikkelverk og Hennig Olsen Iskremfabrikk. I den sørlige delen av Hannevikbukta ligger det rekreasjonsområder og boligområder. Området bruksverdi vurderes derfor som relativt høy. **Kostholdsfaktor: 4**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***3,57***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Settes til >8 ganger overkonsentrasjon.
Kostholdsfaktor	4
Restriksjonsverdi	***24*** *(Rangering S3)*

Fiskaabukta

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	Kostholdsfaktor
Organisk karbon	TOC nivåene er høye. Gjennomsnittet for hele området er 7,8 %. verdiene varierer fra 4,9 – 11,3 %. **Kostholdsfaktor: 1**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Det er relativt grunt i området. Det er mye skipstrafikk i området, spesielt i forhold til transport til og fra Elkem. Elkem hadde ca. 230 anløp av skip i år 2000. Dybde rett utenfor kai varierer fra 10-15 m. Transportskip som anløper Fiskaa vurderes å gi mindre oppvirvling enn de store passasjerskipene i Vestre havn. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av fisk/skalldyr	Andøya og Bredalsholmen er nærmeste områder som byr på muligheter for fiske. **Kostholdsfaktor: 3**
Forekomst av bunnfauna	I basisundersøkelsen (Rygg, 1983) var faunanen i Fiskaabukta innbyrdes lik den som ble funnet i Vestre havn. Faunaen ble dominert av forurensningstolerante arter og artsmangfoldet ble karakterisert som lavt til moderat **Kostholdsfaktor: 3**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	PCB: tilstandsklasse III PAH: Tilstandsklasse V Overordnet tilstandsklasse IV. (Til tross for høy PAH-konsentrasjon i sediment er opptaket i fisk forholdsvis begrenset). **Kostholdsfaktor: 3**
Områdets bruksverdi	Området er dominert av industriområdet til Elkem. I nord og sør finnes imidlertid rekreasjons- og boligområder. I øst finnes også utfartsområder / badeplasser /fiskeplasser mellom øyene Dybingen og Bragdøya. Området vurderes å totalt sett ha en relativt høy bruksverdi. **Kostholdsfaktor: 4**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***3,00***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Ca. 4,9
Kostholdsfaktor	3
Restriksjonsverdi	***13*** *(Rangering S3)*

Bredalsholmen

Vurdering av kostholdsfaktor

Parameter	**Kostholdsfaktor**
Organisk karbon	Gjennomsnittlig TOC nivå er 2,5 %, og varierer mellom 1,2 – 3,6 %. **Kostholdsfaktor: 4**
Oppvirvling/Skipstrafikk	Det er relativt grunt i områdene nærmest Bredalsholmen (<10 m), Bredalsholmen. Antas at det er hovedsaklig fritidsbåter som trafikkerer området. Båttrafikk i de grunne områdene kan gi mye oppvirvling. **Kostholdsfaktor: 4**
Forekomst av fisk/skalldyr	Området byr på store muligheter for fiske. **Kostholdsfaktor: 5**
Forekomst av bunnfauna	Basert på en bløtbunnsstasjon i området kan artsmanfoldet beskrives som relativt høyt, med en rik fauna **Kostholdsfaktor: 4**
Konsentrasjon/Tilstandsklasse	PCB: Tilstandsklasse IV-V PAH: Tilstandsklasse IV Overordnet Tilstandsklasse: IV **Kostholdsfaktor: 3**
Områdets bruksverdi	Området blir generelt benyttet som rekreasjonsområde og byr på bademuligheter, dykking m.m. I tillegg er det severdigheter på Bredalsholmen (veteranskipsverft og Andøya gård) **Kostholdsfaktor: 5**
Gjennomsnittlig kostholdsfaktor	***4,00***

Bestemmelse av restriksjonsverdi

Overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Det er målt på fisk utenfor Bragdøya, og fiskelever viser en overkonsentrasjon på 2,7 ganger kostholdsnormen. Måling av opptak i blåskjell i 2001 viste forholdsvis moderate konsentrasjoner.
Kostholdsfaktor	4
Restriksjonsverdi	***12*** *(Rangering S2)*

Oppsummering modellresultater ambisjonsnivå 2

Tabellen nedenfor oppsummerer modellresultatene for ambisjonsnivå 2.

Oversikt over restriksjonsverdier og rangering for kostholdsråd (helserisiko).

Lokalitet	Estimert overkonsentrasjon i fisk/skalldyr (torskelever)	Kostholds-faktor	Restriksjons-verdi	Rangering
Hannevika	>8	4	24	S3
Fiskaabukta	4,9	3	13	S2
Marvika	6,8	3	18	S2
Kongsgårdbukta	6,8	2	14	S2
Vestre havn	4,9	3	13	S2
Bredalsholmen	2,7	4	12	S2

I følgende tabell vises rangeringen fra både Ambisjonsnivå 1 og 2.

Rangering av lokalitetene med henblikk på Ambisjonsnivå 1 (spredning) og Ambisjonsnivå 2 (kostholdsråd) i Kristiansandsfjorden.

Lokalitet	**Ambisjonsnivå 1 Sannsynlighet for spredning av miljøgifter til vannmassen (En høyere verdi* angir en høyere sannsynlighet)**	**Ambisjonsnivå 2 Helserisiko ved konsum av fisk og skalldyr (En høyere verdi** angir en høyere helserisiko)**
Hannevika	25	24
Fiskaabukta	21	13
Marvika	18	18
Kongsgårdbukta	17	14
Bredalsholmen	18	12
Vestre havn	13	13

* Uttrykt som spredningsverdi

** Uttrykt som restriksjonsverdi

- o0o -