

Miljøundersøkelser – Umoe Karmsund

Risikovurdering av sedimenter Trinn 1 og Trinn 2



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Miljøundersøkelser Umoe Karmsund. Risikovurdering av sedimenter Trinn 1 og Trinn 2.	Løpenr. (for bestilling) 5716-2009	Dato 15.01.2009
	Prosjektnr. Undernr. O-28207	Sider Pris 47
Forfatter(e) Håvardstun, Jarle Bakke, Torgeir Næs, Kristoffer	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon fri
	Geografisk område Rogaland	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Umoe Karmsund AS	Oppdragsreferanse Sogn og Fjordane
--------------------------------------	---------------------------------------

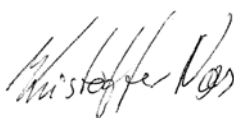
Sammendrag

Fylkesmannen i Rogaland har pålagt Umoe Karmsund AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av miljøtilstanden ved bedriften. Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning fra sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokaliteter. Risikovurderingene viser at miljøgiftene i bunnsedimentene utenfor verftsområdet representerer en for høy risiko både med hensyn til spredning ut fra sedimentet, skade på human helse og økologisk skade (Trinn 2). Dette skyldes både konsentrasjonene av TBT, mange PAH-forbindelser og noen metaller. Konklusjonene fra risikovurderingene alene tilsier at tiltak bør vurderes i samråd med miljøvernmyndighetene og også kommunale myndigheter. Eventuelle tiltak mot de forurensede sedimentene i området må bindes opp til miljømål og akseptkriterier. Dette er så langt ikke gjort, men bedriften ønsker å arbeide videre med dette i god kommunikasjon med forurensningsmyndighetene.


Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøgifter	1. Contaminants
2. Risikovurdering	2. Risk assessment
3. Trinn 2	3. Step 2
4. Sediment	4. Sediments



Jarle Håvardstun
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Miljøtekniske undersøkelser ved Umoe Karmsund

Risiko- og tiltaksvurderinger knyttet til forurenset
sediment

Forord

Risikovurdering iht. SFTs veileder Trinn 1 og Trinn 2 er gjennomført av NIVA på sedimenter fra nærområdet til Umoe Karmsund AS.

Oppdragsgiver har vært Umoe Karmsund AS. Jarle Håvardstun har vært prosjektleder og hatt kontakt mot oppdragsgiver sammen med forskningsleder Kristoffer Næs. Rapporten er skrevet av Jarle Håvardstun, Kristoffer Næs og Torgeir Bakke. Kontaktperson hos Umoe Karmsund AS har vært Morten Frogner.

Under feltarbeidet ble båten "Risøygutt" med skipper Erik Bakkevig benyttet, Camilla With Fagerli fra NIVA deltok også under feltarbeidet. De takkes for innsatsen.

Grimstad, 15.01.09.

Jarle Håvardstun

Innhold

Sammendrag	6
Summary	7
1. Bakgrunn	8
2. Problembeskrivelse	9
2.1 Eksisterende miljøinformasjon	9
2.1.1 Generelt	9
2.1.2 Historikk	9
2.1.3 Bruksinteresser	10
2.1.4 Strøm og vannutskifting	10
2.1.5 Biologi	10
2.1.6 Tidligere undersøkelser	10
2.2 Mulige kilder og spredningsveger	10
2.3 Miljømål og planlagt arealbruk	10
2.4 Mulige helse- og miljøkonflikter	10
2.5 Behov for supplerende prøvetaking	10
3. Metoder og gjennomføring	11
3.1 Prøvetakingsutstyr	11
3.2 Kartlegging av forurensningen ved Umoe Karmsund	11
3.2.1 Sedimenter	11
4. Analyseresultater	14
4.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i bunnsediment	14
5. Risikovurdering av sedimenter	16
5.1 Risikovurdering Trinn 1	16
5.1.1 Risikovurdering trinn 1 indre området.	19
5.1.2 Risikovurdering trinn 1 ytre området.	21
5.2 Konklusjon	22
6. Risikovurdering Trinn 2	23
6.1 Lokal informasjon	23
6.2 Risikovurdering sedimenter	23
6.2.1 Risiko for spredning fra sedimentet i det indre området.	23
6.2.2 Risiko for spredning fra sedimentet i det ytre området.	28
6.3 Risiko for skade på human helse	33
6.3.1 Risiko for skade på human helse indre området.	33
6.3.2 Risiko for skade på human helse i det ytre området.	36
6.4 Risiko for økologisk skade	38
6.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i indre området.	38

6.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i det indre området.	39
6.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i det ytre området.	40
6.4.4 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i det ytre området.	41
7. Samlet risikovurdering	42
8. Tiltaksvurdering	43
8.1 aktuelle tiltak i sjø	43
8.1.1 Mål for tiltakene, akseptkriterier	43
8.1.2 Tiltaksalternativer	43
8.1.3 Anbefaling om tiltak	44
8.2 Behov for arealbruksbegrensning	44
8.3 Behov for overvåking	44
Referanser:	46
Vedlegg A. Rådata kjemianalyser	47

Sammendrag

Fylkesmannen i Rogaland har i brev av 12.12.2007 pålagt Umoe Karmsund AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av miljøtilstanden ved bedriften. Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning av sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokaliteter.

Risikovurderingen av miljøgiftinnholdet i sedimentene utenfor verftsområdet ble gjennomført etter prosedyrene beskrevet i SFTs risikoveileder (Bakke m.fl. 2007 a). Vurderingen har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. For å vurdere miljørisiko fra forurensete sedimenter har SFT fått utarbeidet et regneark der vurderingene gjøres trinnvis. Systemet er bygget opp i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Dette skal både forhindre at unødig innsats brukes på områder som utgjør en ubetydelig risiko for miljøet, samtidig som det skal hindre at områder som utgjør en betydelig risiko blir friskmeldt innledningsvis. I Trinn 1 sammenlignes konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. I Trinn 2 bedømmer man risiko for spredning, risiko knyttet til human helse og økologisk risiko. I Trinn 3 gjøres stedsspesifikke vurderinger for bedre å beskrive den reelle risikoen sedimentene representerer. I sjøområdet til Umoe Karmsund AS er vurderingene gjort i henhold til Trinn 1 og 2.

Sedimentene i sjøområdet ved Umoe Karmsund AS (indre og ytre området) hadde forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter (metaller, PAH, PCB, TBT) slik at grenseverdiene for mulige økologiske effekter ble overskredet (Trinn 1).

Risikovurderingene viser videre at miljøgiftene i bunnsedimentene utenfor verftsområdet representerer en for høy risiko både med hensyn til spredning ut fra sedimentet, skade på human helse og økologisk skade (Trinn 2). Dette skyldes i hovedsak konsentrasjonene av TBT, enkelte PAH-forbindelser og noen metaller.

Konklusjonene fra risikovurderingene alene tilsier at man bør gjennomføre en tiltaksplanlegging for sedimentene. Aktuelle tiltak kan være:

- Mudring (fjerning av sediment)
- Tildekking (bruk av tynne eller tykke sjikt av sand eller lignende)
- Avvente situasjonen og overvåke for å dokumentere at situasjonen bedrer seg ved naturlig overdekking av sediment.

Eventuelle tiltak mot de forurensete sedimentene i området må bindes opp til miljømål og akseptkriterier. Disse må forankres i bedriften og hos lokale myndigheter. Dette er så langt ikke gjort, men bedriften ønsker å arbeide videre med dette i god kommunikasjon med forurensningsmyndighetene.

Summary

Title: Environmental investigations at Umoe Karmsund AS. Evaluation of environmental risk and remedial actions in relation to contaminated bottom sediments.

Year: 2009

Author: Jarle Håvardstun, Torgeir Bakke and Kristoffer Næs

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5451-8

NIVA has conducted a risk assessment for contaminated sediments in accordance with the Norwegian Pollution Control Authorities (SFTs) guidelines for a Tier 1 and Tier 2 evaluation. Sediments both from the area close to Umoe Karmsund, and further out in the bay were included. The studies have been required by the Pollution Control Authority of the Rogaland County (Fylkesmannens Miljøvernavdeling i Rogaland).

The concentrations of environmental contaminants (metals, PAH, PCB, TBT) in the sea bottom sediments were high.

Risk assessment according to the SFT guidelines (Bakke m.fl. 2007 a), Tier 1 and 2, showed that the sediments represented too high risk of damage to human health and to ecological conditions in sediment and overlying water. Several of the contaminants contributed to the human health risk and risk to sediment ecology. This was mainly due to the concentrations of TBT, some PAH compounds, and some metals.

The results indicate a need for remedial actions. However, the Tier 2 risk assessment represents only potential risks and real risk should be assessed through a site specific Tier 3 approach before actual remedial actions are considered. To that end, environmental goals must be formulated.

1. Bakgrunn

Fylkesmannen i Rogaland har i brev av 12.12.2007 pålagt Umoe Karmsund AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurderinger av miljøtilstanden ved bedriften.

Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning av sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokaliteter. I pålegget påpekes at det er behov for opplysninger for å kunne fastslå om, og i hvilken grad, masser på land og sedimenter i sjø utgjør en risiko for helse og miljøskade og eventuelt hvilke behov det er for tiltak. Denne rapporten presenterer resultatene fra dette arbeidet.

2. Problembeskrivelse

2.1 Eksisterende miljøinformasjon

2.1.1 Generelt

Umoe Karmsund AS ligger øst på Karmøy. Beliggenheten er ca 20km sør for Haugesund ved Nygård.

2.1.2 Historikk

Det har tidligere vært teglverk på Nygård. I perioden 1955-58 etablerte Thauls mek. Verksted seg på tomten med nybygg og ombygginger av skip. Beddingen kunne ta båter på opp til 150 fot. Karmsund Verft & Mek. Verksted AS drev fra 1961-1980 med nybygginger, ombygginger og reparasjoner av skip. Verftet hadde da bygget tre beddinger og en flytedokk. På 1970-tallet var det 275 ansatte på bedriften. Eier var O.H Meling &Co., Stavanger.

Fra 1980 inngikk Haugesund Mek. Verksted en leieavtale med O.H. Meling fram til 1985. Fra 1985 ble verftet en underavdeling av HVM og ble siden solgt til Umoe-gruppen i 1990. Umoe Haugesund (Umoe Oil & Gas) drev verftet fra 1990-2000.

I 2000 ble verftet i Haugesund solgt til ABB Offshore Systems, men underavdelingen på Karmøy fulgte ikke med i handelen. Umoe Karmsund har drevet verftet siden 2000 med bygging av mindre moduler, utstyr for oppdrettsnæringen, reparasjoner m.v.

I undersøkelsesområdet i bukten nærmest bedriften er det vanddyp ned til ca 16m. Lenger ute i Husevågen i den ytre del av undersøkelsesområdet er det vanddyp ned til ca 31m. Det er mulig avrenning fra ett landdeponi på området. Dette området drenerer til utløpet av en bekk i den nordvestre delen av bukten **Figur 3**



Figur 1. Oversiktsbilde som viser bedriftens beliggenhet. Innerst i bukten er det mulig avrenning fra ett landdeponi.

2.1.3 Bruksinteresser

Brukerinteressene er i dag knyttet til industriell aktivitet. En detaljert reguleringsplan for området er under utarbeidelse av Alliance arkitekter as. Denne planen kan medføre forslag til endringer i benyttelsen av området. Bakgrunnen for planforslaget er å tilrettelegge for økt næringsaktivitet samt en større andel bolig. Dagens aktivitet på Karmsund Verft planlegges flyttet.

2.1.4 Strøm og vannutskifting

Det er ikke gjort strømmålinger i området i forbindelse med undersøkelsen.

2.1.5 Biologi

Biologiske forhold er ikke spesifikt beskrevet, og vi vet ikke om området inneholder det man kan kalle særlig verdifulle biologiske ressurser.

2.1.6 Tidligere undersøkelser

Det foreligger mange miljøundersøkelser fra Karmsundet, det er imidlertid ikke tatt sedimentprøver lokalt ved Umoe Karmsund tidligere. Det nærmeste er en sedimentstasjon ved Nygard (Knutzen et al. 1989) som ble prøvetatt i 1988.

2.2 Mulige kilder og spredningsveger

- Den generelle industrielle aktiviteten inkl. skipstrafikk er stor i områdene ved Husøy.
- Gammelt deponi på området til Umoe Karmsund
- Påvirkning fra skipstrafikk til havneområde og kaianlegg.
- Avrenning fra land.

2.3 Miljømål og planlagt arealbruk

Umoe Karmsund har ikke satt spesifikke miljømål for forurensningssituasjonen i de sjønære områdene til bedriften. Det planlegges økt næringsaktivitet og boligutbygging på området. Fylkesmannen i Rogaland har utarbeidet tiltaksplaner for forurenset sediment. Karmsundet er ett av områdene disse planene gjelder for (Hualand, E. 2003).

2.4 Mulige helse- og miljøkonflikter

Ved utbygging av boliger og bruk av arealene til f. eks. bading, fritidsfiske eller økt båttrafikk vil det kunne oppstå problemer i forhold til forurensete sedimenter. Det foreligger allerede kostholdsråd for Karmsundet som advarer mot spising av lever fra fisk i tillegg til at det frarådes å spise skjell og krabbe fanget i Karmsundet.

Økt båttrafikk til kaianleggene eller anlegging av nye kai og bryggeanlegg kan også føre til en økt spredning av miljøgifter.

2.5 Behov for supplerende prøvetaking

På grunnlag av gjennomgangen og redegjørelsen fra bedriften eksisterer det ikke relevante data som beskriver miljøtilstanden i bunnsedimentene i det bedriftsnære området. Ut fra redegjørelsen fra bedriften samt analyse av prøve U 15 ved deponi som ikke viste høyere verdier enn de andre

prøvene i området, er det også sannsynlig at det gamle deponiet i liten grad påvirket sjøområdet. Det er imidlertid bestilt en egen gjennomgang av eventuell forurensning på land. Det er derfor lagt vekt på sedimentanalyser fra sjøbunn i denne rapporten.

3. Metoder og gjennomføring

3.1 Prøvetakingsutstyr

Sedimentprøvene ble innsamlet med en 0,1 m² van Veen grabb som vist i **Figur 2**. Prøveuttak ble gjennomført via inspeksjonsluker på toppen av grabben. Det ble tatt ut prøver til kjemiske analyser fra de øverste 10 cm av sedimentet. Det ble i tillegg tatt med 10 l sediment fra to stasjoner for eventuelt senere giftighetstester (helsediment-test med børstemarken *Arenicola* eller DR-Calux test for å påvise økologiske effekter av dioksiner og dioksinlignende stoffer). Det ble også tatt en kjerneprøve fra området ved gammelt landdeponi (U 15). Her ble det benyttet en liten håndholdt corer.



Figur 2. van Veen grabb med inspeksjonsluke

3.2 Kartlegging av forurensningen ved Umoe Karmsund

3.2.1 Sedimenter

Sedimentprøvetaking av sjøbunnen utenfor Umoe ble foretatt 20-21/05/08.

Til prøvetakingen ble båten "Risøygutt" med båtfører Erik Bakkevig benyttet. Stasjonsnummer, posisjoner og beskrivelse av sedimentprøvene er gitt i tabell 1. Under feltarbeidet ble det samlet prøver fra til sammen 15 stasjoner. Ti av disse ble valgt ut til analyse.

Tabell 1. Stasjonsnummerering, vannndyp, posisjon og beskrivelse av sedimentet på de ulike stasjonene.

Stasjon nr.	Dyp (m)	N	E	Karakteristikk
U1	13	59° 20.570	05° 16.895	3-4 mm mørkebrunt topplag. Svart finkornet sediment under. Ingen H ₂ S lukt. Noen levende mark og mollusker.
U2	11	59° 20.550	05° 16.810	3-4 mm sandig brunt topplag. Svart finkornet silt under. Ingen H ₂ S lukt. Rester av sveisepinner og vire. Lå en flytedokk her tidligere. Noen levende mark og mollusker.
U3	10	59° 20.566	05° 16.939	Mørk brune sedimenter. Ingen sjiktning. Ingen H ₂ S lukt. Noen børstemark.
U4	7,3	59° 20.569	05° 17.012	1-2 mm brunt topplag. Mørk finkornet leire under. H ₂ S lukt. Døde skjellrester.
U5	13,6	59° 20.500	05° 16.835	2-3 mm mørk brunt topplag sandig. Mer finkornet sediment under, H ₂ S lukt.
U6	18,5	59° 20.473	05° 16.969	2-3mm løst brunt topplag, sandig. Svart finkornet silt og sand sterk H ₂ S lukt.
U7	16,8	59° 20.410	05° 17.129	1-2mm brunt topplag, sandig. Ingen lukt Mørkere silt under.
U8	19,1	59° 20.410	05° 16.952	Mørk brun bløtt silt. H ₂ S lukt.
U9	16,8	59° 20.410	05° 16.830	Tørr sandig silt. Noe stein en del skjellrester Luktfri.
U10	20,6	59° 20.337	05° 17.150	Bløtt finkornet silt. Mørk farge svak H ₂ S lukt.
U11	21,4	59° 20.343	05° 17.001	Finkornet svart silt. H ₂ S lukt.
U12	17,1	59° 20.342	05° 16.833	Mørk brunt topplag., bløtt luktfri, tang og skjellrester.
U13	26,7	59° 20.288	05° 17.033	Svart finkornet silt. H ₂ S lukt.
U14	37,4	59° 20.098	05° 17.667	Ca 2mm bløtt sandig overflatelag. Mørkere og fastere finkornet sediment under. svak H ₂ S lukt.
U15	0,8	59° 20.587	05° 16.750	Tynt brunt toppsjikt, svartere sediment under. Noen døde hjerteskjell, en del alger (tarmgrønske?) fulgte med i prøven.

Kart over området med prøvetakingsstasjoner inntegnet er vist i **Figur 3**.



Figur 3. Kart med prøvetakingsstasjoner. Fylte sirkler er stasjoner som ble analysert. Hvite sirkler er sedimentstasjoner som er lagret for eventuell senere analyse. Heltrukne linjer viser avgrensning mellom indre og ytre områder.

4. Analyseresultater

4.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i bunnsediment

For miljøgifter dekket av SFTs reviderte system for tilstandsklassifisering (Bakke m.fl. 2007 b) er det en fargekode og et romertall for hver tilstandsklasse, dette er angitt i **Tabell 2**. Det reviderte klassifiseringssystemet er nå endret slik at det er basert på effekter, d.v.s at en høyere klasse medfører en forventet økende grad av skade på organismesamfunn. Kriteriene for fastlegging av klassegrensene er basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder og risikovurdering av kjemikalier i EU (Bakke m.fl. 2007 c).

Tabell 2. SFTs system for klassifisering av miljøtilstand (Bakke m.fl. 2007 b).

Tilstandsklasse	Miljøtilstand
I	Bakgrunn
II	God
III	Moderat
IV	Dårlig
V	Svært dårlig

Innholdet av miljøgifter i alle sedimentprøvene fra nærområdet til Umoe Karmsund er klassifisert etter dette systemet og resultatet for alle stasjoner er vist i **Tabell 3**. Her inngår også parametre som det ikke foreligger klassifiseringsgrenser for. Dette er støtteparametre som benyttes bla til å vurdere prøvenes representativitet.

Tabell 3. Klassifisering av miljøtilstand i sedimentene fra nærområdet til Umoe Karmsund. Romertall og farge i tabellen tilsvarer SFTs tilstandsklasser for forurenset sediment. I celler med hvit bakgrunn uten romertall foreligger det ikke tilstandsklasser.

	U2	U3	U4	U5	U6	U8	U10	U11	U14	U15
TTS/%	61,2	51,9	39,3	42	29,7	21,5	20,5	21,7	25	34,6
KORN<63µm	20	25	30	48	56	67	72	62	90	36
TOC/F	25	20,8	40	41,2	63,6	84,8	83	92,5	67,3	46,2
Arsen (mg/kg)	21 II	8,6 I	13 I	14 I	16 I	24 II	26 II	17 I	23 II	12 I
Bly (mg/kg)	751 V	56,9 II	90,3 III	137 IV	64,7 II	136 IV	114 IV	134 IV	53,4 II	22 I
Kadmium (mg/kg)	0,79 II	0,4 II	0,6 II	0,72 II	1,3 II	2,1 II	1,7 II	2,5 II	1 II	0,65 II
Kobber (mg/kg)	302 V	94,2 IV	815 V	203 IV	129 IV	223 V	208 IV	185 IV	172 IV	92,2 IV
Krom totalt (III + VI) (mg/kg)	105 II	26,9 I	44,7 I	59,7 I	50,1 I	75,4 II	84,8 II	67,2 I	59,3 I	30,6 I
Kvikksølv (mg/kg)	0,51 II	0,26 II	0,76 III	0,5 II	0,29 II	0,41 II	0,33 II	0,49 II	0,22 II	0,066 I
Nikkel (mg/kg)	243 IV	23,2 I	29,4 I	70 III	33 II	53,9 III	54 III	59,6 III	41,3 II	17,4 I
Sink (mg/kg)	1030 IV	121 I	278 II	302 II	223 II	488 III	526 III	413 III	153 II	171 II
Naftalen (µg/kg)	69 II	27 II	810 III	83 II	81 II	170 II	120 II	240 II	90 II	9,1 II
Acenaftylene (µg/kg)	13 II	6 II	24 II	14 II	8,7 II	13 II	9,2 II	14 II	7 II	1 I
Acenaften (µg/kg)	110 II	67 II	710 IV	170 III	210 III	460 IV	300 III	620 IV	250 III	17 II
Fluoren (µg/kg)	74 II	40 II	530 IV	110 II	120 II	250 II	170 II	330 III	130 II	16 II
Fenantren (µg/kg)	820 III	340 II	4900 V	910 III	970 III	2100 IV	1300 IV	2700 V	1100 III	71 II
Antracen (µg/kg)	140 IV	71 III	1500 V	200 IV	230 IV	470 IV	280 IV	610 IV	250 IV	13 II
Fluoranten (µg/kg)	2100 IV	780 III	7300 V	1900 IV	2000 IV	4100 V	2800 V	5300 V	2500 IV	400 III
Pyren (µg/kg)	1800 III	740 III	6600 V	1700 III	2100 III	4300 IV	3200 IV	5800 V	2300 III	230 II
Benzo(a)antracen (µg/kg)	1600 V	580 IV	4900 V	1600 V	1900 V	3600 V	2600 V	5000 V	2800 V	130 IV
Krysen (µg/kg)	1500 V	550 IV	3700 V	1300 V	1600 V	2900 V	2300 V	4200 V	2100 V	120 II
Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	3900 IV	2100 IV	7100 V	4700 IV	7600 V	14000 V	11000 V	20000 V	7600 V	320 III
Benzo(k)fluoranten (µg/kg)	1100 IV	580 IV	1900 IV	1200 IV	1800 IV	3200 IV	2500 IV	4400 IV	1900 IV	84 II
Benzo(a)pyren (µg/kg)	2200 IV	1100 IV	5000 V	2500 IV	3400 IV	6400 V	4900 V	8500 V	3800 IV	130 II
Indeno(1,2,3-cd)pyren (µg/kg)	2600 V	1300 V	5300 V	3100 V	5000 V	9300 V	7400 V	11000 V	5000 V	150 IV
Dibenzo(a,h)antracen (µg/kg)	400 II	190 II	920 III	550 II	830 III	1700 IV	1300 IV	2000 IV	910 III	24 II
Benzo(ghi)perylene (µg/kg)	1700 V	910 V	3500 IV	2100 V	3200 V	5900 V	4700 V	7500 V	3600 V	140 IV
SUM PAH ₁₆ (µg/kg)	20126 V	9381 IV	54694 V	22137 V	31050 V	58863 V	44879,2 V	78214 V	34337 V	1855,1 II
SUM PCB ₇ (µg/kg)	31,5 III	16,31 II	103,6 III	33,3 III	37,5 III	53,6 III	34,32 III	58,2 III	14,16 II	4,56 I
Tributyltinn (TBT-ion) (µg/kg)	7100 V	1400 V	10000 V	4000 V	5300 V	2300 V	3700 V	3700 V	1800 V	490 V

Resultatene viser at for samtlige stasjoner er det verdier for enkeltparametre som overstiger tilstandsklasse III. Blant metallene er det bly og kobber som har de høyeste konsentrasjonene. TBT ligger i tilstandsklasse V på samtlige stasjoner, og også for PAH-forbindelsene er det høye konsentrasjoner. Stasjon 15 skiller seg ut med generelt lavest konsentrasjoner av alle miljøgifter det er analysert for. Dette er stasjonen innerst ved bekkeutløpet og den vil være påvirket av vannføringen i bekken som kan transportere overflatelaget av sedimenter videre ut i bukten.

5. Risikovurdering av sedimenter

5.1 Risikovurdering Trinn 1

Risikovurdering av sedimenter har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke.

For å vurdere miljørisiko fra forurensete sedimenter har SFT laget et regneark der en gjør vurderinger trinnvis. Systemet er bygget opp i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene.

Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Trinn 1 omhandler kun risiko for økologiske effekter, ikke risiko for human helse.

Kjemiresultatene fra de 10 sedimentstasjonene fra Umoe Karmsund er kjørt gjennom SFTs beregningsskjema og resultatene er vist i **Tabell 4**.

Dersom et stoff overstiger grenseverdien mellom tilstandsklasse II og III er konsentrasjonen av stoffet i sedimentet så høy at sedimentets risiko vurderes som "ikke ubetydelig", og Trinn 2 i risikovurderingen må gjennomføres. **Tabell 4** viser med hvor mange prosent grenseverdien overskrides for både gjennomsnitts- og maksimumsverdier for prøvene. Negative verdier (dvs akseptabel risiko) viser hvor mange % under grenseverdien konsentrasjonen av et stoff er.

Tabell 4. Målt sedimentkonsentrasjon for alle stasjoner sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	10	26	17,46	52	-50 %	-66 %
Bly	10	751	155,93	83	805 %	88 %
Kadmium	10	2,5	1,176	2,6	-4 %	-55 %
Kobber	10	815	242,34	51	1498 %	375 %
Krom totalt (III + VI)	10	105	60,37	560	-81 %	-89 %
Kvikksølv	10	0,76	0,3836	0,63	21 %	-39 %
Nikkel	10	243	62,48	46	428 %	36 %
Sink	10	1030	370,5	360	186 %	3 %
Naftalen	10	0,81	0,16991	0,29	179 %	-41 %
Acenaftylene	10	0,024	0,01099	0,033	-27 %	-67 %
Acenaften	10	0,71	0,2914	0,16	344 %	82 %
Fluoren	10	0,53	0,177	0,26	104 %	-32 %
Fenantren	10	4,9	1,5211	0,50	880 %	204 %
Antracen	10	1,5	0,3764	0,031	4739 %	1114 %
Fluoranten	10	7,3	2,918	0,17	4194 %	1616 %
Pyren	10	6,6	2,877	0,28	2257 %	928 %
Benzo(a)antracen	10	5	2,471	0,06	8233 %	4018 %
Krysen	10	4,2	2,027	0,28	1400 %	624 %
Benzo(b)fluoranten	10	20	7,832	0,24	8233 %	3163 %
Benzo(k)fluoranten	10	4,4	1,8664	0,21	1995 %	789 %
Benzo(a)pyren	10	8,5	3,793	0,42	1924 %	803 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	10	11	5,015	0,047	23304 %	10570 %
Dibenzo(a,h)antracen	10	2	0,8824	0,59	239 %	50 %
Benzo(ghi)perylene	10	7,5	3,325	0,021	35614 %	15733 %
PCB 28	10	0,0031	0,001233			
PCB 52	10	0,0076	0,001976			
PCB 101	10	0,013	0,005624			
PCB 118	10	0,01	0,005292			
PCB 138	10	0,023	0,01008			
PCB 153	7	0,032	0,014			
PCB 180	10	0,016	0,0047			
Sum PCB7	10	1,05E-01	4,29E-02	0,017	516 %	152 %
Tributyltinn (TBT-ion)	10	10	3,979	0,035	28471 %	11269 %

Overskridelse av grenseverdiene gis både for maksimalverdi (dvs overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon), og som middelværdi av alle prøvene. For metallene bly, kobber, nikkel og sink overskrideres middelværdien av disse metallene grenseverdiene for Trinn 1 med fra 3-375%. For metallene arsen, kadmium og krom overskrideres ikke grenseverdiene for Trinn 1 verken for maks- eller middelværdiene. For kvikksølv overskrideres maksverdien med 21%, men middelværdien overskrideres ikke.

For 12 av enkeltforbindelsene av PAH overskrider både maksimal- og middelværdiene av prøvene grenseverdiene for Trinn 1. I tillegg overskrider både maksimal- og middelværdiene grenseverdiene for PCB₇ og TBT.

Risikoveilederen setter følgende krav til friskmelding (akseptabel risiko) etter Trinn 1.

1. Ingen gjennomsnittskonsentrasjon skal overskride grenseverdien for Trinn 1, og
2. Ingen enkeltkonsentrasjon skal overskride den høyeste av: 2 x grenseverdien eller klasse III i SFTs klassifiseringsveileder (Bakke m.fl. 2007 b).

Siden krav nr. 1 ikke oppfylles for metallene bly, kobber, nikkel, sink , 12 av PAH-komponentene, PCB₇ og TBT så kan ikke sedimentene friskmeldes etter Trinn 1 i risikoveilederen. En må derfor også gjennomføre en Trinn 2 vurdering av sedimentene.

Området innerst ved verftsområdet kan behandles som en egen del av arealene som grenser til verftsområdet. Vi har derfor valgt å kjøre den videre risikovurderingen for sedimentene ved verftsområdet som to separate beregninger, en beregning for arealene innerst, bestående av stasjonene: 2, 3 , 4, 5 og 15 heretter betegnet som indre område, og en beregning for arealene lengre unna verftsområdet bestående av stasjonene 6, 8, 10 og 11 heretter betegnet som ytre område. Ettersom Stasjon 14 er tenkt som en referansestasjon og er plassert lengst vekk fra nærområdet til verftet, er denne stasjonen utelatt i de videre beregningene. Det vil si at de videre beregningene baserer seg på 5 stasjoner fra det indre området, og på 4 stasjoner fra det ytre området. Resultatene fra stasjon 14 blir imidlertid brukt i tolkningen av resultatene fra risikovurderingen. En slik oppdeling av området kan være hensiktsmessig med tanke på eventuelle framtidige tiltak for sedimentene.

5.1.1 Risikovurdering trinn 1 indre området.

Resultatene for beregningene kjørt for indre område alene er gitt i **Tabell 5**.

Tabell 5. Målt sedimentkonsentrasjon for indre område sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	5	21	13,72	52	-60 %	-74 %
Bly	5	751	211,44	83	805 %	155 %
Kadmium	5	0,79	0,632	2,6	-70 %	-76 %
Kobber	5	815	301,28	51	1498 %	491 %
Krom totalt (III + VI)	5	105	53,38	560	-81 %	-90 %
Kvikksølv	5	0,76	0,4192	0,63	21 %	-33 %
Nikkel	5	243	76,6	46	428 %	67 %
Sink	5	1030	380,4	360	186 %	6 %
Naftalen	5	0,81	0,19962	0,29	179 %	-31 %
Acenaftylen	5	0,024	0,0116	0,033	-27 %	-65 %
Acenaften	5	0,71	0,2148	0,16	344 %	34 %
Fluoren	5	0,53	0,154	0,26	104 %	-41 %
Fenantren	5	4,9	1,4082	0,50	880 %	182 %
Antracen	5	1,5	0,3848	0,031	4739 %	1141 %
Fluoranten	5	7,3	2,496	0,17	4194 %	1368 %
Pyren	5	6,6	2,214	0,28	2257 %	691 %
Benzo(a)antracen	5	4,9	1,762	0,06	8067 %	2837 %
Krysen	5	3,7	1,434	0,28	1221 %	412 %
Benzo(b)fluoranten	5	7,1	3,624	0,24	2858 %	1410 %
Benzo(k)fluoranten	5	1,9	0,9728	0,21	805 %	363 %
Benzo(a)pyren	5	5	2,186	0,42	1090 %	420 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	5,3	2,49	0,047	11177 %	5198 %
Dibenzo(a,h)antracen	5	0,92	0,4168	0,59	56 %	-29 %
Benzo(ghi)perylene	5	3,5	1,67	0,021	16567 %	7852 %
PCB 28	5	0,0031	0,001172			
PCB 52	5	0,0076	0,00231			
PCB 101	5	0,013	0,005288			
PCB 118	5	0,0089	0,004024			
PCB 138	5	0,023	0,00932			
PCB 153	3	0,032	0,016666667			
PCB 180	5	0,016	0,00574			
Sum PCB7	5	1,04E-01	4,45E-02	0,017	509 %	162 %
Tributyltinn (TBT-ion)	5	10	4,598	0,035	28471 %	13037 %

For metallene er det bly, kobber, nikkel og sink som overskrider grenseverdiene. For de organiske forbindelsene er det 12 av PAH forbindelsene som overskrider grenseverdiene. I tillegg overskrider TBT grenseverdien med 13000%. P.g.a utstrakt bruk av TBT som bunnstoff på større båter finner en ofte høye verdier av dette stoffet nær skipsverft.

Resultatene i **Tabell 5** er gitt som gjennomsnittsverdier for de 5 stasjonene. Ved å beregne forholdet mellom maksimalkonsentrasjon og mediankonsentrasjon for de ulike stasjonene vil en faktor på 2 eller høyere kunne indikere en inhomogenitet eller såkalt "hotspot" i undersøkelsesområdet. Dette gir en indikasjon på at enkeltstasjoner kan overskride gjennomsnittsverdiene betydelig. **Tabell 6** viser sedimentkonsentrasjoner og resultatet av beregningene for inhomogenitet i det indre området.

Tabell 6. Konsentrasjon av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT i indre området. Indeks for ”hotspot” er vist i kolonnen med overskrift: ”Kontroll av homogenitet” (hentet fra regnearket).

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg)				
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	U2	U3	U4	U5	U15
Arsen	5	2,10E+01	1,37E+01	1,6	21	8,6	13	14	12
Bly	5	7,51E+02	2,11E+02	8,3	751	56,9	90,3	137	22
Kadmium	5	7,90E-01	6,32E-01	1,2	0,79	0,4	0,6	0,72	0,65
Kobber	5	8,15E+02	3,01E+02	4,0	302	94,2	815	203	92,2
Krom totalt (III + VI)	5	1,05E+02	5,34E+01	2,3	105	26,9	44,7	59,7	30,6
Kvikksølv	5	7,60E-01	4,19E-01	1,5	0,51	0,26	0,76	0,5	0,066
Nikkel	5	2,43E+02	7,66E+01	8,3	243	23,2	29,4	70	17,4
Sink	5	1,03E+03	3,80E+02	3,7	1030	121	278	302	171
Naftalen	5	8,10E-01	2,00E-01	11,7	0,069	0,027	0,81	0,083	0,0091
Acenaftylene	5	2,40E-02	1,16E-02	1,8	0,013	0,006	0,024	0,014	0,001
Acenaften	5	7,10E-01	2,15E-01	6,5	0,11	0,067	0,71	0,17	0,017
Fluoren	5	5,30E-01	1,54E-01	7,2	0,074	0,04	0,53	0,11	0,016
Fenantren	5	4,90E+00	1,41E+00	6,0	0,82	0,34	4,9	0,91	0,071
Antracen	5	1,50E+00	3,85E-01	10,7	0,14	0,071	1,5	0,2	0,013
Fluoranten	5	7,30E+00	2,50E+00	3,8	2,1	0,78	7,3	1,9	0,4
Pyren	5	6,60E+00	2,21E+00	3,9	1,8	0,74	6,6	1,7	0,23
Benzo(a)antracen	5	4,90E+00	1,76E+00	3,1	1,6	0,58	4,9	1,6	0,13
Krysen	5	3,70E+00	1,43E+00	2,8	1,5	0,55	3,7	1,3	0,12
Benzo(b)fluoranten	5	7,10E+00	3,62E+00	1,8	3,9	2,1	7,1	4,7	0,32
Benzo(k)fluoranten	5	1,90E+00	9,73E-01	1,7	1,1	0,58	1,9	1,2	0,084
Benzo(a)pyren	5	5,00E+00	2,19E+00	2,3	2,2	1,1	5	2,5	0,13
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	5,30E+00	2,49E+00	2,0	2,6	1,3	5,3	3,1	0,15
Dibenzo(a,h)antracen	5	9,20E-01	4,17E-01	2,3	0,4	0,19	0,92	0,55	0,024
Benzo(ghi)perylene	5	3,50E+00	1,67E+00	2,1	1,7	0,91	3,5	2,1	0,14
PCB 28	5	3,10E-03	1,17E-03	3,4	0,0009	0,00071	0,0031	0,0009	0,00025
PCB 52	5	7,60E-03	2,31E-03	6,3	0,0015	0,0012	0,0076	0,001	0,00025
PCB 101	5	1,30E-02	5,29E-03	2,8	0,0047	0,0033	0,013	0,0048	0,00064
PCB 118	5	8,90E-03	4,02E-03	2,3	0,0038	0,0029	0,0089	0,004	0,00052
PCB 138	5	2,30E-02	9,32E-03	2,9	0,008	0,0056	0,023	0,0087	0,0013
PCB 153	3	3,20E-02	1,67E-02	3,3	0,0084		0,032	0,0096	
PCB 180	5	1,60E-02	5,74E-03	3,8	0,0042	0,0026	0,016	0,0043	0,0016
Tributyltinn (TBT-ion)	5	1,00E+01	4,60E+00	2,5	7,1	1,4	10	4	0,49

Metallene bly, kobber, nikkel og sink har forhøyet ”hotspotindeks”. Det er stasjonsnr. U2 som har høyest verdier for disse metallene. Denne stasjonen ligger i området der det tidligere var flytedokk og dette kan muligens forklare de spesielt høye verdiene for denne stasjonen. Det er også enkeltkongenerer av PCB og PAH som gir forhøyet ”hotspotindeks”, og for disse stoffene er det det gjennomgående stasjon U4 som har høyest verdier. Denne stasjonen har imidlertid høyere innhold av organisk karbon (TOC). Organiske miljøgifter som PCB og PAH er knyttet til organisk karbon og dette kan derfor forklare noe av de økte konsentrasjonene på denne stasjonen.

5.1.2 Risikovurdering trinn 1 ytre området.

Resultatene for beregningene kjørt for det ytre området alene er gitt i **Tabell 7**

Tabell 7. Målt sedimentkonsentrasjon for det ytre området sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	4	26	20,75	52	-50 %	-60 %
Bly	4	136	112,175	83	64 %	35 %
Kadmium	4	2,5	1,9	2,6	-4 %	-27 %
Kobber	4	223	186,25	51	337 %	265 %
Krom totalt (III + VI)	4	84,8	69,375	560	-85 %	-88 %
Kvikksølv	4	0,49	0,38	0,63	-22 %	-40 %
Nikkel	4	59,6	50,125	46	30 %	9 %
Sink	4	526	412,5	360	46 %	15 %
Naftalen	4	0,24	0,15275	0,29	-17 %	-47 %
Acenaftylen	4	0,014	0,011225	0,033	-58 %	-66 %
Acenaften	4	0,62	0,3975	0,16	288 %	148 %
Fluoren	4	0,33	0,2175	0,26	27 %	-16 %
Fenantren	4	2,7	1,7675	0,50	440 %	254 %
Antracen	4	0,61	0,3975	0,031	1868 %	1182 %
Fluoranten	4	5,3	3,55	0,17	3018 %	1988 %
Pyren	4	5,8	3,85	0,28	1971 %	1275 %
Benzo(a)antracen	4	5	3,275	0,06	8233 %	5358 %
Krysen	4	4,2	2,75	0,28	1400 %	882 %
Benzo(b)fluoranten	4	20	13,15	0,24	8233 %	5379 %
Benzo(k)fluoranten	4	4,4	2,975	0,21	1995 %	1317 %
Benzo(a)pyren	4	8,5	5,8	0,42	1924 %	1281 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	11	8,175	0,047	23304 %	17294 %
Dibenzo(a,h)antracen	4	2	1,4575	0,59	239 %	147 %
Benzo(ghi)perylene	4	7,5	5,325	0,021	35614 %	25257 %
PCB 28	4	0,0024	0,001555			
PCB 52	4	0,0024	0,001875			
PCB 101	4	0,0091	0,006725			
PCB 118	4	0,01	0,007375			
PCB 138	4	0,016	0,012175			
PCB 153	4	0,014	0,012			
PCB 180	4	0,005	0,0042			
Sum PCB7	4	5,89E-02	4,59E-02	0,017	246 %	170 %
Tributyltinn (TBT-ion)	4	5,3	3,75	0,035	15043 %	10614 %

For metallene er det bly, kobber, nikkel og sink som overskrider grenseverdiene. For de organiske forbindelsene er det overskridelser for 13 av de 16 analyserte enkeltforbindelsene som inngår i sum PAH₁₆. Det er også høyere overskridelser av PAH forbindelser her enn i det indre området. Noe av disse forhøyede verdiene kan forklares med at det er gjennomsnittlig mer organisk karbon på disse stasjonene i forhold til stasjonene fra det indre området. Overskridelsene av PCB₇ er i samme størrelsesorden som i det indre området, mens overskridelsen av TBT er noe lavere.

Resultatene i **Tabell 8** er gitt som gjennomsnittsverdier for de 4 stasjonene. Kolonnen ”kontroll av homogenitet” viser om det er såkalte ”hotspot” i undersøkelsesområdet. Dette gir en indikasjon på om enkeltstasjoner overskrider gjennomsnittsverdiene betydelig.

Tabell 8. Konsentrasjon av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. Indeks for ”hotspot” er vist i kolonnen med overskrift: ”Kontroll av homogenitet” (hentet fra regnearket).

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	U6	U8	U10	U11
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)				
Arsen	4	2,60E+01	2,08E+01	1,3	16	24	26	17
Bly	4	1,36E+02	1,12E+02	1,1	64,7	136	114	134
Kadmium	4	2,50E+00	1,90E+00	1,3	1,3	2,1	1,7	2,5
Kobber	4	2,23E+02	1,86E+02	1,1	129	223	208	185
Krom totalt (III + VI)	4	8,48E+01	6,94E+01	1,2	50,1	75,4	84,8	67,2
Kvikksølv	4	4,90E-01	3,80E-01	1,3	0,29	0,41	0,33	0,49
Nikkel	4	5,96E+01	5,01E+01	1,1	33	53,9	54	59,6
Sink	4	5,26E+02	4,13E+02	1,2	223	488	526	413
Naftalen	4	2,40E-01	1,53E-01	1,7	0,081	0,17	0,12	0,24
Acenaftalen	4	1,40E-02	1,12E-02	1,3	0,0087	0,013	0,0092	0,014
Acenaften	4	6,20E-01	3,98E-01	1,6	0,21	0,46	0,3	0,62
Fluoren	4	3,30E-01	2,18E-01	1,6	0,12	0,25	0,17	0,33
Fenantren	4	2,70E+00	1,77E+00	1,6	0,97	2,1	1,3	2,7
Antracen	4	6,10E-01	3,98E-01	1,6	0,23	0,47	0,28	0,61
Fluoranten	4	5,30E+00	3,55E+00	1,5	2	4,1	2,8	5,3
Pyren	4	5,80E+00	3,85E+00	1,5	2,1	4,3	3,2	5,8
Benzo(a)antracen	4	5,00E+00	3,28E+00	1,6	1,9	3,6	2,6	5
Krysen	4	4,20E+00	2,75E+00	1,6	1,6	2,9	2,3	4,2
Benzo(b)fluoranten	4	2,00E+01	1,32E+01	1,6	7,6	14	11	20
Benzo(k)fluoranten	4	4,40E+00	2,98E+00	1,5	1,8	3,2	2,5	4,4
Benzo(a)pyren	4	8,50E+00	5,80E+00	1,5	3,4	6,4	4,9	8,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	1,10E+01	8,18E+00	1,3	5	9,3	7,4	11
Dibenzo(a,h)antracen	4	2,00E+00	1,46E+00	1,3	0,83	1,7	1,3	2
Benzo(ghi)perylene	4	7,50E+00	5,33E+00	1,4	3,2	5,9	4,7	7,5
PCB 28	4	2,40E-03	1,56E-03	1,6	0,0013	0,0024	0,00082	0,0017
PCB 52	4	2,40E-03	1,88E-03	1,2	0,0017	0,0022	0,0012	0,0024
PCB 101	4	9,10E-03	6,73E-03	1,4	0,0057	0,0077	0,0044	0,0091
PCB 118	4	1,00E-02	7,38E-03	1,4	0,0061	0,0084	0,005	0,01
PCB 138	4	1,60E-02	1,22E-02	1,4	0,0095	0,014	0,0092	0,016
PCB 153	4	1,40E-02	1,20E-02	1,2	0,01	0,014	0,01	0,014
PCB 180	4	5,00E-03	4,20E-03	1,2	0,0032	0,0049	0,0037	0,005
Tributyltinn (TBT-ion)	4	5,30E+00	3,75E+00	1,4	5,3	2,3	3,7	3,7

Det er ingen stasjon som har ”hotspotindeks” høyere enn 2, verken for metaller eller organiske forbindelser i det ytre området. Det er derfor ingen stasjoner som peker seg ut som spesielt belastet.

5.2 Konklusjon

For begge områdene overskrides grenseverdiene for Trinn 1 både for metaller og organiske forbindelser og en Trinn 2 vurdering etter risikoveilederen må gjennomføres.

6. Risikovurdering Trinn 2

6.1 Lokal informasjon

For Trinn 2 av risikovurderingen ble analyseresultater og andre aktuelle konstanter og parameterverdier lagt inn i Excel-regnearket utarbeidet av SFT. Forventet fluks av de ulike miljøgiftene til overliggende vann via diffusjon/bioturbasjon, oppvirvling fra skipstrafikk og transport gjennom næringskjeden er estimert og sammenliknet med grenseverdier for økologiske effekter i vannmassene og grenseverdier for human helse gjennom konsum av fisk og skalldyr. En Trinn 2 risikovurdering ble gjennomført på basis av alle tilgjengelige sedimentresultater. Det ble ikke gjennomført en helsedimenttest på giftighet overfor fjæremarken (*Arenicola marina*), eller en DR-Calux test for giftighet overfor dioksiner og dioksinlignende stoffer, ettersom resultatene av de allerede gjennomførte kjemiske analysene medfører at sedimentene ikke tilfredsstillter kravene til Trinn 2.

6.2 Risikovurdering sedimenter

6.2.1 Risiko for spredning fra sedimentet i det indre området.

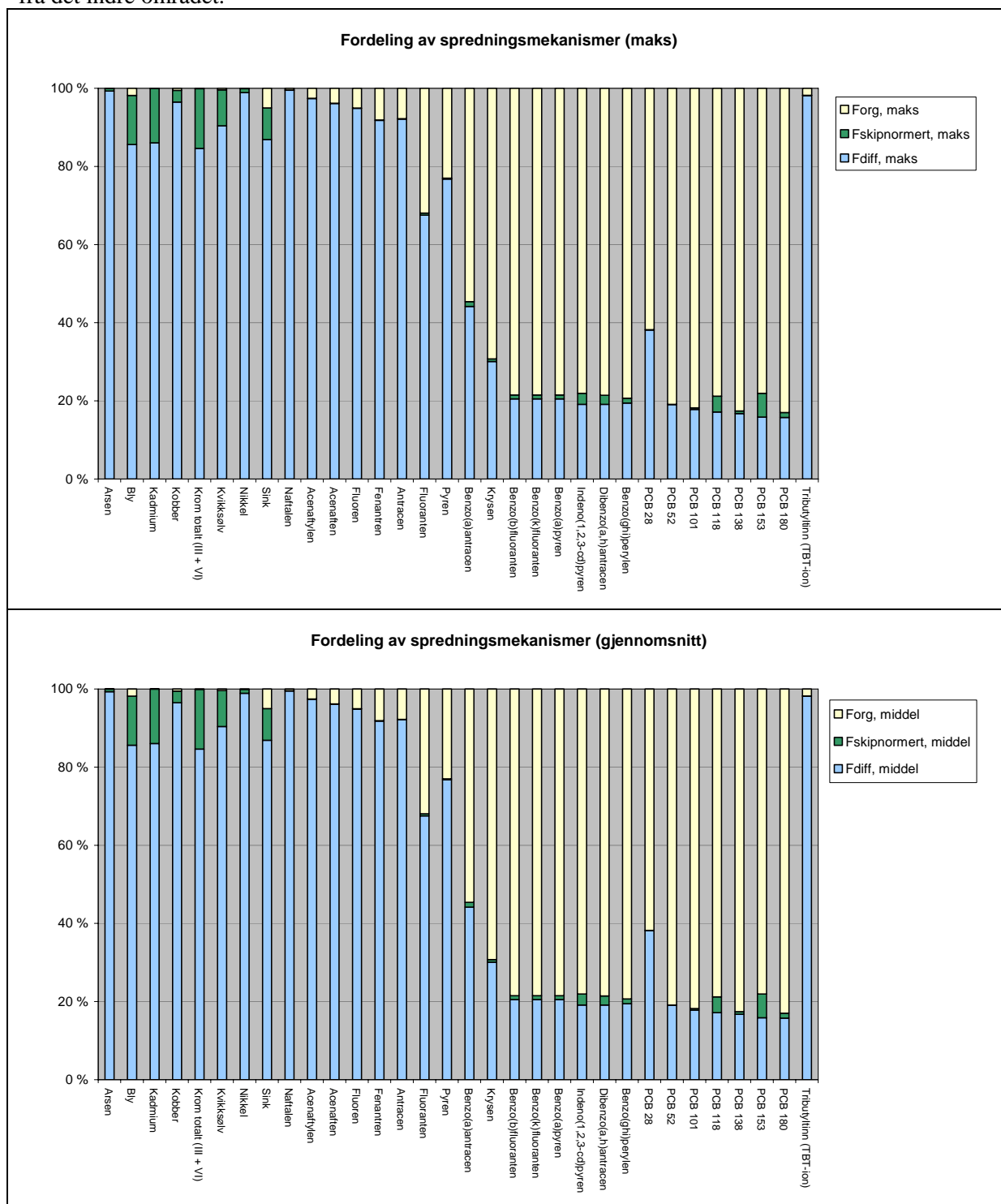
Beregnet spredning av tungmetaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 9**. Det blir lagt mest vekt på beregningene basert på middelverdiene fordi det er områdets samlede risiko som vurderes og ikke bare risiko fra ett enkelt punkt.

Tabell 9. Beregnet spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT (hentet fra regnearket). Tabellen viser spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimal spredning) og på basis av et gjennomsnitt (middels spredning) for alle sedimentprøvene i det indre området.

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	F _{tot, maks} [mg/m ² /år]	F _{diff, maks} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, maks} [mg/m ² /år]	F _{org, maks} [mg/m ² /år]	F _{tot, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, middel} [mg/m ² /år]	F _{org, middel} [mg/m ² /år]
Arsen	2,13E+01	2,12E+01	1,42E-01	4,77E-03	1,39E+01	1,38E+01	9,30E-02	3,11E-03
Bly	3,94E+01	3,37E+01	4,95E+00	7,27E-01	1,11E+01	9,50E+00	1,39E+00	2,05E-01
Kadmium	3,74E-02	3,22E-02	5,21E-03	1,82E-05	2,99E-02	2,57E-02	4,16E-03	1,46E-05
Kobber	1,82E+02	1,76E+02	5,41E+00	1,00E+00	6,73E+01	6,49E+01	2,00E+00	3,70E-01
Krom totalt (III + VI)	4,53E+00	3,83E+00	6,92E-01	5,25E-03	2,30E+00	1,95E+00	3,52E-01	2,67E-03
Kvikksølv	5,45E-02	4,92E-02	5,01E-03	2,28E-04	3,01E-02	2,72E-02	2,76E-03	1,26E-04
Nikkel	1,69E+02	1,67E+02	1,64E+00	2,06E-01	5,33E+01	5,27E+01	5,18E-01	6,49E-02
Sink	8,41E+01	7,30E+01	6,79E+00	4,23E+00	3,10E+01	2,70E+01	2,51E+00	1,56E+00
Naftalen	1,15E+02	1,14E+02	2,90E-02	5,39E-01	2,83E+01	2,81E+01	7,15E-03	1,33E-01
Acenaftilen	1,55E+00	1,51E+00	5,09E-04	4,01E-02	7,50E-01	7,30E-01	2,46E-04	1,94E-02
Acenaften	1,91E+01	1,84E+01	9,03E-03	7,36E-01	5,79E+00	5,57E+00	2,73E-03	2,23E-01
Fluoren	8,35E+00	7,92E+00	5,46E-03	4,23E-01	2,42E+00	2,30E+00	1,59E-03	1,23E-01
Fenantren	3,38E+01	3,10E+01	4,04E-02	2,74E+00	9,71E+00	8,91E+00	1,16E-02	7,87E-01
Antracen	8,37E+00	7,71E+00	1,19E-02	6,50E-01	2,15E+00	1,98E+00	3,05E-03	1,67E-01
Fluoranten	9,90E+00	6,69E+00	4,99E-02	3,17E+00	3,39E+00	2,29E+00	1,71E-02	1,08E+00
Pyren	1,93E+01	1,48E+01	4,77E-02	4,45E+00	6,48E+00	4,98E+00	1,60E-02	1,49E+00
Benzo(a)antracen	2,69E+00	1,19E+00	3,26E-02	1,47E+00	9,67E-01	4,27E-01	1,17E-02	5,28E-01
Krysen	3,76E+00	1,13E+00	2,47E-02	2,60E+00	1,46E+00	4,38E-01	9,57E-03	1,01E+00
Benzo(b)fluoranten	4,82E+00	9,89E-01	4,70E-02	3,79E+00	2,46E+00	5,05E-01	2,40E-02	1,93E+00
Benzo(k)fluoranten	1,32E+00	2,71E-01	1,26E-02	1,04E+00	6,76E-01	1,39E-01	6,45E-03	5,31E-01
Benzo(a)pyren	3,32E+00	6,81E-01	3,31E-02	2,61E+00	1,45E+00	2,98E-01	1,45E-02	1,14E+00
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,26E+00	2,40E-01	3,50E-02	9,80E-01	5,90E-01	1,13E-01	1,64E-02	4,60E-01
Dibenzo(a,h)antracen	2,60E-01	4,98E-02	6,07E-03	2,05E-01	1,18E-01	2,26E-02	2,75E-03	9,27E-02
Benzo(ghi)perylene	1,87E+00	3,63E-01	2,32E-02	1,48E+00	8,92E-01	1,73E-01	1,10E-02	7,08E-01
PCB 28	2,23E-02	8,49E-03	2,33E-05	1,38E-02	8,42E-03	3,21E-03	8,81E-06	5,20E-03
PCB 52	8,13E-02	1,55E-02	5,58E-05	6,58E-02	2,47E-02	4,71E-03	1,70E-05	2,00E-02
PCB 101	2,03E-02	3,62E-03	8,70E-05	1,66E-02	8,27E-03	1,47E-03	3,54E-05	6,77E-03
PCB 118	1,44E-03	2,48E-04	5,87E-05	1,14E-03	6,53E-04	1,12E-04	2,65E-05	5,15E-04
PCB 138	2,35E-02	3,94E-03	1,53E-04	1,94E-02	9,54E-03	1,60E-03	6,20E-05	7,88E-03
PCB 153	3,46E-03	5,48E-04	2,11E-04	2,70E-03	1,80E-03	2,86E-04	1,10E-04	1,41E-03
PCB 180	8,55E-03	1,35E-03	1,06E-04	7,10E-03	3,07E-03	4,84E-04	3,80E-05	2,55E-03
Tributyltinn (TBT-ion)	9,50E+02	9,33E+02	4,12E-01	1,72E+01	4,37E+02	4,29E+02	1,89E-01	7,90E+00

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 4**.

Figur 4. Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (hentet fra regnearket). Tabellen viser % spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksnivå) og på basis av et gjennomsnitt (middelnivå) for sedimentprøvene fra det indre området.



Resultatene fra **Tabell 9** og **Figur 4** viser at de viktigste spredningsveiene varierer for de ulike forbindelsene. For metallene, tributyltinn og PAH-forbindelsene med lavest molekylvekt (naftalen til pyren) er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. Spredning via organismer er viktigste spredningsvei for PAH-forbindelsene med høyere molekylvekt (benzo(a)anthracen-benzo(ghi)perylene) og for PCB. Oppvirvling fra skipstrafikk ($F_{\text{skipnormert, middel}}$) bidrar med mellom 0,7 og 15,3 % for metallene og mellom 0,1 og 6,1% for PAH- og PCB-forbindelsene.

Risikoveilederen angir ikke noen allmenne akseptgrenser for spredning alene, og vi kjenner ikke til at det finnes lokale akseptgrenser for spredning. Verdiene i **Tabell 10** viser hvor mange ganger totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillende grenseverdiene i Trinn 1 (dvs som har en akseptabel økologisk risiko).

Tabell 10. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel) fra det indre området.

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($\text{mg/m}^2/\text{år}$)	F_{tot} overskrider tillatt spredning med:	
	$F_{\text{tot, maks}}$ ($\text{mg/m}^2/\text{år}$)	$F_{\text{tot, middel}}$ ($\text{mg/m}^2/\text{år}$)		Maks	Middel
Arsen	2,13E+01	1,39E+01	5,28E+01	-60 %	-74 %
Bly	3,94E+01	1,11E+01	4,36E+00	805 %	155 %
Kadmium	3,74E-02	2,99E-02	1,23E-01	-70 %	-76 %
Kobber	1,82E+02	6,73E+01	1,14E+01	1498 %	491 %
Krom totalt (III + VI)	4,53E+00	2,30E+00	2,42E+01	-81 %	-90 %
Kvikksølv	5,45E-02	3,01E-02	4,52E-02	21 %	-33 %
Nikkel	1,69E+02	5,33E+01	3,20E+01	428 %	67 %
Sink	8,41E+01	3,10E+01	2,94E+01	186 %	6 %
Naftalen	1,15E+02	2,83E+01	1,42E+02	-19 %	-80 %
Acenaftylen	1,55E+00	7,50E-01	7,38E+00	-79 %	-90 %
Acenaften	1,91E+01	5,79E+00	1,49E+01	28 %	-61 %
Fluoren	8,35E+00	2,42E+00	1,42E+01	-41 %	-83 %
Fenantren	3,38E+01	9,71E+00	1,19E+01	183 %	-19 %
Antracen	8,37E+00	2,15E+00	5,98E-01	1300 %	259 %
Fluoranten	9,90E+00	3,39E+00	7,95E-01	1145 %	326 %
Pyren	1,93E+01	6,48E+00	2,83E+00	582 %	129 %
Benzo(a)antracen	2,69E+00	9,67E-01	1,13E-01	2281 %	756 %
Krysen	3,76E+00	1,46E+00	9,79E-01	284 %	49 %
Benzo(b)fluoranten	4,82E+00	2,46E+00	5,60E-01	761 %	339 %
Benzo(k)fluoranten	1,32E+00	6,76E-01	5,02E-01	163 %	35 %
Benzo(a)pyren	3,32E+00	1,45E+00	9,58E-01	247 %	51 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,26E+00	5,90E-01	3,78E-02	3225 %	1462 %
Dibenzo(a,h)antracen	2,60E-01	1,18E-01	5,68E-01	-54 %	-79 %
Benzo(ghi)perylene	1,87E+00	8,92E-01	3,85E-02	4760 %	2219 %
PCB 28	2,23E-02	8,42E-03			
PCB 52	8,13E-02	2,47E-02			
PCB 101	2,03E-02	8,27E-03			
PCB 118	1,44E-03	6,53E-04			
PCB 138	2,35E-02	9,54E-03			
PCB 153	3,46E-03	1,80E-03			
PCB 180	8,55E-03	3,07E-03			
Sum PCB7	1,61E-01	5,65E-02			
Tributyltinn (TBT-ion)	9,50E+02	4,37E+02	1,15E+01	8158 %	3697 %

Middelnivåene overskrider spredningen fra referansesedimentet for 4 av metallene (Pb,Cu,Ni og Zn), 10 av PAH-komponentene og TBT.

Som en kontroll på at spredningsberegningene er realistiske, har regnearket en rutine som beregner hvor lang tid det vil ta å tømme sedimentet for miljøgifter med den beregnede spredningen. Hvis denne tiden er kort for et stoff betyr det at utlekkingen er så stor at sedimentene allerede burde ha vært tømt for stoffet. Siden stoffet finnes betyr det at beregningene overestimerer risikoen (gir for høy utlekking) eller at tilførselen til sedimentene også er betydelig. Det finnes sjelden data for å kunne sondre mellom disse årsakene. Beregnet tid for å tømme sedimentet for miljøgifter er vist i **Tabell 11**.

Tabell 11. Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene (hentet fra regnearket). Tabellen viser tømmetid ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel), for sedimentprøvene fra det indre området.

Stoff	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	Max	Middel
Arsen	44,8	44,8
Bly	866,9	866,9
Kadmium	961,2	961,2
Kobber	203,8	203,8
Krom totalt (III + VI)	1054,5	1054,5
Kvikksølv	634,7	634,7
Nikkel	65,5	65,5
Sink	557,5	557,5
Naftalen	0,3	0,3
Acenaftylen	0,7	0,7
Acenaften	1,7	1,7
Fluoren	2,9	2,9
Fenantren	6,6	6,6
Antracen	8,2	8,2
Fluoranten	33,5	33,5
Pyren	15,5	15,5
Benzo(a)antracen	82,9	82,9
Krysen	44,8	44,8
Benzo(b)fluoranten	67,0	67,0
Benzo(k)fluoranten	65,5	65,5
Benzo(a)pyren	68,5	68,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	192,1	192,1
Dibenzo(a,h)antracen	160,7	160,7
Benzo(ghi)perylen	85,2	85,2
PCB 28	6,3	6,3
PCB 52	4,3	4,3
PCB 101	29,1	29,1
PCB 118	280,2	280,2
PCB 138	44,5	44,5
PCB 153	420,3	420,3
PCB 180	85,1	85,1
Tributyltinn (TBT-ion)	0,5	0,5

For stoffene TBT, naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren er beregnet tid for å tømme sedimentene mindre enn 3 år. For TBT er beregnet tid for å tømme sedimentene 0,5 år. Disse verdiene tyder på en overestimering av utlekking av disse stoffene, eller at det er stadige nye tilførsler fra kilder.

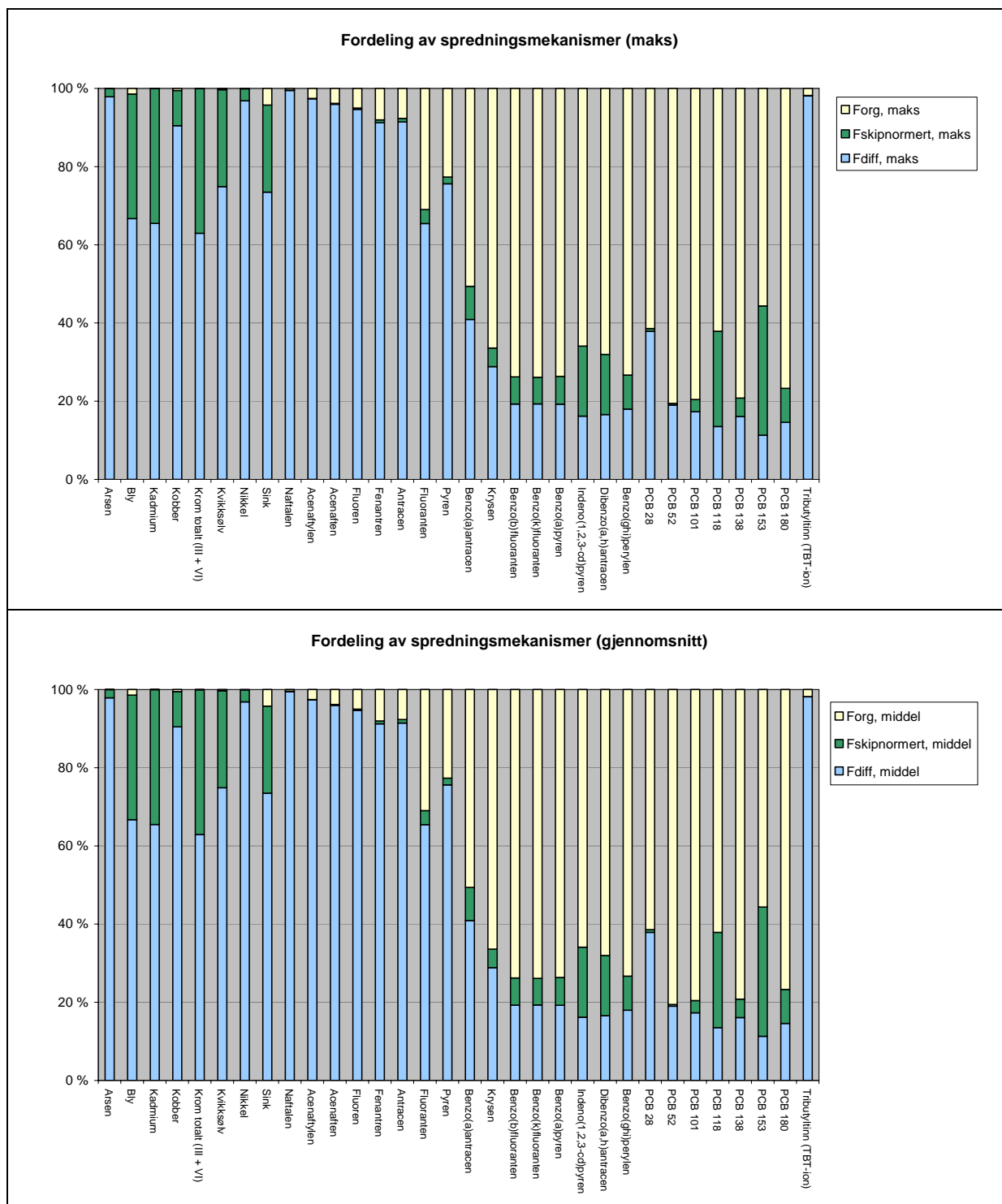
6.2.2 Risiko for spredning fra sedimentet i det ytre området.

Beregnet spredning av metaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 12**.

Tabell 12. Beregnet spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT (hentet fra regnearket). Tabellen viser spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimal spredning) og på basis av et gjennomsnitt (middels spredning) for alle sedimentprøvene i det ytre området.

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	F _{tot, maks} [mg/m ² /år]	F _{diff, maks} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, maks} [mg/m ² /år]	F _{org, maks} [mg/m ² /år]	F _{tot, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, middel} [mg/m ² /år]	F _{org, middel} [mg/m ² /år]
Arsen	2,68E+01	2,62E+01	5,60E-01	5,90E-03	2,14E+01	2,09E+01	4,47E-01	4,71E-03
Bly	9,16E+00	6,11E+00	2,92E+00	1,32E-01	7,56E+00	5,04E+00	2,41E+00	1,09E-01
Kadmium	1,56E-01	1,02E-01	5,37E-02	5,77E-05	1,18E-01	7,74E-02	4,08E-02	4,38E-05
Kobber	5,31E+01	4,80E+01	4,79E+00	2,74E-01	4,43E+01	4,01E+01	4,00E+00	2,29E-01
Krom totalt (III + VI)	4,92E+00	3,10E+00	1,82E+00	4,24E-03	4,03E+00	2,53E+00	1,49E+00	3,47E-03
Kvikksølv	4,24E-02	3,18E-02	1,05E-02	1,47E-04	3,29E-02	2,46E-02	8,16E-03	1,14E-04
Nikkel	4,23E+01	4,10E+01	1,28E+00	5,05E-02	3,56E+01	3,45E+01	1,08E+00	4,25E-02
Sink	5,08E+01	3,73E+01	1,13E+01	2,16E+00	3,98E+01	2,93E+01	8,85E+00	1,70E+00
Naftalen	1,45E+01	1,44E+01	6,13E-03	6,82E-02	9,24E+00	9,20E+00	3,90E-03	4,34E-02
Acenaftylen	3,87E-01	3,76E-01	3,29E-04	9,99E-03	3,10E-01	3,02E-01	2,64E-04	8,01E-02
Acenaften	7,15E+00	6,86E+00	1,38E-02	2,74E-01	4,59E+00	4,40E+00	8,87E-03	1,76E-01
Fluoren	2,23E+00	2,11E+00	7,25E-03	1,12E-01	1,47E+00	1,39E+00	4,78E-03	7,41E-02
Fenantren	8,00E+00	7,30E+00	5,86E-02	6,45E-01	5,24E+00	4,78E+00	3,83E-02	4,22E-01
Antracen	1,47E+00	1,34E+00	1,32E-02	1,13E-01	9,55E-01	8,73E-01	8,60E-03	7,36E-02
Fluoranten	3,17E+00	2,07E+00	1,14E-01	9,82E-01	2,12E+00	1,39E+00	7,63E-02	6,58E-01
Pyren	7,36E+00	5,57E+00	1,25E-01	1,67E+00	4,89E+00	3,70E+00	8,30E-02	1,11E+00
Benzo(a)antracen	1,27E+00	5,18E-01	1,07E-01	6,41E-01	8,29E-01	3,39E-01	7,03E-02	4,20E-01
Krysen	1,90E+00	5,48E-01	9,02E-02	1,26E+00	1,24E+00	3,59E-01	5,90E-02	8,26E-01
Benzo(b)fluoranten	6,18E+00	1,19E+00	4,29E-01	4,56E+00	4,06E+00	7,82E-01	2,82E-01	3,00E+00
Benzo(k)fluoranten	1,39E+00	2,68E-01	9,44E-02	1,03E+00	9,39E-01	1,81E-01	6,39E-02	6,94E-01
Benzo(a)pyren	2,57E+00	4,94E-01	1,82E-01	1,89E+00	1,75E+00	3,37E-01	1,25E-01	1,29E+00
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,32E+00	2,13E-01	2,36E-01	8,69E-01	9,79E-01	1,58E-01	1,75E-01	6,46E-01
Dibenzo(a,h)antracen	2,79E-01	4,63E-02	4,29E-02	1,90E-01	2,03E-01	3,37E-02	3,13E-02	1,38E-01
Benzo(ghi)perylen	1,85E+00	3,32E-01	1,61E-01	1,36E+00	1,31E+00	2,36E-01	1,14E-01	9,64E-01
PCB 28	7,41E-03	2,81E-03	5,18E-05	4,55E-03	4,80E-03	1,82E-03	3,36E-05	2,95E-03
PCB 52	1,10E-02	2,09E-03	5,18E-05	8,87E-03	8,60E-03	1,63E-03	4,04E-05	6,93E-03
PCB 101	6,25E-03	1,08E-03	1,95E-04	4,97E-03	4,62E-03	7,99E-04	1,44E-04	3,68E-03
PCB 118	8,80E-04	1,19E-04	2,15E-04	5,47E-04	6,49E-04	8,77E-05	1,58E-04	4,03E-04
PCB 138	7,29E-03	1,17E-03	3,44E-04	5,78E-03	5,55E-03	8,91E-04	2,61E-04	4,40E-03
PCB 153	9,08E-04	1,02E-04	3,00E-04	5,06E-04	7,79E-04	8,78E-05	2,58E-04	4,33E-04
PCB 180	1,23E-03	1,80E-04	1,07E-04	9,48E-04	1,04E-03	1,51E-04	9,02E-05	7,96E-04
Tributyltinn (TBT-ion)	2,15E+02	2,11E+02	1,39E-01	3,89E+00	1,52E+02	1,49E+02	9,85E-02	2,75E+00

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 5**.



Figur 5. Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (hentet fra regnearket). Tabellen viser % spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksnivå) og på basis av et gjennomsnitt (middelnivå) for sedimentprøvene fra det ytre området.

Verdiene i **Tabell 12** og **Figur 5** viser de viktigste spredningsveiene som varierer for de ulike forbindelsene. For metallene, tributyltinn og PAH forbindelsene med lavest molekylvekt (Naftalen til Pyren) er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. Spredning via organismer er viktigste spredningsvei for PAH forbindelsene med høyere molekylvekt (benzo(a)anthracen-benzo(ghi)perylene) og for PCB. Oppvirvling fra skipstrafikk ($F_{\text{skipnormert, middel}}$) er ikke viktigste spredningsvei for noen av forbindelsene, men bidrar med opptil 37% for krom og 33% for PCB 153.. Dette er samme mønster som for det indre område, men oppvirvling fra skipstrafikk bidrar mer. Grunnen til at bidraet er større her er at det er flere skipsanløp til industriområdet på Husøya, enn til det indre området.

Verdiene i **Tabell 13** viser hvor mange ganger totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillere grenseverdiene i Trinn 1 (dvs som har en akseptabel økologisk risiko).

Tabell 13. Beregnet spredning sammenlignet med ”tillatt spredning” (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene fra det ytre området.

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F _{tot} overskrider tillatt spredning med:	
	F _{tot, maks} (mg/m ² /år)	F _{tot, middel} (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Arsen	2,68E+01	2,14E+01	5,36E+01	-50 %	-60 %
Bly	9,16E+00	7,56E+00	5,59E+00	64 %	35 %
Kadmium	1,56E-01	1,18E-01	1,62E-01	-4 %	-27 %
Kobber	5,31E+01	4,43E+01	1,21E+01	337 %	265 %
Krom totalt (III + VI)	4,92E+00	4,03E+00	3,25E+01	-85 %	-88 %
Kvikksølv	4,24E-02	3,29E-02	5,45E-02	-22 %	-40 %
Nikkel	4,23E+01	3,56E+01	3,27E+01	30 %	9 %
Sink	5,08E+01	3,98E+01	3,47E+01	46 %	15 %
Naftalen	1,45E+01	9,24E+00	1,42E+02	-90 %	-93 %
Acenaftylen	3,87E-01	3,10E-01	7,38E+00	-95 %	-96 %
Acenaften	7,15E+00	4,59E+00	1,49E+01	-52 %	-69 %
Fluoren	2,23E+00	1,47E+00	1,42E+01	-84 %	-90 %
Fenantren	8,00E+00	5,24E+00	1,19E+01	-33 %	-56 %
Antracen	1,47E+00	9,55E-01	5,98E-01	145 %	60 %
Fluoranten	3,17E+00	2,12E+00	7,98E-01	297 %	166 %
Pyren	7,36E+00	4,89E+00	2,84E+00	160 %	72 %
Benzo(a)antracen	1,27E+00	8,29E-01	1,14E-01	1011 %	628 %
Krysen	1,90E+00	1,24E+00	9,83E-01	93 %	27 %
Benzo(b)fluoranten	6,18E+00	4,06E+00	5,64E-01	996 %	620 %
Benzo(k)fluoranten	1,39E+00	9,39E-01	5,05E-01	175 %	86 %
Benzo(a)pyren	2,57E+00	1,75E+00	9,64E-01	166 %	82 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,32E+00	9,79E-01	3,85E-02	3328 %	2447 %
Dibenzo(a,h)antracen	2,79E-01	2,03E-01	5,77E-01	-52 %	-65 %
Benzo(ghi)perylene	1,85E+00	1,31E+00	3,88E-02	4673 %	3289 %
PCB 28	7,41E-03	4,80E-03			
PCB 52	1,10E-02	8,60E-03			
PCB 101	6,25E-03	4,62E-03			
PCB 118	8,80E-04	6,49E-04			
PCB 138	7,29E-03	5,55E-03			
PCB 153	9,08E-04	7,79E-04			
PCB 180	1,23E-03	1,04E-03			
Sum PCB7	3,50E-02	2,60E-02			
Tributyltinn (TBT-ion)	2,15E+02	1,52E+02	1,15E+01	1770 %	1223 %

Middelnivåene overskrider spredningen fra referansesedimentet for 4 av metallene (Pb, Cu, Ni og Zn), 10 av PAH-komponentene og TBT. Overskridelsene for metallene Pb, Cu og Ni er lavere enn for det indre området. Overskridelsen av sink er noe høyere enn i det indre området. For PAH forbindelsene er det lavere overskridelse av de lette forbindelsene (antracen til krysen), mens overskridelsene er høyere enn i det indre området for forbindelsene fra benzo(b)fluoranten til indeno(123-cd)pyren. For TBT er overskridelsen ca halvparten av det indre området.

Som en kontroll på at spredningsberegningene er realistiske, har regnearket en rutine som beregner hvor lang tid det vil ta å tømme sedimentet for miljøgifter med den beregnede spredningen. Hvis denne tiden er kort for et stoff betyr det at utlekkingen er så stor at sedimentene allerede burde ha vært tømt for stoffet. Siden stoffet finnes betyr det at beregningene overestimerer risikoen (gir for høy

utlekking) eller at tilførselen til sedimentene også er betydelig. Det finnes sjelden data for å kunne sondre mellom disse årsakene. Beregnet tid for å tømme sedimentet for miljøgifter er vist i **Tabell 14**.

Tabell 14. Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene (hentet fra regnearket). Tabellen viser tømmetid ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel), for sedimentprøvene fra det ytre området.

Stoff	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	Max	Middel
Arsen	44,2	44,2
Bly	675,5	675,5
Kadmium	731,4	731,4
Kobber	191,1	191,1
Krom totalt (III + VI)	784,2	784,2
Kvikksølv	525,6	525,6
Nikkel	64,1	64,1
Sink	471,6	471,6
Naftalen	0,8	0,8
Acenaftalen	1,6	1,6
Acenaften	3,9	3,9
Fluoren	6,7	6,7
Fenantren	15,4	15,4
Antracen	18,9	18,9
Fluoranten	76,1	76,1
Pyren	35,8	35,8
Benzo(a)antracen	179,7	179,7
Krysen	100,6	100,6
Benzo(b)fluoranten	147,3	147,3
Benzo(k)fluoranten	144,2	144,2
Benzo(a)pyren	150,5	150,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	379,8	379,8
Dibenzo(a,h)antracen	326,0	326,0
Benzo(ghi)perylene	184,4	184,4
PCB 28	14,7	14,7
PCB 52	9,9	9,9
PCB 101	66,2	66,2
PCB 118	517,1	517,1
PCB 138	99,8	99,8
PCB 153	701,2	701,2
PCB 180	184,2	184,2
Tributyltinn (TBT-ion)	1,1	1,1

For stoffene TBT, naftalen, acenaften, acenaftalen er beregnet tid for å tømme sedimentene 3,5 år eller mindre, noe som tyder på en overestimering av utlekking av disse stoffene, eller det kan skyldes at det er stadig nye tilførsler fra kilder.

6.3 Risiko for skade på human helse

For å kunne vurdere human eksponering for de ulike miljøgifter i sedimentet blir det beregnet en total livstidsdose (som mg pr kg kroppsvekt pr dag gjennom hele livsløpet) basert på transport fra sedimentet til mennesker. Hovedveien er transport gjennom næringskjeden til fisk og skalldyr, men andre sannsynlige kontaktveier er også inkludert. Denne livstidsdosen sammenlignes så med gitte grenseverdier: tolerabelt daglig inntak (TDI) for stoffer der dette er fastsatt av Mattilsynet eller maksimalt tolerabelt risiko (MTR) for de øvrige stoffene. Siden mennesker utsettes for flere miljøgiftkilder er det satt en grense ved at bare 10 % av det totale inntaket i mennesker får stamme fra sedimenter (for TBT er grensen 100 % da man går ut fra at all påvirkning fra dette stoffet stammer fra sediment).

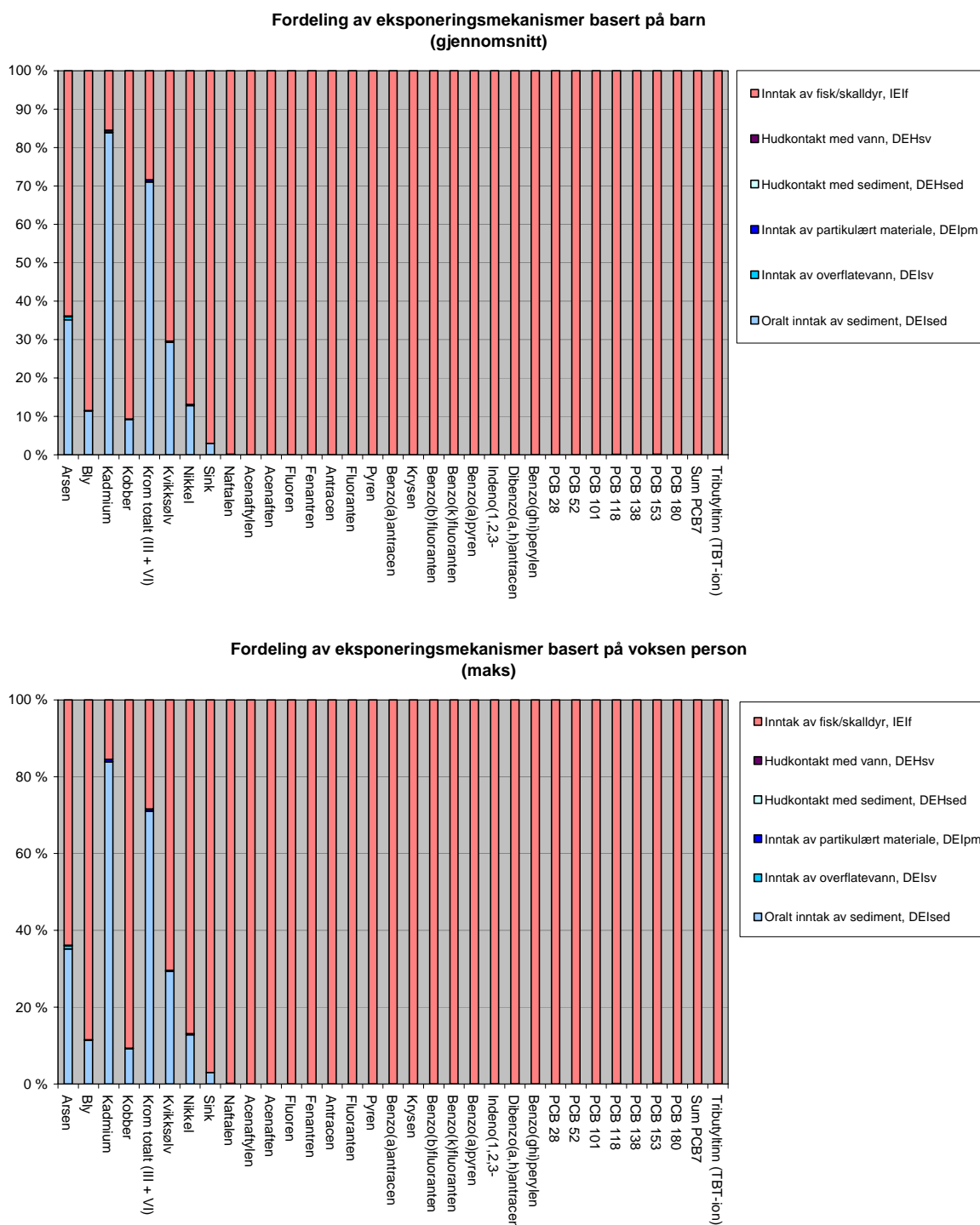
6.3.1 Risiko for skade på human helse indre området.

Beregnet risiko for skade på human helse er vist i **Tabell 15**. Tabellen viser i hvor stor grad utlekking fra sedimentene alene gir overskridelse av total akseptabel livstidsdose for de ulike miljøgiftene.

Tabell 15. Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 % (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra det indre området.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	3,37E-05	2,20E-05	1,00E-04	-66,3 %	-78,0 %
Bly	3,02E-03	8,49E-04	3,60E-04	738,0 %	135,9 %
Kadmium	7,31E-07	5,85E-07	5,00E-05	-98,5 %	-98,8 %
Kobber	3,97E-03	1,47E-03	5,00E-03	-20,6 %	-70,6 %
Krom totalt (III + VI)	1,06E-04	5,41E-05	5,00E-04	-78,7 %	-89,2 %
Kvikksølv	1,39E-06	7,68E-07	1,00E-05	-86,1 %	-92,3 %
Nikkel	8,83E-04	2,78E-04	5,00E-03	-82,3 %	-94,4 %
Sink	1,47E-02	5,44E-03	3,00E-02	-50,9 %	-81,9 %
Naftalen	1,77E-03	4,36E-04	4,00E-03	-55,8 %	-89,1 %
Acenaftylen	1,31E-04	6,34E-05			
Acenaften	2,41E-03	7,28E-04			
Fluoren	1,38E-03	4,02E-04			
Fenantren	8,96E-03	2,58E-03	4,00E-03	124,1 %	-35,6 %
Antracen	2,13E-03	5,46E-04	4,00E-03	-46,8 %	-86,4 %
Fluoranten	1,04E-02	3,54E-03	5,00E-03	107,2 %	-29,1 %
Pyren	1,45E-02	4,88E-03			
Benzo(a)antracen	4,81E-03	1,73E-03	5,00E-04	862,3 %	246,0 %
Krysen	8,51E-03	3,30E-03	5,00E-03	70,2 %	-34,0 %
Benzo(b)fluoranten	1,24E-02	6,33E-03			
Benzo(k)fluoranten	3,39E-03	1,74E-03	5,00E-04	578,7 %	247,5 %
Benzo(a)pyren	8,53E-03	3,73E-03	2,30E-06	370729,0 %	162026,4 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,21E-03	1,51E-03	5,00E-04	542,1 %	201,7 %
Dibenzo(a,h)antracen	6,70E-04	3,03E-04			
Benzo(ghi)perylene	4,85E-03	2,32E-03	3,00E-03	61,8 %	-22,8 %
PCB 28	4,50E-05	1,70E-05			
PCB 52	2,15E-04	6,54E-05			
PCB 101	5,44E-05	2,21E-05			
PCB 118	3,73E-06	1,69E-06			
PCB 138	6,36E-05	2,58E-05			
PCB 153	8,88E-06	4,62E-06			
PCB 180	2,32E-05	8,33E-06			
Sum PCB7	4,14E-04	1,45E-04	2,00E-06	20599,9 %	7148,0 %
Tributyltinn (TBT-ion)	5,62E-02	2,59E-02	2,50E-04	22394,0 %	10242,7 %

Tabell 15 viser at det er overskridelse av beregnet total livstidsdose for gjennomsnittsnivået av stoffene bly, benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(a)pyren, PCB₇ og TBT. Det er spesielt nivået av benzo(a)pyren som gir for høy risiko for skade på human helse. På grunn av dette stoffets påviste kreftfremkallende egenskaper er livstidsdosen satt meget lavt og er godt begrunnet. Fordelingen av eksponeringsmekanismer er vist for barn og voksne i **Figur 6**.



Figur 6. Fordeling av eksponeringsmekanismer for barn (øverst), og for voksne(nederst)

Figur 6 viser at risikoen for skade på human helse hovedsakelig er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr. For enkelte av metallene og spesielt kadmium og krom kan det være et signifikant bidrag fra eventuelt oralt inntak av sedimenter.

6.3.2 Risiko for skade på human helse i det ytre området.

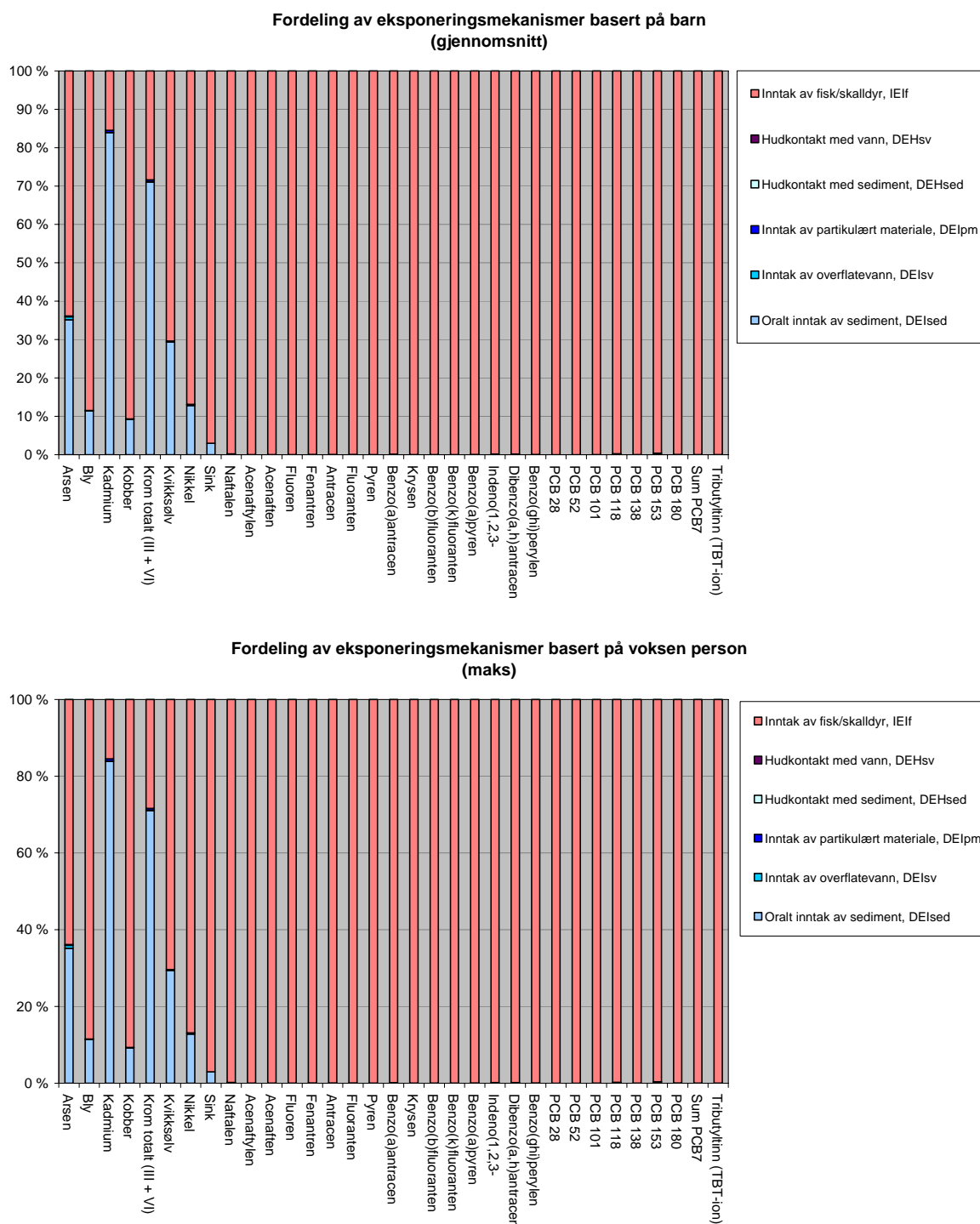
Beregnet risiko for skade på human helse er vist i **Feil! Fant ikke referanseskilden..**

Tabell 16. Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 % (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra det ytre området.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	4,17E-05	3,33E-05	1,00E-04	-58,3 %	-66,7 %
Bly	5,46E-04	4,51E-04	3,60E-04	51,8 %	25,2 %
Kadmium	2,31E-06	1,76E-06	5,00E-05	-95,4 %	-96,5 %
Kobber	1,09E-03	9,07E-04	5,00E-03	-78,3 %	-81,9 %
Krom totalt (III + VI)	8,59E-05	7,03E-05	5,00E-04	-82,8 %	-85,9 %
Kvikksølv	8,97E-07	6,96E-07	1,00E-05	-91,0 %	-93,0 %
Nikkel	2,16E-04	1,82E-04	5,00E-03	-95,7 %	-96,4 %
Sink	7,52E-03	5,90E-03	3,00E-02	-74,9 %	-80,3 %
Naftalen	2,24E-04	1,42E-04	4,00E-03	-94,4 %	-96,4 %
Acenaftalen	3,27E-05	2,62E-05			
Acenaften	8,98E-04	5,76E-04			
Fluoren	3,68E-04	2,43E-04			
Fenantren	2,11E-03	1,38E-03	4,00E-03	-47,2 %	-65,5 %
Antracen	3,70E-04	2,41E-04	4,00E-03	-90,8 %	-94,0 %
Fluoranten	3,22E-03	2,15E-03	5,00E-03	-35,7 %	-56,9 %
Pyren	5,46E-03	3,63E-03			
Benzo(a)antracen	2,10E-03	1,38E-03	5,00E-04	320,0 %	175,1 %
Krysen	4,13E-03	2,70E-03	5,00E-03	-17,4 %	-45,9 %
Benzo(b)fluoranten	1,49E-02	9,81E-03			
Benzo(k)fluoranten	3,36E-03	2,27E-03	5,00E-04	571,9 %	354,3 %
Benzo(a)pyren	6,20E-03	4,23E-03	2,30E-06	269381,2 %	183781,3 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,85E-03	2,12E-03	5,00E-04	470,5 %	324,0 %
Dibenzo(a,h)antracen	6,23E-04	4,54E-04			
Benzo(ghi)perylene	4,45E-03	3,16E-03	3,00E-03	48,2 %	5,2 %
PCB 28	1,49E-05	9,65E-06			
PCB 52	2,90E-05	2,27E-05			
PCB 101	1,63E-05	1,20E-05			
PCB 118	1,80E-06	1,33E-06			
PCB 138	1,89E-05	1,44E-05			
PCB 153	1,67E-06	1,43E-06			
PCB 180	3,10E-06	2,61E-06			
Sum PCB7	8,57E-05	6,41E-05	2,00E-06	4183,1 %	3104,8 %
Tributyltinn (TBT-ion)	1,27E-02	9,01E-03	2,50E-04	4993,6 %	3504,0 %

Feil! Fant ikke referanseskilden. viser at det er overskridelse av beregnet total livstidsdose for gjennomsnittsnivået av stoffene bly, benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylene, PCB7 og TBT. Det er spesielt nivået av benzo(a)pyren som

gir for høy risiko for skade på human helse. På grunn av dette stoffets påviste kreftfremkallende egenskaper er livstidsdosen satt meget lavt og er godt begrunnet. Fordelingen av eksponeringsmekanismer er vist for barn og voksne i **Figur 7**.



Figur 7. Fordeling av eksponeringsmekanismer for barn (øverst), og for voksne(nederst).

Figur 7 viser at risikoen for skade på human helse hovedsakelig er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr for de organiske forbindelsene og for TBT. For enkelte av metallene, spesielt kadmium og krom kan det være ett signifikant bidrag fra eventuelt oralt inntak av sedimenter, i tillegg til inntak av fisk og skalldyr.

6.4 Risiko for økologisk skade

Ved vurdering av økologisk risiko skilles det mellom risiko for organismer som lever i direkte vedvarende kontakt med sedimentene og organismer i vannmassene for øvrig.

6.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i indre området.

Risikovurdering for organismer i sedimentet baserer seg dels på Trinn 1, siden grenseverdiene her for konsentrasjoner og toksisitet utgjør grense for effekter ved kronisk eksponering ($PNEC_{\text{sediment}}$). I Trinn 2 baseres den også på (i dette tilfellet beregnede porevannskonsentrasjoner) av de ulike miljøgiftene sammenlignet med tilsvarende kroniske PNEC verdier for konsentrasjoner i vann ($PNEC_{\text{vann}}$ eller $PNEC_w$). Disse verdiene er gitt i **Tabell 17**.

Tabell 17. Beregnet porevannskonsentrasjon sammenliknet med grenseverdi for økologisk risiko (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra det indre området.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grense-verdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider $PNEC_w$ med:	
	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	3,18E-03	2,08E-03	ikke målt	ikke målt	4,8	-33,8 %	-56,7 %
Bly	4,85E-03	1,37E-03	ikke målt	ikke målt	2,2	120,4 %	-37,9 %
Kadmium	6,08E-06	4,86E-06	ikke målt	ikke målt	0,24	-97,5 %	-98,0 %
Kobber	3,34E-02	1,23E-02	ikke målt	ikke målt	0,64	5117,1 %	1828,6 %
Krom totalt (III + VI)	8,75E-04	4,45E-04	ikke målt	ikke målt	3,4	-74,3 %	-86,9 %
Kvikksølv	7,60E-06	4,19E-06	ikke målt	ikke målt	0,048	-84,2 %	-91,3 %
Nikkel	3,43E-02	1,08E-02	ikke målt	ikke målt	2,2	1460,3 %	391,9 %
Sink	1,41E-02	5,21E-03	ikke målt	ikke målt	2,9	386,5 %	79,7 %
Naftalen	1,80E-02	4,44E-03	ikke målt	ikke målt	2,4	650,3 %	84,9 %
Acenaftilen	2,67E-04	1,29E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	-79,5 %	-90,1 %
Acenaften	3,31E-03	1,00E-03	ikke målt	ikke målt	3,8	-12,9 %	-73,6 %
Fluoren	1,50E-03	4,36E-04	ikke målt	ikke målt	2,5	-39,9 %	-82,5 %
Fenantren	6,18E-03	1,78E-03	ikke målt	ikke målt	1,3	375,7 %	36,7 %
Antracen	1,54E-03	3,94E-04	ikke målt	ikke målt	0,11	1297,6 %	258,5 %
Fluoranten	1,46E-03	4,99E-04	ikke målt	ikke målt	0,12	1116,7 %	316,0 %
Pyren	3,24E-03	1,09E-03	ikke målt	ikke målt	0,023	13980,7 %	4623,4 %
Benzo(a)antracen	2,83E-04	1,02E-04	ikke målt	ikke målt	0,012	2254,7 %	746,7 %
Krysen	2,69E-04	1,04E-04	ikke målt	ikke målt	0,07	283,7 %	48,7 %
Benzo(b)fluoranten	2,52E-04	1,29E-04	ikke målt	ikke målt	0,03	741,5 %	329,5 %
Benzo(k)fluoranten	6,91E-05	3,54E-05	ikke målt	ikke målt	0,027	156,1 %	31,1 %
Benzo(a)pyren	1,74E-04	7,60E-05	ikke målt	ikke målt	0,05	247,5 %	51,9 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,53E-05	3,07E-05	ikke målt	ikke målt	0,002	3167,2 %	1435,0 %
Dibenzo(a,h)antracen	1,36E-05	6,18E-06	ikke målt	ikke målt	0,03	-54,5 %	-79,4 %
Benzo(ghi)perylen	9,89E-05	4,72E-05	ikke målt	ikke målt	0,002	4842,6 %	2258,3 %
PCB 28	2,20E-06	8,32E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 52	4,38E-06	1,33E-06	ikke målt	ikke målt			
PCB 101	1,11E-06	4,51E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 118	7,59E-08	3,43E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 138	1,30E-06	5,25E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 153	1,80E-07	9,39E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 180	4,73E-07	1,70E-07	ikke målt	ikke målt			
Sum PCB7	9,72E-06	3,44E-06	ikke målt	ikke målt			
Tributyltinn (TBT-ion)	2,63E-01	1,21E-01	ikke målt	ikke målt	0,0002	125115632,1 %	57528113,6 %

Tabell 17 viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider $PNEC_w$ for 3 metaller Cu, Ni og Zn, tolv av PAH-forbindelsene samt TBT (hele 57 millioner ganger). Både sedimentkonsentrasjonene og de beregnede

porevannskonsentrasjonene viser derfor at sedimentene utgjør en for høy risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

6.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i det indre området.

Risikovurdering for organismer i vannet over sedimentet baserer seg på beregnet konsentrasjon av den enkelte miljøgift i vannmassene som følge av spredningen fra sedimentene og fortykning i vannmassene (det siste beregnet fra totalt vannvolum og oppholdstid av vannet i bassenget over sedimentet). Dette betegnes som PEC (Predicted Environmental Concentration).

I **Tabell 18** er resultatene av disse beregningene vist. Det er kun for pyren og TBT at det er en risiko for skade på organismene i vannmassene. Beregningen av hvor lang tid det tar for å tømme sedimentene for miljøgifter, viste 0,5 år for TBT (**Tabell 11**). Dette er urealistisk kort og det er derfor sannsynlig at risikoen for skade på organismer i vannmassene fra TBT er overestimert.

Tabell 18. Beregnet konsentrasjon (C_{sv}) og beregnet overskridelse av PNEC_w for ulike miljøgifter i vannmassene i det indre området.

Stoff	F _{tot, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, middel} [mg/m ² /år]	F _{org, middel} [mg/m ² /år]	C _{sv} µg/l	PNEC _w µg/l	% overskridelse
Arsen	1,39E+01	1,38E+01	9,30E-02	3,11E-03	0,0680	4,8	-99 %
Bly	1,11E+01	9,50E+00	1,39E+00	2,05E-01	0,0531	2,2	-98 %
Kadmium	2,99E-02	2,57E-02	4,16E-03	1,46E-05	0,0001	0,24	-100 %
Kobber	6,73E+01	6,49E+01	2,00E+00	3,70E-01	0,3263	0,64	-49 %
Krom totalt (III + VI)	2,30E+00	1,95E+00	3,52E-01	2,67E-03	0,0112	3,4	-100 %
Kvikksølv	3,01E-02	2,72E-02	2,76E-03	1,26E-04	0,0001	0,048	-100 %
Nikkel	5,33E+01	5,27E+01	5,18E-01	6,49E-02	0,2594	2,2	-88 %
Sink	3,10E+01	2,70E+01	2,51E+00	1,56E+00	0,1438	2,9	-95 %
Naftalen	2,83E+01	2,81E+01	7,15E-03	1,33E-01	0,1373	2,4	-94 %
Acenaftilen	7,50E-01	7,30E-01	2,46E-04	1,94E-02	0,0036	1,3	-100 %
Acenaften	5,79E+00	5,57E+00	2,73E-03	2,23E-01	0,0272	3,8	-99 %
Fluoren	2,42E+00	2,30E+00	1,59E-03	1,23E-01	0,0112	2,5	-100 %
Fenantren	9,71E+00	8,91E+00	1,16E-02	7,87E-01	0,0435	1,3	-97 %
Antracen	2,15E+00	1,98E+00	3,05E-03	1,67E-01	0,0097	0,11	-91 %
Fluoranten	3,39E+00	2,29E+00	1,71E-02	1,08E+00	0,0112	0,12	-91 %
Pyren	6,48E+00	4,98E+00	1,60E-02	1,49E+00	0,0243	0,023	6 %
Benzo(a)antracen	9,67E-01	4,27E-01	1,17E-02	5,28E-01	0,0021	0,012	-82 %
Krysen	1,46E+00	4,38E-01	9,57E-03	1,01E+00	0,0022	0,07	-97 %
Benzo(b)fluoranten	2,46E+00	5,05E-01	2,40E-02	1,93E+00	0,0026	0,03	-91 %
Benzo(k)fluoranten	6,76E-01	1,39E-01	6,45E-03	5,31E-01	0,0007	0,027	-97 %
Benzo(a)pyren	1,45E+00	2,98E-01	1,45E-02	1,14E+00	0,0015	0,05	-97 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5,90E-01	1,13E-01	1,64E-02	4,60E-01	0,0006	0,002	-68 %
Dibenzo(a,h)antracen	1,18E-01	2,26E-02	2,75E-03	9,27E-02	0,0001	0,03	-100 %
Benzo(ghi)perylene	8,92E-01	1,73E-01	1,10E-02	7,08E-01	0,0009	0,002	-55 %
PCB 28	8,42E-03	3,21E-03	8,81E-06	5,20E-03	0,0000		
PCB 52	2,47E-02	4,71E-03	1,70E-05	2,00E-02	0,0000		
PCB 101	8,27E-03	1,47E-03	3,54E-05	6,77E-03	0,0000		
PCB 118	6,53E-04	1,12E-04	2,65E-05	5,15E-04	0,0000		
PCB 138	9,54E-03	1,60E-03	6,20E-05	7,88E-03	0,0000		
PCB 153	1,80E-03	2,86E-04	1,10E-04	1,41E-03	0,0000		
PCB 180	3,07E-03	4,84E-04	3,80E-05	2,55E-03	0,0000		
Tributyltinn (TBT-ion)	436,86	428,77	0,19	7,90	2,0925	0,0002	996329 %

6.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i det ytre området.

Tabell 19 viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider $PNEC_w$ for 3 metaller; Cu, Ni og Zn, ti av PAH-forbindelsene samt TBT (20 millioner ganger). Sedimentene fra det ytre området utgjør derfor en for høy risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

Tabell 19. Beregnet porevannskonsentrasjon sammenliknet med grenseverdi for økologisk risiko (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra det ytre området.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider $PNEC_w$ med:	
	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	3,94E-03	3,14E-03	ikke målt	ikke målt	4,8	-18,0 %	-34,6 %
Bly	8,78E-04	7,24E-04	ikke målt	ikke målt	2,2	-60,1 %	-67,1 %
Kadmium	1,92E-05	1,46E-05	ikke målt	ikke målt	0,24	-92,0 %	-93,9 %
Kobber	9,14E-03	7,63E-03	ikke målt	ikke målt	0,64	1327,5 %	1092,2 %
Krom totalt (III + VI)	7,07E-04	5,78E-04	ikke målt	ikke målt	3,4	-79,2 %	-83,0 %
Kvikksølv	4,90E-06	3,80E-06	ikke målt	ikke målt	0,048	-89,8 %	-92,1 %
Nikkel	8,42E-03	7,08E-03	ikke målt	ikke målt	2,2	282,7 %	221,9 %
Sink	7,21E-03	5,65E-03	ikke målt	ikke målt	2,9	148,5 %	94,9 %
Naftalen	2,28E-03	1,45E-03	ikke målt	ikke målt	2,4	-5,0 %	-39,6 %
Acenaftilen	6,65E-05	5,33E-05	ikke målt	ikke målt	1,3	-94,9 %	-95,9 %
Acenaften	1,23E-03	7,92E-04	ikke målt	ikke målt	3,8	-67,5 %	-79,2 %
Fluoren	3,99E-04	2,63E-04	ikke målt	ikke målt	2,5	-84,0 %	-89,5 %
Fenantren	1,46E-03	9,53E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	12,0 %	-26,7 %
Antracen	2,67E-04	1,74E-04	ikke målt	ikke målt	0,11	142,8 %	58,2 %
Fluoranten	4,53E-04	3,03E-04	ikke målt	ikke målt	0,12	277,3 %	152,8 %
Pyren	1,22E-03	8,07E-04	ikke målt	ikke målt	0,023	5185,7 %	3408,6 %
Benzo(a)antracen	1,23E-04	8,07E-05	ikke målt	ikke målt	0,012	926,3 %	572,3 %
Krysen	1,30E-04	8,53E-05	ikke målt	ikke målt	0,07	86,1 %	21,8 %
Benzo(b)fluoranten	3,04E-04	2,00E-04	ikke målt	ikke målt	0,03	912,6 %	565,8 %
Benzo(k)fluoranten	6,84E-05	4,62E-05	ikke målt	ikke målt	0,027	153,3 %	71,3 %
Benzo(a)pyren	1,26E-04	8,61E-05	ikke målt	ikke målt	0,05	152,3 %	72,2 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5,79E-05	4,31E-05	ikke målt	ikke målt	0,002	2796,6 %	2052,7 %
Dibenzo(a,h)antracen	1,27E-05	9,23E-06	ikke målt	ikke målt	0,03	-57,8 %	-69,2 %
Benzo(ghi)perylene	9,05E-05	6,42E-05	ikke målt	ikke målt	0,002	4424,2 %	3112,2 %
PCB 28	7,28E-07	4,72E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 52	5,91E-07	4,62E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 101	3,32E-07	2,45E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 118	3,64E-08	2,69E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 138	3,85E-07	2,93E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 153	3,37E-08	2,89E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 180	6,32E-08	5,31E-08	ikke målt	ikke målt			
Sum PCB7	2,17E-06	1,58E-06	ikke målt	ikke målt			
Tributyltinn (TBT-ion)	5,95E-02	4,21E-02	ikke målt	ikke målt	0,0002	28325483,9 %	20041586,7 %

6.4.4 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i det ytre området.

Resultatene av beregningene for økologisk skade i det ytre området er vist i **Tabell 20**. Det er kun TBT som gir en for høy risiko for skade på organismene i vannmassene. Beregningen av hvor lang tid det tar for å tømme sedimentene for miljøgifter, viste 1,1 år for TBT (**Tabell 14**). Dette er urealistisk kort og det er derfor sannsynlig at risikoen for skade på organismer i vannmassene fra TBT er overestimert.

Tabell 20. Beregnet konsentrasjon (C_{sv}) og beregnet overskridelse av PNEC_w for ulike miljøgifter i vannmassene i det ytre området.

Stoff	F _{tot, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	F _{skipnormert, middel} [mg/m ² /år]	F _{org, middel} [mg/m ² /år]	C _{sv} µg/l	PNEC _w µg/l	% overskridelse
Arsen	2,14E+01	2,09E+01	4,47E-01	4,71E-03	0,0594	4,8	-99 %
Bly	7,56E+00	5,04E+00	2,41E+00	1,09E-01	0,0207	2,2	-99 %
Kadmium	1,18E-01	7,74E-02	4,08E-02	4,38E-05	0,0003	0,24	-100 %
Kobber	4,43E+01	4,01E+01	4,00E+00	2,29E-01	0,1225	0,64	-81 %
Krom totalt (III + VI)	4,03E+00	2,53E+00	1,49E+00	3,47E-03	0,0112	3,4	-100 %
Kvikksølv	3,29E-02	2,46E-02	8,16E-03	1,14E-04	0,0001	0,048	-100 %
Nikkel	3,56E+01	3,45E+01	1,08E+00	4,25E-02	0,0987	2,2	-96 %
Sink	3,98E+01	2,93E+01	8,85E+00	1,70E+00	0,1058	2,9	-96 %
Naftalen	9,24E+00	9,20E+00	3,90E-03	4,34E-02	0,0256	2,4	-99 %
Acenaftilen	3,10E-01	3,02E-01	2,64E-04	8,01E-03	0,0008	1,3	-100 %
Acenaften	4,59E+00	4,40E+00	8,87E-03	1,76E-01	0,0122	3,8	-100 %
Fluoren	1,47E+00	1,39E+00	4,78E-03	7,41E-02	0,0039	2,5	-100 %
Fenantren	5,24E+00	4,78E+00	3,83E-02	4,22E-01	0,0134	1,3	-99 %
Antracen	9,55E-01	8,73E-01	8,60E-03	7,36E-02	0,0024	0,11	-98 %
Fluoranten	2,12E+00	1,39E+00	7,63E-02	6,58E-01	0,0041	0,12	-97 %
Pyren	4,89E+00	3,70E+00	8,30E-02	1,11E+00	0,0105	0,023	-54 %
Benzo(a)antracen	8,29E-01	3,39E-01	7,03E-02	4,20E-01	0,0011	0,012	-91 %
Krysen	1,24E+00	3,59E-01	5,90E-02	8,26E-01	0,0012	0,07	-98 %
Benzo(b)fluoranten	4,06E+00	7,82E-01	2,82E-01	3,00E+00	0,0030	0,03	-90 %
Benzo(k)fluoranten	9,39E-01	1,81E-01	6,39E-02	6,94E-01	0,0007	0,027	-97 %
Benzo(a)pyren	1,75E+00	3,37E-01	1,25E-01	1,29E+00	0,0013	0,05	-97 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	9,79E-01	1,58E-01	1,75E-01	6,46E-01	0,0009	0,002	-54 %
Dibenzo(a,h)antracen	2,03E-01	3,37E-02	3,13E-02	1,38E-01	0,0002	0,03	-99 %
Benzo(ghi)perylene	1,31E+00	2,36E-01	1,14E-01	9,64E-01	0,0010	0,002	-51 %
PCB 28	4,80E-03	1,82E-03	3,36E-05	2,95E-03	0,0000		
PCB 52	8,60E-03	1,63E-03	4,04E-05	6,93E-03	0,0000		
PCB 101	4,62E-03	7,99E-04	1,44E-04	3,68E-03	0,0000		
PCB 118	6,49E-04	8,77E-05	1,58E-04	4,03E-04	0,0000		
PCB 138	5,55E-03	8,91E-04	2,61E-04	4,40E-03	0,0000		
PCB 153	7,79E-04	8,78E-05	2,58E-04	4,33E-04	0,0000		
PCB 180	1,04E-03	1,51E-04	9,02E-05	7,96E-04	0,0000		
Tributyltinn (TBT-ion)	152,23	149,38	0,10	2,75	0,4152	0,0002	197618 %

7. Samlet risikovurdering

Risikovurderingens Trinn 1 viste at ingen del av det undersøkte fjordområdet kunne "friskmeldes" fra en nærmere risikovurdering (Trinn 2). Dette gjaldt for området som helhet, og for henholdsvis det indre området og det ytre området alene. Selv om enkelte stasjoner utpekte seg med høyere risiko enn de øvrige i samme delområde, anser vi ikke disse for å representere så klart større risikopunkter (hotspots) at det er aktuelt å begrense eventuelle tiltak til disse alene.

Trinn 2 i risikovurderingen viste at både det indre og ytre området utgjør en risiko for skade på human helse som er for høy til å være akseptabel, først og fremst på grunn av nivåene av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, og TBT, men også på grunn av PCB, de tre PAH forbindelsene benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten og indeno(1,2,3-cd)pyren.

Siden bindingen av PAH-forbindelsene, og til dels TBT, til sedimentet og følgelig også utlekkingen har vist seg å variere mye med lokale sedimentforhold, er det en mulighet for at Trinn 2 er for konservativ og følgelig overestimerer den reelle lokale risikoen. Bly overskred imidlertid også grensen for total livstidsdose slik at risikoen for skade på human helse uansett vil være for høy. Man bør likevel vurdere å gjennomføre direkte analyser av porevannet i et utvalg av sedimentprøvene for å kunne beregne hvor sterk sedimentbindingen er for PAH og TBT, og så rekalkulere risikoen på grunnlag av målingene. Dette er i praksis et Trinn 3 element i risikosystemet.

Trinn 2 viste videre at risikoen for skade på sedimentets økosystem er høyere enn akseptabelt både i det indre og ytre området. Dette skyldes i praksis de stoffene som forårsaket overskridelse i Trinn 1, altså de tre metallene Cu, Ni og Zn, tolv av PAH-forbindelsene, og TBT. Risikoen for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet er derfor for høy.

Beregningene viser at det kun var TBT som overskred grenseverdiene for risiko for skade på organismene i vannmassene i det ytre området, I det indre området var det også en liten overskridelse av pyren i tillegg til TBT.

Også stasjon 14 som ligger utenfor det ytre området hadde forhøyede verdier for kobber, 14 PAH-forbindelser og TBT (**Tabell 3**). Dette viser at risikoen fra sedimentene lengre unna verftsområdet også er høyere enn akseptabelt.

8. Tiltaksvurdering

8.1 aktuelle tiltak i sjø

8.1.1 Mål for tiltakene, akseptkriterier

Risikovurderingen som nå er gjennomført, konkluderer med at sedimentforurensningen utgjør en risiko for skade på økosystemet i sedimentet og på human helse gjennom konsum av lokal sjømat som er høyere enn akseptabelt. Det er også risiko for skade på organismer i vannmassene på grunn av forhøyede konsentrasjoner av TBT og muligens pyren i det indre området. Akseptkriteriene for risiko er satt i følge SFTs risikoveileder (Bakke m.fl. 2007 a). Risikovurderingen bekrefter derved behovet for en tiltaksvurdering.

Det finnes allerede kostholdsråd for området gitt av Mattilsynet. Disse fraråder folk fra å konsumere skjell og krabber i tillegg til fiskelever fanget i hele Karmsundet.

Det finnes et stort antall rapporter fra miljøundersøkelser utført i Karmsundet siden 1970 tallet. Disse har påvist at det finnes flere aktive kilder til utslipp av miljøgifter i Karmsundet. Slike kilder er blant annet kommunale utslipp, Hydro Aluminium A/S Karmøy, skipsverft og slipper. En forutsetning for oppryddingstiltak i sediment er at kilden(e) til forurensning er stanset. Denne undersøkelsen har vist at det er lokalt høy forurensning i sedimentene ved Umoe Karmsund, men at også sedimentene lengre ute ved Fiskå og Husøya er forurenset. Dagens aktivitet ved Umoe Karmsund tilsier at det er liten tilførsel av miljøgifter til sjøen, men at det fortsatt kan være andre aktive kilder i området. Bedriften vil gjennomføre en undersøkelse av miljøgifter på landområdene i 2009 som vil kunne fastslå dette med større sikkerhet.

Ved eventuell planlegging av tiltak i Umoes primære influensområde, må det også avklares om området kan rekontamineres fra de forurensete sedimentene i området utenfor.

Det fins ikke akseptkriterier for spredning av forurenset sediment, men dette må sees i sammenheng med miljømål for området. Ett lokalt mål for området kan for eksempel være at det skal oppnå så god økologisk status som mulig i fremtiden. Akseptkriteriene for eventuelle tiltak kan da være at nivåene av miljøgifter i det bioaktive overflatelaget (øverste 10 cm) av sedimentene etter tiltak, er slik at risikoen for en fluks av miljøgifter til naboombådene ikke skal forverre deres økologiske status, d.v.s sedimentene ved Umoe Karmsund skal ikke være en kilde som forverrer forurensningssituasjonen i naboombådene.

8.1.2 Tiltaksalternativer

Prinsippet om at tiltaksmetoder skal være lokalt tilpasset er viktig. I realiteten er det tre valg det står mellom:

1. Mudring (fjerning av sediment)
2. Tildekking (bruk av tynne eller tykke sjikt av sand eller lignende)
3. Avvente situasjonen og overvåke for å dokumentere at situasjonen bedrer seg ved naturlig overdekking av sediment.

I mange tilfeller kan det være aktuelt å kombinere ulike tiltaksmetoder innenfor ett og samme område ved å dele opp området.

Erfaring viser at man etter mudring som oftest sitter igjen med et løst toppsjikt av restmateriale som kan ha høyere miljøgiftkonsentrasjoner enn de opprinnelige toppsedimentene. Av disse grunnene er det relativt stor enighet i fagmiljøene i dag om at man bør unngå å mudre forurensede sedimenter dersom det ikke er nødvendig for å øke seilingsdyp eller av andre praktiske hensyn. Tildekking er et klart foretrukket alternativ. Hvis mudring anbefales bør akseptkriteriet være at gjennomsnittskonsentrasjonene av miljøgifter i det bioaktive laget, inklusive dette sjiktet, utgjør en akseptabel risiko etter tiltak.

Tildekking med rene masser vil på en rask måte oppfylle akseptkriteriet. En forutsetning er at denne gjøres slik at den tåler erosjon fra skipspropeller, eller at bioturbasjonen fra faunaen som etablerer seg i dekklaget ikke blander opp underliggende masser til høyere nivåer enn at risikoen er akseptabel. En annen forutsetning er at de topografiske forholdene ligger til rette for tildekking. Langs kaiene er bunnen bratt og består i hovedsak av fjell og stein som vanskeliggjør tildekking. Det er imidlertid ikke behov for tiltak områder fritt for sediment. I andre deler av området er imidlertid bunnen relativt flat.

8.1.3 Anbefaling om tiltak

Risikovurderingene for Umoe Karmsund er blitt gjennomført i henhold til Trinn 1 og 2 i SFTs risikoveileder. Resultatene har dermed gitt uttrykk for den potensielle risikoen sedimentene representerer og at tiltak bør gjennomføres hvis man ønsker å redusere risikoen. Bedriften ønsker imidlertid ikke å gjennomføre tiltak på dette nivået uten å ha ført en dialog med myndighetene om deres syn på behov og prioriteringer.

Etter vår mening er kan det være nyttig å gjennomføre elementer i en Trinn 3 risikovurdering før konkrete tiltak vurderes nøyere og tiltaksplan utarbeides. På den måten vil man få et sikrere grunnlag for å bedømme reell risiko og derved behovet for tiltak. Slike undersøkelser kan være:

- Gjennomføring av toksisitetstester for å verifisere at beregningene av risiko for økologiske effekter er reell for sedimentlevende organismer (alle testene foreslått i risikoveilederen) og for organismer i vannmassene (mikroalgetesten på porevann koblet til beregning av fortykning i overliggende vann).
- Direktemålinger av porevannskonsentrasjoner for å verifisere konstanter brukt i risikoverktøyet (stedsspesifikke fordelingskoeffisienter)
- Måle på en kjerne av sedimentene for å se hvor dypt ned det forurensede laget går.
- Gjennomføre strøm og hydrografimålinger for å ett bedre estimatet av oppholdstid av vannmassene og derved også hva sedimentet bidrar med av miljøgiftnivåer i vannet.

8.2 Behov for arealbruksbegrensning

Ved en endring av arealenes bruk som fører til byggeaktiviteter i strandsonen, økte friluftaktiviteter eller økt båttrafikk i området må en ta hensyn til de forurensede sedimentene og muligens gjøre mindre lokale tiltak tilpasset disse endringene. Per i dag er det neppe aktuelt med begrensning i arealbruken, annet enn de allerede foreliggende kostholdsradene for området.

8.3 Behov for overvåking

Hvis det blir aktuelt å gjennomføre tiltak, bør det etableres et miljøkontrollprogram som gjennomføres under og etter tiltaksperioden. Programmet bør ha følgende målsetninger og elementer:

Kontrollere at tiltaksarbeidet selv ikke forårsaker uakseptabel oppvirvling og spredning av forurensede partikler under gjennomføringen.

Anbefalte elementer:

- Løpende logging av partikkelspredning under anlegg samt stikkprøvekontroll på partiklenes miljøgiftinnhold.
- Analyse av miljøgiftinnhold i lokal sjømat før og etter gjennomføringen for å fastslå om den har forårsaket spredning av biotilgjengelige miljøgifter. Fokus bør være på Cu,Pb, Hg, PAH, PCB og TBT.

Verifisere at sedimentforholdene etter gjennomførte tiltak tilfredsstiller kravene gitt i tiltaksplanen mht dekklagstykkelse og miljøgiftnivåer.

Anbefalte elementer:

- Fysisk karakterisering av ”ny” sjøbunn ved bruk av undervannsvideo og/eller sedimentprofilkamera.
- Kjemisk karakterisering av overflatelaget på et tilstrekkelig antall lokaliteter som grunnlag for å fastslå forurensningsgrad i det bioaktive laget og bedømme om miljømålet er oppnådd. Programmet bør omfatte vertikalprofil av utvalgte miljøgifter ned til minimum 20 cm sedimentdyp (f.eks 0-5, 5-10 og 10-20 cm) som grunnlag for å kartlegge nivåer i det nye bioaktive laget.

Oppfølgende overvåking for å følge den langsiktige utviklingen i området.

Anbefalte elementer:

- Sedimentundersøkelse etter anslagsvis 6 år for å bekrefte varigheten av tiltaket. Om kilder er eliminert vil ny sedimentering i stor grad være ren og bare forsterke virkningen av tildekkingen.
- Følge tidsutviklingen av miljøgifter i lokal sjømat ved ny undersøkelse etter 3 år, hvoretter behovet for videre overvåking avklares.
- Alternativt, velges ikke tiltak, må det etableres et program for såkalt ”Overvåket naturlig forbedring” som på statistisk grunnlag kan verifisere utviklingen for området.

Referanser:

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007a. Veileder. Risikovurdering av forurenset sediment. SFT TA 2230/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 65s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007b. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT TA 2229/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 12s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007c. Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering av forurenset sediment og for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT TA 2231/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo 203s.

Haualand E. 2003. Tiltaksplan Karmsund.

http://rogaland.miljostatus.no/dm_documents/Tiltaksplan_Karmsund_NI2-T.pdf 43s.

Knutzen, J., Næs, K. og Rygg, B. 1989. Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelse av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 371/89. (NIVA løpenummer 2284). 75s

Vedlegg A. Rådata kjemianalyser

		St.U2	St.U3	St.U4	St.U5	St.U6	St.U8	St.U10	St.U11	St.U14	St.U15
Tørrstoff	%	61,2	51,9	39,3	42,0	29,7	21,5	20,5	21,7	25,0	34,6
Kornfordeling <63µm	% t.v.	20	25	30	48	56	67	72	62	90	36
Karbon, org. total	µg C/mg TS	25,0	20,8	40,0	41,2	63,6	84,8	83,0	92,5	67,3	46,2
Arsen	µg/g	21	8,6	13	14	16	24	26	17	23	12
Kadmium	µg/g	0,79	0,4	0,6	0,72	1,3	2,1	1,7	2,5	1,0	0,65
Krom	µg/g	105	26,9	44,7	59,7	50,1	75,4	84,8	67,2	59,3	30,6
Kobber	µg/g	302	94,2	815	203	129	223	208	185	172	92,2
Jern	µg/g	53300	10400	17400	22900	18200	30300	33400	27700	26800	14800
Kvikksølv	µg/g	0,51	0,26	0,76	0,50	0,29	0,41	0,33	0,49	0,22	0,066
Mangan	µg/g	71080	147	189	239	197	284	327	253	317	157
Nikkel	µg/g	243	23,2	29,4	70,0	33,0	53,9	54,0	59,6	41,3	17,4
Bly	µg/g	751	56,9	90,3	137	64,7	136	114	134	53,4	22
Sink	µg/g	1030	121	278	302	223	488	526	413	153	171
PCB-28	µg/kg t.v.	0,90	0,71	3,1	0,90	1,3	2,4	0,82	1,7	<0,5	<0,5
PCB-52	µg/kg t.v.	1,5	1,2	7,6	1,0	1,7	2,2	1,2	2,4	0,71	<0,5
PCB-101	µg/kg t.v.	4,7	3,3	13	4,8	5,7	7,7	4,4	9,1	2,9	0,64
PCB-118	µg/kg t.v.	3,8	2,9	8,9	4,0	6,1	8,4	5,0	10	3,3	0,52
PCB-153	µg/kg t.v.	8,4	i	32	9,6	10	14	10	14	i	i
PCB-138	µg/kg t.v.	8,0	5,6	23	8,7	s9,5	14	s9,2	s16	s5,5	s1,3
PCB-180	µg/kg t.v.	4,2	2,6	16	4,3	3,2	4,9	3,7	5,0	1,5	1,6
Sum PCB	µg/kg t.v.	31,5	16,31	103,6	33,3	s37,5	53,6	s34,32	s58,2	si<8,91	si<3,76
Seven Dutch	µg/kg t.v.	31,5	16,31	103,6	33,3	s37,5	53,6	s34,32	s58,2	si<8,91	si<3,76
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	s69	s27	s810	s83	s81	s170	s120	s240	s90	s9,1
Acenaftylen	µg/kg t.v.	s13	s6,0	s24	s14	s8,7	s13	s9,2	s14	s7,0	<2
Acenaften	µg/kg t.v.	s110	s67	s710	s170	s210	460	s300	s620	s250	s17
Fluoren	µg/kg t.v.	74	40	530	110	120	250	170	330	130	16
Dibenzotiofen	µg/kg t.v.	53	21	300	54	55	120	77	160	63	8,2
Fenantren	µg/kg t.v.	820	340	4900	910	970	2100	1300	2700	1100	71
Antracen	µg/kg t.v.	140	71	1500	200	230	470	280	610	250	13
Fluoranten	µg/kg t.v.	2100	780	7300	1900	2000	4100	2800	5300	2500	400
Pyren	µg/kg t.v.	1800	740	6600	1700	2100	4300	3200	5800	2300	230
Benz(a)antracen	µg/kg t.v.	1600	580	4900	1600	1900	3600	2600	5000	2800	130
Chrysen	µg/kg t.v.	1500	550	3700	1300	1600	2900	2300	4200	2100	120
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg t.v.	3900	2100	7100	4700	7600	14000	11000	20000	7600	320
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v.	1100	580	1900	1200	1800	3200	2500	4400	1900	84
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v.	1800	1100	3300	2300	3500	6400	4900	8800	3500	160
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v.	2200	1100	5000	2500	3400	6400	4900	8500	3800	130
Perylen	µg/kg t.v.	510	230	1200	500	660	1200	950	1600	810	78
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg t.v.	2600	1300	5300	3100	5000	9300	7400	11000	5000	150
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg t.v.	400	190	920	550	830	1700	1300	2000	910	24
Benzo(ghi)perylene	µg/kg t.v.	1700	910	3500	2100	3200	5900	4700	7500	3600	140
Sum PAH	µg/kg t.v.	s22489	s10732	s59494	s24991	s35265	s66583	s50806	s88774	s38710	s<2076
Sum PAH16	µg/kg t.v.	s20126	s9381	s54694	s22137	s31050	s58863	s44879	s78214	s34337	s<1830
Sum KPAH	µg/kg t.v.	s13369	s6427	s29630	s15033	s22211	s41270	s32120	s55340	s24200	s967
Monobutyltinn	µg MBT/kg	92	480	2200	1300	580	580	560	680	360	130
Dibutyltinn	µg/kg t.v.	350	690	3700	2000	910	910	830	990	450	220
Tributyltinn	µg/kg t.v.	7100s	1400	10000s	4000	5300	2300	3700	3700	1800	490
Monophenyltinn	µg/kg t.v.	3,6	30	250	26	24	24	27	4,2	4,2	<1
Diphenyltinn	µg/kg t.v.	2,0	3,6	41	4,6	<1	<1	<1	1,4	<1	<1
Triphenyltinn	µg/kg t.v.	6,6	16	1400	100	24	14	16	22	3,9	3,0

SUM PCB er summen av polyklorerte bifenyler som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polyklorerte bifenyler 28,52,101,118,138,153 og 180.

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no