

Risiko og tiltaksvurdering av sedimenter i sjø utenfor tidligere Hurum fabrikker basert på data fra 2012



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Risiko og tiltaksvurdering av sedimenter i sjø utenfor tidligere Hurum fabrikker basert på data fra 2012	Løpenr. (for bestilling) 6473-2013	Dato 29. januar 2013
	Prosjektnr. Undemr. O-12332	Sider Pris 86
Forfatter(e) John Arthur Berge Jarle Håvardstun	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hurum Holding AS	Oppdragsreferanse Yngve R. Iversen
--------------------------------------	---------------------------------------

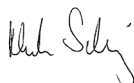
Sammendrag:

I forbindelse med et pålegg fra Klif er det gjennomført en vurdering av den miljørisikoen som sedimentene utenfor tidligere Hurum fabrikker representerer. Vurderingen er gjennomført på basis av kjemiske analyser av sedimentene innsamlet i 2012 og bruk av Klifs veileder (TA-2802/2011). Hovedkonklusjonen er at sedimentforurensningen i alle de fire undersøkte sjøområdene utgjør en uakseptabel risiko for skade på økosystemet og på human helse. Det var særlig enkelte PAH-forbindelser og PCB som ble beregnet å representere en risiko for human helse gjennom inntak av lokal sjømat. Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet var først og fremst knyttet til forekomst av kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT. Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene var i hovedsak kun knyttet til forekomst av TBT (svak overskridelse for kobber i ett delområde). PCB er ikke vurdert i forbindelse med risiko for økologiske skader. Gjennomførte giftighetstester bekreftet ikke estimert risiko for økologiske skader. Sedimentkonsentrasjonen av PCB var klart høyere i 2012 enn i 2007. Økningen kan tyde på at en ikke har kildekontroll. Vellykket gjennomføring av tiltak rettet mot forurensede sedimenter forutsetter kildekontroll. Uansett tiltak bør akseptkriteriet være at gjennomsnittskonsentrasjonene av miljøgifter i det bioaktive laget utgjør en akseptabel risiko etter tiltak. Tildekking med rene masser vil på en rask måte oppfylle akseptkriteriet, men andre tiltak kan også være aktuelle.

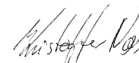
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Miljøgifter 2. Risikovurdering 3. Sedimenter 4. PCB 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminants 2. Risk assessment 3. Sediments 4. PCB
--	--



John Arthur Berge
Prosjektleder



Morten Schaanning
Forskningsleder
ISBN 978-82-577-6208-7



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

**Risiko og tiltaksvurdering av sedimenter i sjø
utenfor tidligere Hurum fabrikker basert på data fra
2012**

Forord

Det er tidligere gjort flere miljøundersøkelser i sjøen utenfor tidligere Hurum papirfabrikker. Basert på de tidligere undersøkelsene ble det i 2011 foretatt en risikovurdering knyttet til påviste forekomster av miljøgifter i området. Hurum Holding AS har imidlertid i brev av 30. januar 2012 mottatt varsel fra Klif om at det er behov for å gjøre ytterligere kartlegging av miljøgifter i sedimenter utenfor fabrikkområdet og gjennomføre en ny risikovurdering. Varselet innebar at det skulle gjennomføres en risikovurdering i henhold til Trinn 1 og eventuelt Trinn 2 i Klifs reviderte risikoveileder (Veileder for risikovurdering av forurenset sediment, TA nummer 2802/2011). På oppfordring av Hurum Holding AS laget NIVA et tilbud (datert 7. juni 2012) på en slik risikovurdering. Tilbudet ble akseptert av Hurum Holding AS i form av en bestilling på oppdraget datert 1. oktober 2012.

I denne rapporten presenteres resultatene av risikovurderingen. Yngve R. Iversen har vært kontaktperson hos Hurum Holding AS i oppdragsperioden. John Arthur Berge har vært prosjektleder hos NIVA og hatt kontakt mot oppdragsgiver. De kjemiske analysene av sedimentene er gjennomført av Eurofins. Giftighetstestene er gjennomført på NIVA av Harald Heiaas og Adam Lillicrap. Rapporten er skrevet av Jarle Håvardstun og John Arthur Berge.

Oslo, 29. januar 2013

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Bakgrunn	8
2. Materiale og metoder	10
2.1.1 Kjemiske analyser	14
3. Resultater	15
3.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sedimenter	15
4. Risikovurdering av sedimenter	19
4.1 Risikovurdering Trinn 1	19
5. Risikovurdering Trinn 2	24
5.1 Lokal informasjon	25
5.2 Risikovurdering for spredning av sediment	30
5.3 Risiko for human helse	40
5.4 Risiko for økologisk skade	50
5.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet	50
5.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene	54
5.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer grunnet oljeforbindelser	59
6. Samlet vurdering	62
7. Tiltaksvurdering	65
7.1 Aktuelle tiltak i sjø	65
7.1.1 Mål for tiltakene, akseptkriterier	65
7.1.2 Tiltaksalternativer	65
7.1.3 Anbefaling om tiltak	66
8. Referanser	67
Vedlegg A. Analyseresultater	68
Vedlegg B. Resultater fra tester av giftighet av sediment på alge (Skeletonema costatum)	80
Vedlegg C. Resultater fra tester av giftighet av sediment på krepsdyr (Tisbe)	85

Sammendrag

I forbindelse med et pålegg fra Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) ønsket Hurum Holding AS å få gjennomført en risikovurdering av miljøgiftene i sedimentene utenfor tidligere Hurum fabrikk iht. Klifs veileder TA-2802/2011. En slik vurdering av sedimenter har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene eventuelt utgjør slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. Trinn 1 og Trinn 2 i veilederen er gjennomført på basis av resultater fra undersøkelser av sedimentene gjennomført i 2012.

Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og antatt 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. I Trinn 2 av risikovurderingen beregnes forventet fluks av de ulike miljøgiftene til overliggende vann via diffusjon påvirket av bioturbasjon, oppvirvling fra skipstrafikk og transport gjennom næringskjeden. Resultatet av beregningene sammenliknes med grenseverdier for økologiske effekter i sediment, porevann, vannmassene over sedimentet og grenseverdier for inntak av miljøgiftene hos mennesker, primært gjennom konsum av fisk og skalldyr. Til beregningene benyttes relevante konstanter og parameterverdier som kan være stedspecifikke eller basert på sjablongverdier.

Risikovurderingen omfatter arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), polysykliske aromatiske hydrokraboner (PAH16), polyklorerte bifenyler (PCB7) og tributyltinn (TBT) analysert på sediment fra 18 stasjoner. Riskovurderingen ble gjennomført separat for 4 delområder som til sammen utgjorde et sjøareal på 347400 m²

Sediment fra fire stasjoner ble også analysert for olje (C10-C40). Oljeforbindelser inngår ikke i risikoveilederen og resultatene for olje er derfor vurdert ut fra en generell betraktning av hvilke verdier som antas ikke å gi skade på organismer i sediment.

Det ble også samlet inn sediment for testing av inhibering av vekst hos en planktonalge (*Skeletonema costatum*) og dødelighet hos et bentisk krepsdyr (*Tisbe battagliai*). For begge organismer ble testene gjennomført på uttrekk av porevann fra to sedimentprøver fra henholdsvis sjøområde dypere enn 20 m og grunnere enn 20 m.

Resultatene viser at det i all de fire undersøkte delområdene ble observert nivå av enkelte miljøgifter som tilsvarer tilstandsklasse III eller høyere, dvs. at det er muligheter for at toksiske effekter kan forekomme på bunnfauna. For metallene var det kobber som viste de høyeste tilstandsklasser. Det var også en enkeltverdi av sink i tilstandsklasse III. To stasjoner (Hur 1 og Hur 8) skilte seg ut med så høye konsentrasjoner av PCB₇ (tilstandsklasse V og IV) at omfattende akutt toksiske effekter ved korttidseksposering kunne forventes. For PAH var det på alle stasjoner enkeltforbindelser med konsentrasjonsnivåer som tilsvarte tilstandsklasse III, eller høyere. For TBT (tributyltinn) var det stasjoner med nivåer i tilstandsklasse III (forvaltningsmessig grenseverdi, se TA 2229/2007) eller høyere i alle de fire undersøkte delområdene.

Kravene i risikoveilederen sammen med resultatene fra sedimentanalysene tilsa at ingen av de 4 delområdene kunne «friskmeldes» og det var derfor nødvendig å gå videre med en Trinn 2 vurdering av sedimentene.

Enkelte stasjoner («hotspots») hadde klart høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn andre. For kobber og PCB gjaldt dette for to stasjoner (Hur 1 og Hur 6). For benzo (a) pyren og pyren gjaldt dette særlig en stasjon (Ny3). For benzo(ghi)perylene ble det observert relativt høye konsentrasjoner på alle stasjoner. Såkalte hotspots ble observert i alle områder med unntak av område IV.

Miljøgiftene i sedimentet i alle 4 områder ble beregnet å utgjøre en risiko for human helse. Det var særlig enkelte PAH-forbindelser og PCB som ble beregnet å representere en risiko gjennom inntak av fisk og skalldyr fra området.

Det ble for alle fire områder beregnet at det var risiko for økologisk skade på organismer som vedvarende er i direkte kontakt med sedimentet. Risikoen synes først og fremst å være knyttet til forekomst av kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT, men også innholdet av tyngre oljeforbindelser var høyere enn det som anses som grenseverdi for skade.

Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene var i hovedsak kun knyttet til forekomst av TBT, men ble observert for alle fire områder. For kobber ble det også observert en svak overskridelse i område II.

Ingen av giftighetstestene viste negativ effekt, selv med ufortynnet porevann og bekreftet dermed ikke estimert risiko for økologiske skader

For å se på eventuelle tidstrender ble det gjort en sammenligning av sediment konsentrasjoner av PCB observert i 2000, 2007 og 2012. De fleste stasjoner viser høyere verdier i 2012 enn i 2007, mens en stasjon viser noe lavere. I gjennomsnitt var imidlertid konsentrasjonen klart høyere i 2012 (648 µg/kg t.v.) enn i 2007 (94 µg/kg t.v.) og konsentrasjonsnivået i 2012 var på gjennomsnittsbasis nær det en observert i 2000 (502 µg/kg t.v.) før tiltak mot utslipp på land var ferdigstilt. Resultatene kan tyde på at en har hatt en tilførsel av PCB i perioden mellom 2007 og 2012 og dermed ikke full kildekontroll.

Beregningene gjort i forbindelse med risikovurderingen antyder at det er behov for en tiltaksvurdering. Første prioritet må imidlertid være å få kontroll på mulige kilder. Når tilnærmet kildekontroll er oppnådd kan det være aktuelt å gjennomføre tiltak i sjø.

Resultatene viser at hele sjøområdet utgjør en risiko, det er derfor vanskelig å skille ut delområder som formelt sett ikke er aktuelle for tiltak. Ut fra analysene i sediment var imidlertid et av områdene (område IV) mindre aktuelt. Ved gjennomføring av eventuelle tiltak bør en i første omgang konsentrere seg om området rundt hotspot-stasjonene med de høyeste konsentrasjonene av PAH, PCB og metaller. Tildekking med rene masser vil på en rask måte oppfylle akseptkriteriet. En forutsetning er at dette gjøres slik at tildekkingslaget tåler erosjon fra skipspropeller, og er tykt nok til 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.

Før man beslutter gjennomføring av tiltak kan det være et alternativ å gjennomføre Trinn 3 i risikovurderingen. Dette vil gi en mer pålitelig og bedre lokalt forankret vurdering som kan sikre at man ikke gjennomfører tiltak som er unødvendige.

Summary

Title: Risk assessment and possible needs for action related to contaminated sediments in the sea outside a former industrial site at Hurum in the Oslo Fjord, S Norway based on data from 2012.

Year: 2013

Author: John Arthur Berge and Jarle Håvardstun.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No. 978-82-577-6208-7

In connection with a requirement from the Climate and Pollution Control Directorate (KLIF) in Norway an environmental risk assessment was conducted related to contaminated sediments in the sea outside an industrial site where paper were formerly produced.

The assessment was conducted on the basis of data from an investigation conducted in 2012. The risk assessment was carried out according to KLIF's manual no. TA-2802/2011.

The risk assessment include metals (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and tributyltin (TBT), analyzed in sediment from 18 stations. Four of the stations were also analyzed for oil (C10-C40). The risk assessment was performed separately for 4 different subareas that together involve 347400 m² of the seafloor outside the factory.

A growth inhibition test using the planktonic alga *Skeletonema costatum* and a mortality test using the copepod *Tisbe battagliai* were also performed. Both tests were run on porewater extracted from 2 sediment samples (bottom area <20 m, bottom area > 20 m).

The main conclusion is that the contaminants in the sediment pose a risk of damage to the ecosystem, both in the sediment and in the seawater above in all four areas that is higher than acceptable. The contaminants also pose a risk to human health through the consumption of contaminated local seafood that is higher than acceptable.

None of the performed toxicity tests showed any negative effects, not even when undiluted porewater was tested. This indicates that the calculations on the risk of damage to the ecosystem in sediment and water are overestimated.

Previous investigation in the area suggests that the pollution comes from sources on land. In 2000 measures were taken to prevent further leakage from land. Investigations carried out after this action concluded, on the basis of relatively low levels of hazardous chemicals in both cod and mussels, that here was no need for further action and sediment analysis in 2007 also indicated that discharge of contaminants to the sea area had ceased. The results from 2012 do however indicate that the PCB-concentration in the sediments has increased compared to the level in 2007 and is generally near level observed in 2000. The results indicate that there has been a new entry of PCB to the sediment between 2007 and 2012. It thus seems that the PCB source is not fully secured and is still responsible for entry of PCB to the sediments.

The results of the risk assessment indicate that an evaluation of possible measures to reduce the risk for damage to the ecosystem and human health is needed. It is also an option to perform more site specific tests/investigations (level 3 in order to reveal to what degree the calculation performed in the risk assessment reflect the real situation (level 3 assessment according to Klif's document TA 2229/2007).

It is however essential that the source of the contaminants is controlled before any direct action on the seafloor are started.

1. Bakgrunn

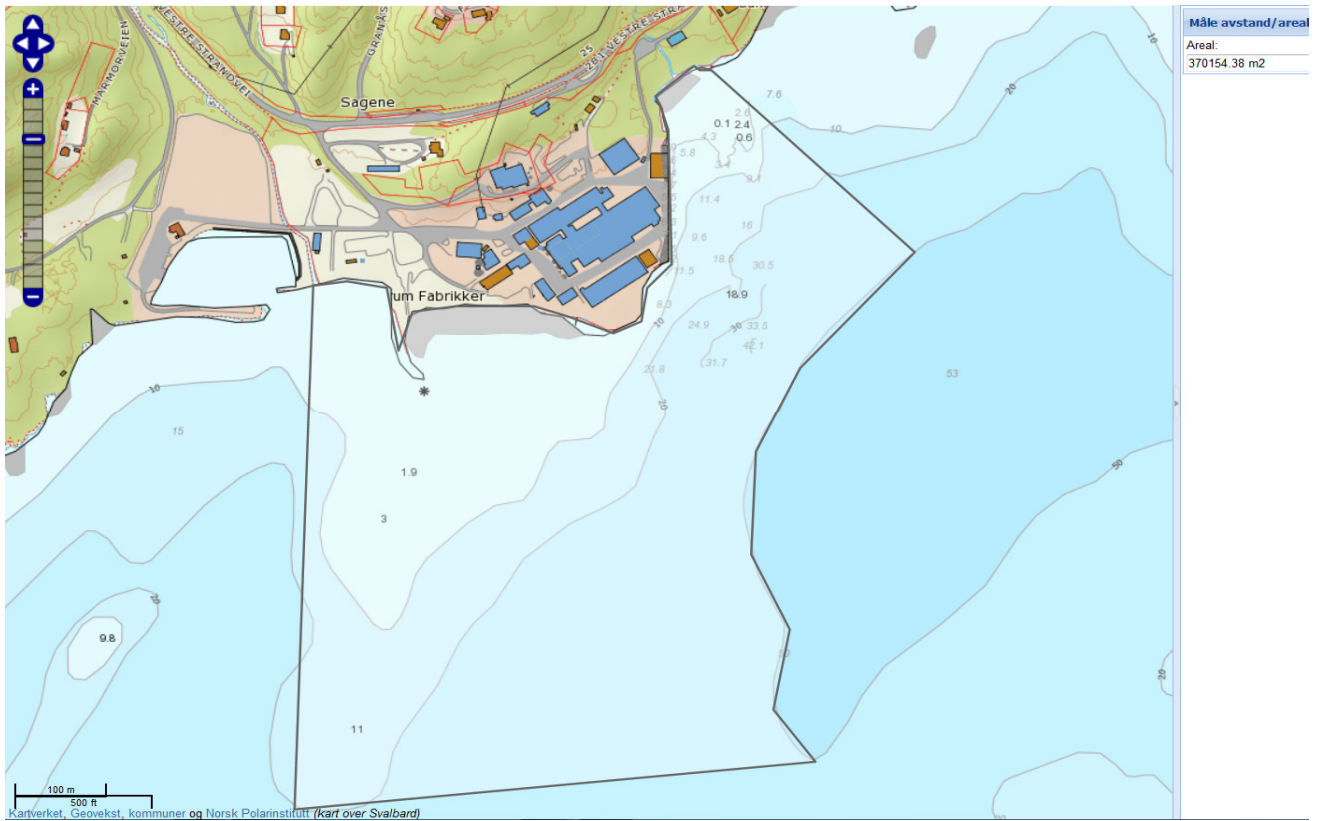
Hurum Holding AS er eiere av industriområdet som tidligere var en del av Hurum Papirfabrikk. Deler av området ønskes omdisponert til boligformål.

Det er tidligere gjort flere miljøundersøkelser i sjøen utenfor tidligere Hurum papirfabrikk (Berge og Berglind, 1999, 2000, Berge, 2000, 2008). Basert på tidligere undersøkelser ble det i 2011 foretatt en risikovurdering knyttet til påviste forekomster av miljøgifter i området (Håvardstun og Berge, 2011). Hurum Holding har imidlertid mottatt varsel fra Klif om at det er behov for å gjøre ytterligere kartlegging av miljøgifter i sedimenter utenfor fabrikkområdet og gjennomføre en ny risikovurdering. Begrunnelsen for en ny undersøkelse var blant annet at det i risikovurdering gjennomført i 2011 ble benyttet data fra tidligere undersøkelser som av Klif ikke ble ansett som fullt ut dekkende for problemstillingen slik den fremstod i 2012. Klif anså dermed at planene for utviklingen av området krevde nye sedimentprøver ettersom arealet de gamle prøvene dekket ikke var stort nok, og at bygging av småbåthavn og anleggelse av badeplasser også krever flere stasjoner.

Varselet innebar at det skulle gjennomføres en risikovurdering i henhold til Trinn 1 og eventuelt Trinn 2 i Klifs reviderte risikoveileder (Veileder for risikovurdering av forurenset sediment, TA nummer 2802/2011). Trinn 2 skulle gjennomføres dersom grenseverdiene i Trinn 1 overskrides.

I dette dokumentet presenteres resultatene av risikovurderingene som er basert på analyser og giftighetstester på sedimentprøver innsamlet i 2012. Området som er ment dekket i risikovurderingen ses i Figur 1.

Oljeforbindelser inngår ikke i risikoveilederen og resultatene for olje er derfor vurdert ut fra en generell betraktning av hvilke verdier som antas ikke å gi skade på organismer i sediment.



Figur 1. Kart som viser totalområdet som inngår i risikovurderingen.

2. Materiale og metoder

Innsamling av sedimentene ble foretatt 23 og 24. oktober 2012. Til innsamlingen ble det benyttet en aluminiumsbåt (Buster L) utstyrt med et motorisert spill for utsetting og opphaling av grabb for sedimentprøvetaking. Prøvetakingen ble foretatt på i alt 18 stasjoner (se **Tabell 2** og **Tabell 3** for stasjonskoordinater og beskrivelse av innsamlet sediment) med en 0,027 m² van Veen grabb. Syv av stasjonene (HUR 1, HUR 3, HUR 5, HUR 6, HUR 8, HUR 13, HUR 14) er det tatt prøver av tidligere, mens de resterende 11 (Ny 1 – Ny11) (se **Figur 2**) ikke tidligere er undersøkt og ble valgt for dekke et større område og for å tilfredsstille kravene i risikoveilederen. Stasjonene som er prøvetatt er ment å dekke 4 delområder (se **Figur 3**). Stasjoner som representerer hvert delområde er markert med ulik farge i **Figur 2**.

Overflatesediment (ca. 0-2 cm) ble analysert på alle stasjoner ved at sediment ble tatt ut med skje fra de to lukene i toppen av grabben. På de fleste stasjonene ble det til tatt ut sediment fra 4 parallelle grabbprøver (**Tabell 2**). Topplaget (0-2 cm) fra de 4 parallelle prøvene ble slått sammen til en blandprøve for kjemiske analyser.

Det ble også samlet inn sediment for testing av eventuell inhibering av vekst hos en planktonalge (*Skeletonema costatum*) eksponert i 72 timer i porevann fra det innsamlede sedimentet (ISO 10253: Water quality – Marine growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricorutum*, se vedlegg B). Sedimentet ble også benyttet til å gjennomføre en dødelighetstest over 48 timer (ISO/DIS 14669 Water-Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)) med et bentisk krepsdyr (*Tisbe battagliai*). Se vedlegg C.

For begge organismer ble testene gjennomført på uttrekk av porevann fra to sedimentprøver fra henholdsvis sjøområde dypere enn 20 m (>20 m) og grunnere enn 20 m (<20 m). Hver av de to sedimentprøvene bestod av sediment fra flere stasjoner (**Tabell 1**).

Tabell 1. Stasjoner benyttet til innsamling av sediment til giftighetstester

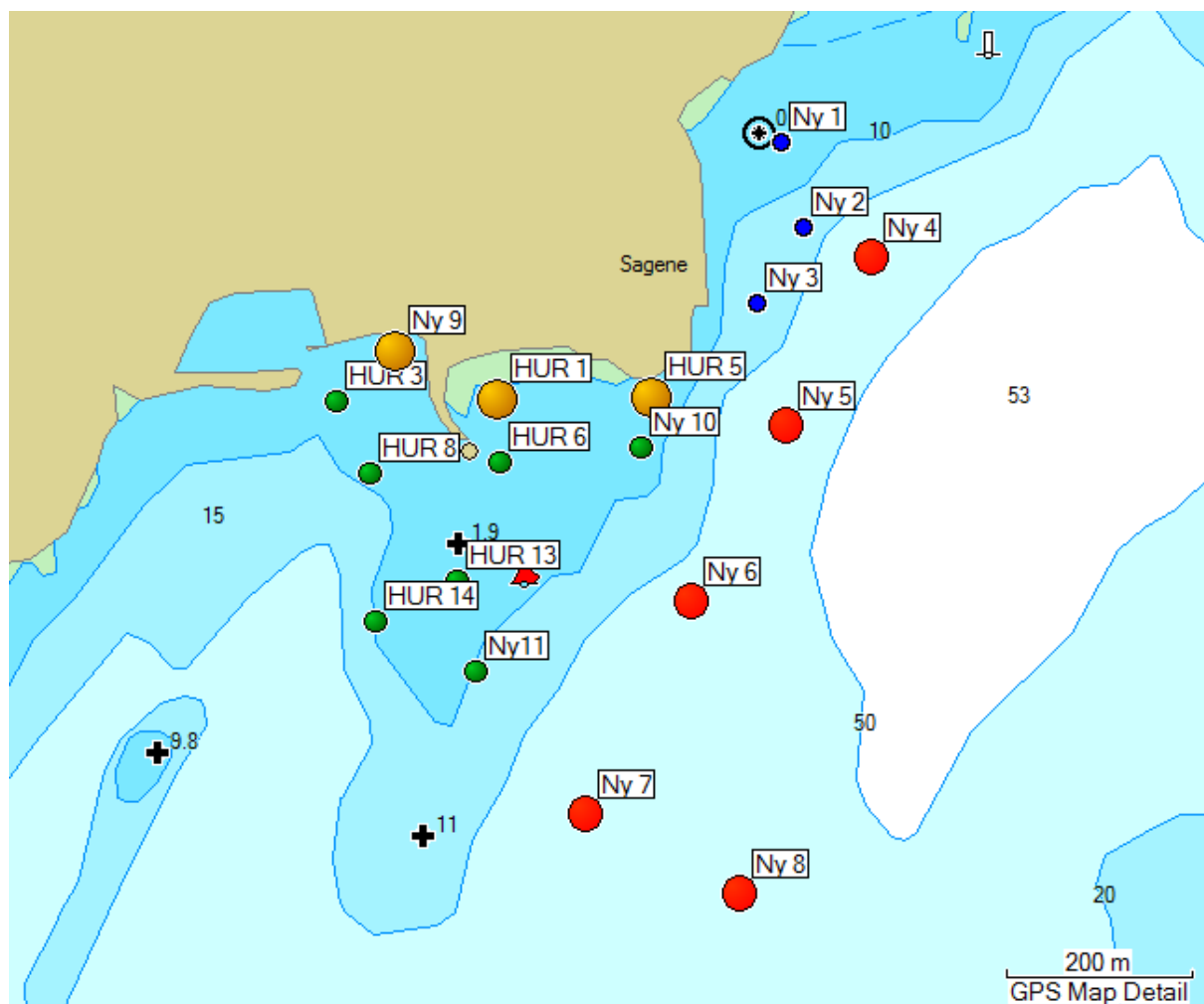
Område	Stasjoner hvor det ble samlet sediment til de to samleprøvene som skulle giftighetstestes
dyp <20 m	Ny3, Ny10, Hur1, Hur8, Hur 14
dyp>20 m	Ny4, Ny5, Ny6, Ny7, Ny 8

Tabell 2. Stasjoner for innsamling av sediment.

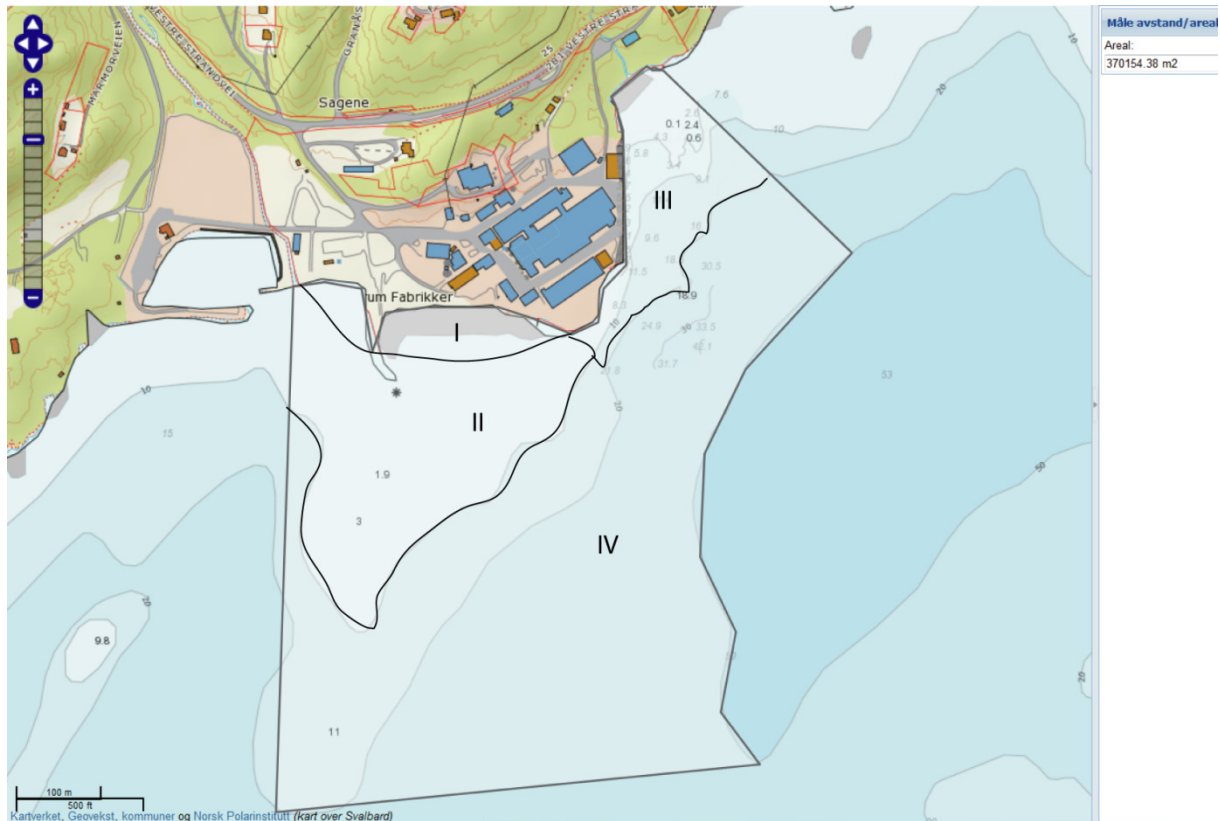
Stasjonsnavn	Posisjon	Målt dyp i 2012 (m)	Antall grabber
HUR 1	N59 31.901 E10 32.015	3	4
HUR 3	N59 31.900 E10 31.832	10	4
HUR 5	N59 31.902 E10 32.191	5,2-7,6	4
HUR 6	N59 31.865 E10 32.020	6	4
HUR 8	N59 31.858 E10 31.871	12	4
HUR 13	N59 31.795 E10 31.971	5-8 m	2
HUR 14	N59 31.772 E10 31.876	13,6 (grabb 2 og 3), 8,5 m (grabb 1)	3
Ny 1	N59 32.051 E10 32.339	5	4
Ny 2	N59 32.001 E10 32.365	17	4
Ny 3	N59 31.957 E10 32.312	19	4
Ny 4	N59 31.984 E10 32.443	32	4
Ny 5	N59 31.886 E10 32.346	37	4
Ny 6	N59 31.783 E10 32.237	42	4
Ny 7	N59 31.659 E10 32.116	49	4
Ny 8	N59 31.613 E10 32.293	47	4
Ny 9	N59 31.929 E10 31.897	4	4
Ny 10	N59 31.873 E10 32.180	8	4
Ny11	N59 31.743 E10 31.992	11,8	2

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse

Stasjonsnavn	Sedimentbeskrivelse	Farge
HUR 1	Sandig med fiber, planterester, ålegress	Gråsvart
HUR 3	Siltaktig bløtt sediment.	Topplag til dels brunt, sort sediment lenger ned
HUR 5	Sandig sediment	Gråsort
HUR 6	Relativt fast sediment med skjellrester	Gråsort
HUR 8	Siltaktig bløtt sediment.	Til dels brunt topplag, ellers gråsort
HUR 13	Skjellsand (mye fjell og stein)	
HUR 14	Sandig sediment	Mørkt grått
Ny 1	Sand med skjellrester	Brun grått
Ny 2	Bløtt sediment (siltaktig)	Gråsort
Ny 3	Bløtt sediment (siltaktig)	Brungrønnt topplag, gråsort lenger ned
Ny 4	Fin sand	Gråsort med grønnskjær
Ny 5	Siltaktig bløtt sediment.	Brun overflate, mørke grått lenger ned
Ny 6	Siltaktig bløtt sediment.	Brun overflate, mørke grått lenger ned
Ny 7	Siltaktig bløtt sediment.	Mørke grått sediment
Ny 8	Siltaktig bløtt sediment.	Mørke grått sediment
Ny 9	Sand	Brun
Ny 10	Bløtt sediment (siltaktig)	Grabb 1 og 2 Sort sediment med gråsort topplag. Grabbe 3 og 4 grått sediment med grønnskjær
Ny11	Sandig sediment (en del fjell, trolig lommer med sediment)	Gråbrunt



Figur 2. Sedimentstasjoner i 2012.



Figur 3. Delområder av risikovurderingsarealet.

Veilederen angir ulike krav til antall prøver etter areal og dybde i de ulike områdene. Areal og antall prøver som ble innsamlet i hvert delområde ses i **Tabell 4**.

Tabell 4. Antall prøver ble innsamlet i de ulike delområdene.

Område	Areal (m ²)	Antall prøver	Risikoveilederens krav
I	18000	3	min 3 prøver (areal < 30.000m ²)
II	83400	7	1 prøve pr 10.000m ² (<20m)
III	34000	3	1 prøve pr. 10.000m ² (<20m) 1 prøve pr. 40.000m ² (>20 m)
IV	212000	5	1 prøve pr. 40.000m ² (>20 m)
Sum	347400	18	

2.1.1 Kjemiske analyser

Alle prøver ble analysert for arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH16). Polyklorerte bifenyler (PCB7), tributyltinn (TBT), total mengde organisk karbon (TOC), prosent tørrstoff (Ts %) og andel av sedimentet med en partikkelstørrelse mindre enn henholdsvis 2 og 63 µm (fraksjon <2µ, Korn<63µ). Fire av prøvene (Ny 10, HUR 1, HUR 6 og HUR 5) ble også analysert for olje (C10-C40). Anvendte analysemetoder går frem av kapittel 8. Vedlegg A.

3. Resultater

Resultatet av de kjemiske analysene av sediment ses i kapitel 8. Vedlegg A. Resultatet av giftighetstester med alger og krepsdyr finnes henholdsvis kapittel 8 vedlegg B og C.

Giftighetstestene med alge (*Skeletonema costatum*) og krepsdyr (Tisbe) viste at porevann fra sediment fra områder både dypere og grunnere enn 20 m ikke ga noen negative effekter. Dette indikerer at ingen av de analyserte miljøgiftene, heller ikke andre mulige miljøgifter eller kombinasjonen av stoffer er akutt giftige overfor disse testorganismene.

3.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sedimenter

Tidligere er miljøgiftinnholdet i sedimentene fra Hurum klassifisert etter Klifs tidligere klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997) som i hovedsak var statistisk basert. Dette klassifiseringssystemet er imidlertid nå revidert og miljøgiftinnholdet i sedimentene er klassifisert etter Klifs reviderte system (Bakke m.fl. 2007b – Klif TA-2229/2007). Det reviderte klassifiseringssystemet er basert på toksisitet av stoffene, dvs. at kronisk eksponering mot sedimenter i en høyere tilstandsklasse medfører en forventet økende grad av skade på organismsamfunn.

Kriteriene for fastlegging av klassegrensene er basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder og risikovurdering av kjemikalier i EU (Bakke m.fl. 2007c). For hver tilstandsklasse og miljøgift er det angitt en fargekode og romertall fra I til V som viser hvilken klasse sedimentene tilhører. Høyere verdi angir dårligere tilstandsklasse. Grenseverdiene for de aktuelle miljøgiftene i denne undersøkelsen er vist i **Tabell 5**.

Tilstandsklasse II betyr at ingen toksiske effekter kan påregnes. Tilstandsklasse III antyder at effekter ved langtidseksponering kan forekomme. Tilstandsklasse IV betyr at toksiske effekter ved korttidseksponering kan forekomme og tilstandsklasse V betyr at omfattende akutt-toksiske effekter kan forekomme.

Innholdet av miljøgifter i sedimentprøvene fra nærområdet til Hurum fabrikker er klassifisert etter dette systemet og resultatene er vist i **Tabell 6**. Bytte av klassifiseringssystem kan medføre at det ikke er samsvar mellom tidligere klassifiseringer (Berge 2008) og klassifiseringer gjort i denne rapporten ettersom grenseverdiene for de fleste forbindelser er endret i den nye veilederen.

Tabell 5. Utdrag av Klif's system med grenseverdier for klassifisering av miljøtilstand i sedimenter (Bakke m.fl. 2007b).

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Naftalen (µg/kg)	<2	2- 290	290 - 1000	1000 - 2000	> 2000
Acenaftilen (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	> 850
Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4 - 160	160 - 360	360 - 3600	> 3600
Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	> 5100
Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	> 2300
Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	> 1000
Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	> 2600
Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	> 5600
Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	> 900
Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	> 560
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	> 4900
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	> 4800
Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	> 4200
Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	> 700
Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	> 12000
Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	> 310
PAH16 ¹⁾ (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
PCB7 ²⁾ (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	> 1900
Heksaklorbenzen (HCB) (µg/kg)	0,5	0,5 - 17	17 - 61	61 - 610	> 610
Pentaklorbenzen (µg/kg)		<400	400-800	800-4000	> 4000

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

Tabell 6. Klassifisering av miljøtilstand i sedimentene fra sjøområdet ved Hurum papirfabrikk. Romertall og farge i tabellen tilsvarer Klifis tilstandsklasser for forurenset sediment (nivåer i blått og grønt er ikke giftige). Det er ikke utarbeidet tilstandsklasser for enkeltforbindelser av PCB, bare for sum PCB₇. I tabellen er de organiske forbindelsene oppgitt med enheten µg/kg t.v. sediment.

	Omr. I					Omr. II					Omr. III					Omr. IV				
	Hur 1	Hur 5	Ny 9	Hur 3	Hur 6	Hur 8	Hur 13	Hur 14	Ny 10	Ny 11	Ny 1	Ny 2	Ny 3	Ny 4	Ny 5	Ny 6	Ny 7	Ny 8		
Arsen (mg/kg t.v.)	6,7 (I)	8,8 (I)	3,8 (I)	7,3 (I)	4,7 (I)	9,9 (I)	4,7 (I)	5,8 (I)	4,7 (I)	2,2 (I)	3,2 (I)	13 (I)	12 (I)	6,3 (I)	13 (I)	12 (I)	6,2 (I)	4,8 (I)		
Bly (mg/kg t.v.)	69 (II)	66 (II)	1,1 (I)	21 (I)	79 (II)	34 (II)	6,8 (I)	15 (I)	23 (I)	9,6 (I)	5,3 (I)	64 (II)	65 (II)	22 (I)	42 (II)	35 (II)	22 (I)	18 (I)		
Kadmium (mg/kg t.v.)	0,73 (II)	1,1 (II)	0,048 (I)	0,37 (II)	0,78 (II)	0,037 (I)	0,037 (I)	0,27 (II)	0,97 (II)	0,041 (I)	0,048 (I)	1,9 (II)	1,4 (II)	0,33 (II)	0,92 (II)	0,46 (II)	0,13 (I)	0,054 (I)		
Kobber (mg/kg t.v.)	190 (IV)	69 (III)	8,9 (I)	38 (II)	280 (V)	42 (II)	3,3 (I)	15 (I)	27 (I)	5,4 (I)	4,6 (I)	63 (IV)	73 (IV)	17 (I)	45 (II)	32 (I)	16 (I)	12 (I)		
Krom totalt (III + VI) (mg/kg t.v.)	45 (I)	35 (I)	10 (I)	16 (I)	23 (I)	28 (I)	11 (I)	16 (I)	24 (I)	9,2 (I)	8,5 (I)	48 (I)	46 (I)	20 (I)	41 (I)	30 (I)	20 (I)	17 (I)		
Kvikksølv (mg/kg t.v.)	0,135 (I)	0,13 (I)	0,009 (I)	0,034 (I)	0,071 (I)	0,078 (I)	0,009 (I)	0,052 (I)	0,091 (I)	0,018 (I)	0,012 (I)	0,24 (II)	0,256 (II)	0,064 (I)	0,195 (II)	0,168 (II)	0,091 (I)	0,059 (I)		
Nikkel (mg/kg t.v.)	26 (I)	19 (I)	9,6 (I)	14 (I)	14 (I)	19 (I)	7,4 (I)	10 (I)	15 (I)	6,4 (I)	6,7 (I)	22 (I)	22 (I)	8,3 (I)	17 (I)	14 (I)	13 (I)	13 (I)		
Sink (mg/kg t.v.)	400 (III)	310 (III)	53 (I)	110 (I)	140 (I)	29 (I)	58 (I)	58 (I)	110 (I)	34 (I)	27 (I)	220 (II)	280 (II)	58 (I)	130 (I)	92 (I)	61 (I)	51 (I)		
Naftalen	52 (II)	180 (II)	5 (II)	12 (II)	27 (II)	1,1 (II)	5 (II)	12 (II)	21 (II)	5 (II)	5 (II)	48 (II)	120 (II)	30 (II)	31 (II)	33 (II)	17 (II)	5 (II)		
Acenafylen	5 (II)	10 (II)	5 (II)	28 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	14 (II)	25 (II)	10 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)		
Acenafthen	24 (II)	62 (II)	5 (II)	18 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	5 (II)	24 (II)	48 (II)	29 (II)	13 (II)	19 (II)	14 (II)	5 (II)		
Fluoren	24 (II)	64 (II)	5 (II)	58 (II)	10 (II)	5 (I)	5 (I)	5 (I)	57 (II)	5 (II)	5 (I)	43 (I)	75 (II)	48 (II)	39 (II)	25 (II)	51 (II)	5 (II)		
Fenantren	280 (II)	840 (III)	27 (II)	660 (III)	110 (II)	94 (II)	70 (II)	45 (II)	300 (II)	37 (II)	30 (II)	460 (II)	970 (III)	450 (II)	370 (II)	270 (II)	550 (III)	27 (II)		
Antracen	27 (II)	66 (II)	5 (II)	140 (III)	21 (II)	33 (II)	14 (II)	16 (II)	95 (II)	19 (II)	5 (II)	100 (III)	210 (III)	100 (III)	160 (II)	78 (II)	44 (II)	15 (II)		
Fluoranten	410 (III)	1200 (III)	47 (II)	1300 (IV)	240 (III)	230 (III)	120 (II)	110 (II)	240 (III)	81 (II)	110 (II)	1000 (III)	2100 (IV)	750 (III)	600 (III)	690 (III)	660 (III)	80 (II)		
Pyren	320 (III)	890 (III)	35 (II)	1000 (III)	200 (II)	180 (II)	85 (II)	98 (II)	210 (II)	60 (II)	91 (II)	810 (III)	1600 (III)	590 (III)	470 (III)	560 (III)	490 (III)	76 (II)		
Benzo(a)antracen	190 (IV)	530 (IV)	21 (II)	680 (IV)	160 (IV)	150 (IV)	48 (II)	61 (II)	330 (IV)	42 (II)	78 (III)	580 (IV)	1400 (V)	410 (IV)	350 (IV)	480 (IV)	250 (IV)	52 (II)		
Krysen	290 (IV)	810 (V)	30 (II)	750 (V)	200 (II)	200 (II)	59 (II)	89 (II)	530 (IV)	52 (II)	92 (II)	740 (V)	1500 (V)	470 (IV)	400 (IV)	540 (IV)	360 (IV)	68 (II)		
Benzo(b)fluoranten	220 (II)	560 (IV)	24 (I)	520 (IV)	150 (II)	160 (II)	37 (I)	81 (II)	130 (II)	40 (I)	71 (II)	560 (IV)	950 (IV)	350 (III)	300 (III)	460 (III)	240 (III)	74 (II)		
Benzo(k)fluoranten	200 (II)	490 (IV)	23 (II)	480 (IV)	120 (II)	120 (II)	36 (II)	64 (II)	130 (II)	38 (II)	65 (II)	520 (IV)	870 (IV)	300 (III)	270 (III)	360 (III)	200 (II)	58 (II)		
Benzo(a)pyren	190 (II)	440 (III)	21 (II)	520 (III)	130 (II)	110 (II)	40 (II)	54 (II)	100 (II)	34 (II)	72 (II)	420 (III)	830 (V)	270 (II)	210 (II)	350 (II)	180 (II)	46 (II)		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	130 (IV)	270 (IV)	16 (I)	260 (IV)	76 (IV)	70 (IV)	21 (II)	41 (II)	57 (III)	24 (II)	47 (III)	250 (IV)	420 (IV)	170 (IV)	150 (IV)	240 (IV)	110 (IV)	45 (II)		
Dibenzo(a,h)antracen	29 (II)	66 (II)	5 (I)	60 (II)	21 (II)	20 (II)	5 (I)	5 (I)	14 (II)	5 (I)	11 (I)	56 (II)	110 (II)	40 (II)	38 (II)	56 (II)	28 (II)	5 (I)		
Benzo(ghi)perylene	140 (IV)	290 (IV)	(ghi)peryl	280 (IV)	88 (IV)	79 (IV)	25 (III)	52 (IV)	70 (IV)	29 (III)	55 (IV)	280 (IV)	440 (V)	190 (IV)	180 (IV)	270 (IV)	140 (IV)	62 (IV)		
PAH16	2026 (III)	5398 (III)	271 (I)	5496 (III)	1223 (III)	1127 (III)	509 (II)	593 (II)	1644 (II)	414 (II)	609 (II)	4605 (III)	9218 (IV)	3387 (III)	2891 (III)	3441 (III)	2744 (III)	511 (II)		
PCB 28	160,00	47,00	0,25	1,30	110,00	3,20	0,25	1,60	7,30	0,25	0,25	8,00	13,00	1,60	4,70	6,80	1,70	0,66		
PCB 52	430,00	110,00	0,25	1,70	320,00	5,70	0,25	2,60	16,00	0,25	0,25	19,00	34,00	2,50	9,80	13,00	2,10	0,90		
PCB 101	340,00	79,00	0,25	1,10	200,00	4,00	0,25	2,00	11,00	0,25	0,25	12,00	24,00	1,60	6,20	7,70	1,90	0,25		
PCB 118	340,00	79,00	0,25	1,10	200,00	4,00	0,25	2,00	11,00	0,25	0,25	12,00	24,00	1,60	6,20	7,70	1,90	0,25		
PCB 138	580,00	200,00	0,25	3,20	510,00	8,40	0,25	3,10	21,00	0,55	0,25	23,00	53,00	3,20	14,00	18,00	3,40	1,60		
PCB 153	390,00	140,00	0,25	2,20	380,00	6,40	0,25	2,00	16,00	0,25	0,25	19,00	36,00	2,20	12,00	15,00	2,40	1,20		
PCB 180	180,00	80,00	0,25	1,90	210,00	4,60	0,25	0,95	10,00	0,25	0,25	11,00	19,00	1,70	5,90	9,20	0,95	0,25		
Sum PCB7	2084 (V)	657 (IV)	1,75 (I)	11,7 (I)	1734 (IV)	32,6 (III)	1,75 (I)	12,5 (II)	81,6 (III)	2,4 (I)	1,75 (I)	93,6 (III)	180 (III)	13,1 (II)	54,5 (III)	70,7 (III)	12,5 (II)	5,1 (II)		
Tributyltinn (TBT-ion)	9 (III)	37 (IV)	2,1 (II)	34 (IV)	8 (III)	31 (IV)	11 (III)	7,6 (III)	6,6 (III)	0,5 (I)	0,5 (I)	21 (IV)	91 (IV)	3,1 (IV)	45 (IV)	18 (III)	5,4 (III)	2,1 (II)		

Resultatene i **Tabell 6** viser at i alle de fire undersøkte delområdene er det verdier for enkelte miljøgifter som tilsvarer tilstandsklasse III eller høyere, dvs. at det er muligheter for at toksiske effekter kan forekomme på bunnfauna som vedvarende måtte befinne seg i sedimentet.

For metallene er det kobber som viser høyeste tilstandsklasser. Det er også en enkeltverdi av sink i tilstandsklasse III.

Stasjonene Hur 1 og Hur 8 skiller seg ut med de høyeste konsentrasjonene av PCB₇ og blir klassifisert til hhv tilstandsklasse V og IV. Dette betyr at PCB₇-innholdet i sedimentet er såpass høyt på disse stasjonene at omfattende akutt toksiske effekter ved korttidseksposering kan forventes.

For PAH-forbindelsene er det også enkeltforbindelser som er i tilstandsklasse III, eller høyere på alle stasjoner.

For TBT (tributyltinn) er det stasjoner med nivåer i tilstandsklasse III (forvaltningsmessig grenseverdi, se TA 2229/2007) eller høyere i alle de fire undersøkte delområdene.

4. Risikovurdering av sedimenter

4.1 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. Etter Klifs veileder gjennomføres risikovurderingen i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende enn foregående, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Klif har fått utarbeidet et regneark for å gjennomføre beregningene som kreves for gjennomføring av risikovurderingen, og dette er benyttet her.

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 18 sedimentstasjonene ved Hurum papirfabrikk er lagt inn i regnearket og resultatene er vist i

Tabell 7.

Dersom et stoff overstiger grensen 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 7. Målt miljøgiftkonsentrasjon sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). a) område I, b) Område II, C Område III og d) Område IV. Positive verdier betyr overskridelse. Tabellen går over 2 sider.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed} -max (mg/kg)	C _{sed} -middel (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	3	8,8	6,433	52		
Bly	3	69	48,667	83		
Kadmium	3	1,1	0,626	2,6		
Kobber	3	190	89,300	51	3,73	1,75
Krom totalt (III + VI)	3	45	30,000	560		
Kvikksølv	3	0,135	0,091	0,63		
Nikkel	3	26	18,200	46		
Sink	3	400	254,333	360	1,11	
Naftalen	3	0,18	0,079	0,29		
Acenaflyen	3	0,01	0,007	0,033		
Acenafiten	3	0,062	0,030	0,16		
Fluoren	3	0,064	0,031	0,26		
Fenantren	3	0,84	0,362	0,50	1,68	1,05
Antracen	3	0,066	0,033	0,031	2,13	1,05
Fluoranten	3	1,2	0,552	0,17	7,06	3,25
Pyren	3	0,89	0,415	0,28	3,18	1,48
Benzo(a)antracen	3	0,53	0,247	0,06	8,83	4,12
Kyosen	3	0,81	0,377	0,28	2,89	1,35
Benzo(b)fluoranten	3	0,56	0,268	0,24	2,33	1,12
Benzo(k)fluoranten	3	0,49	0,238	0,21	2,33	1,13
Benzo(a)pyren	3	0,44	0,217	0,42	1,05	1,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3	0,27	0,139	0,047	5,74	2,95
Dibenzo(a,h)antracen	3	0,066	0,033	0,59		
Benzo(ghi)perylen	3	0,29	0,150	0,021	13,81	7,16
PCB 28	3	0,0041	0,002			
PCB 52	3	0,16	0,069			
PCB 101	3	0,43	0,180			
PCB 118	3	0,34	0,140			
PCB 138	3	0,58	0,260			
PCB 153	3	0,39	0,177			
PCB 180	3	0,18	0,067			
Sum PCB7	3	2,08E+00	0,914	0,017	122,59	53,79
Tributyltinn (TBT-ion)	3	0,037	0,016	0,035	1,06	

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed} -max (mg/kg)	C _{sed} -middel (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	7	9,9	5,614	52		
Bly	7	79	26,914	83		
Kadmium	7	0,97	0,431	2,6		
Kobber	7	280	58,671	51	5,49	1,15
Krom totalt (III + VI)	7	28	18,171	560		
Kvikksølv	7	0,091	0,050	0,63		
Nikkel	7	19	12,257	46		
Sink	7	140	84,429	360		
Naftalen	7	0,027	0,013	0,29		
Acenaflyen	7	0,028	0,008	0,033		
Acenafiten	7	0,018	0,007	0,16		
Fluoren	7	0,058	0,021	0,26		
Fenantren	7	0,66	0,188	0,50	1,32	1,56
Antracen	7	0,14	0,048	0,031	4,52	1,95
Fluoranten	7	1,3	0,332	0,17	7,65	1,95
Pyren	7	1	0,282	0,28	3,57	3,50
Benzo(a)antracen	7	0,68	0,210	0,06	11,33	3,50
Kyosen	7	0,75	0,269	0,28	2,68	2,17
Benzo(b)fluoranten	7	0,52	0,160	0,24	2,17	2,29
Benzo(k)fluoranten	7	0,48	0,141	0,21	2,29	1,24
Benzo(a)pyren	7	0,52	0,141	0,42	1,24	1,67
Indeno(1,2,3-cd)pyren	7	0,26	0,078	0,047	5,53	1,67
Dibenzo(a,h)antracen	7	0,06	0,019	0,59		
Benzo(ghi)perylen	7	0,28	0,089	0,021	13,33	4,24
PCB 28	7	0,0041	0,001			
PCB 52	7	0,11	0,018			
PCB 101	7	0,32	0,050			
PCB 118	7	0,2	0,031			
PCB 138	7	0,51	0,078			
PCB 153	7	0,38	0,058			
PCB 180	7	0,21	0,033			
Sum PCB7	7	1,73E+00	0,268	0,017	102,01	15,77
Tributyltinn (TBT-ion)	7	0,034	0,014	0,035		

c)

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed} -max (mg/kg)	C _{sed} -middel (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	3	13	9,400	52		
Bly	3	65	44,767	83		
Kadmium	3	1,9	1,116	2,6		
Kobber	3	73	46,867	51	1,43	
Krom totalt (III + VI)	3	48	34,167	560		
Kvikksølv	3	0,256	0,169	0,63		
Nikkel	3	22	16,900	46		
Sink	3	280	175,667	360		
Naftalen	3	0,12	0,058	0,29		
Acenaflyen	3	0,025	0,015	0,033		
Acenafiten	3	0,048	0,026	0,16		
Fluoren	3	0,075	0,041	0,26		
Fenantren	3	0,97	0,487	0,50	1,94	
Antracen	3	0,21	0,105	0,031	6,77	3,39
Fluoranten	3	2,1	1,070	0,17	12,35	6,29
Pyren	3	1,6	0,834	0,28	5,71	2,98
Benzo(a)antracen	3	1,4	0,686	0,06	23,33	11,43
Krysos	3	1,5	0,777	0,28	5,36	2,76
Benzo(b)fluoranten	3	0,95	0,527	0,24	3,96	2,20
Benzo(k)fluoranten	3	0,87	0,485	0,21	4,14	2,31
Benzo(a)pyren	3	0,83	0,441	0,42	1,98	1,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3	0,42	0,239	0,047	8,94	5,09
Dibenzo(a,h)antracen	3	0,11	0,059	0,59		
Benzo(ghi)perylene	3	0,44	0,258	0,021	20,95	12,30
PCB 28	3	0,0016	0,001			
PCB 52	3	0,013	0,007			
PCB 101	3	0,034	0,018			
PCB 118	3	0,024	0,012			
PCB 138	3	0,053	0,025			
PCB 153	3	0,036	0,018			
PCB 180	3	0,019	0,010			
Sum PCB7	3	1,81E-01	0,092	0,017	10,62	5,40
Tributyltinn (TBT-ion)	3	0,091	0,0375	0,035	2,60	1,07

d)

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed} -max (mg/kg)	C _{sed} -middel (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	5	13	8,46	52		
Bly	5	42	27,8	83		
Kadmium	5	0,92	0,3788	2,6		
Kobber	5	45	24,4	51		
Krom totalt (III + VI)	5	41	25,6	560		
Kvikksølv	5	0,195	0,1154	0,63		
Nikkel	5	17	13,06	46		
Sink	5	130	78,4	360		
Naftalen	5	0,033	0,0232	0,29		
Acenaflyen	5	0,01	0,006	0,033		
Acenafiten	5	0,029	0,016	0,16		
Fluoren	5	0,051	0,0336	0,26		
Fenantren	5	0,55	0,3334	0,50	1,10	
Antracen	5	0,16	0,0794	0,031	5,16	2,56
Fluoranten	5	0,75	0,556	0,17	4,41	3,27
Pyren	5	0,59	0,4372	0,28	2,11	1,56
Benzo(a)antracen	5	0,48	0,3084	0,06	8,00	5,14
Krysos	5	0,54	0,3676	0,28	1,93	1,31
Benzo(b)fluoranten	5	0,46	0,2848	0,24	1,92	1,19
Benzo(k)fluoranten	5	0,36	0,2376	0,21	1,71	1,13
Benzo(a)pyren	5	0,35	0,2112	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	0,24	0,143	0,047	5,11	3,04
Dibenzo(a,h)antracen	5	0,056	0,0334	0,59		
Benzo(ghi)perylene	5	0,27	0,1684	0,021	12,86	8,02
PCB 28	5	0,0019	0,000726			
PCB 52	5	0,0068	0,003092			
PCB 101	5	0,013	0,00566			
PCB 118	5	0,0077	0,00353			
PCB 138	5	0,018	0,00804			
PCB 153	5	0,015	0,00656			
PCB 180	5	0,0092	0,0036			
Sum PCB7	5	7,16E-02	3,12E-02	0,017	4,21	1,84
Tributyltinn (TBT-ion)	5	0,045	0,01472	0,035	1,29	

Overskridelse av grenseverdiene gis både for maksimalverdi (dvs. overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon), og som middelverdi av alle prøvene fra hvert delområde. Resultatene i **Tabell 7** viser at det for metallene kun er kobber som overskrider grenseverdiene og bare for område I og II basert på middeldelverdien for områdene. For PAH-forbindelsene er det overskridelse av flere forbindelser i alle de fire områdene. Det er spesielt høye enkeltverdier av forbindelsene benzo(a)antracen, krysen, benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylen som blir klassifisert til tilstandsklasse V, svært dårlig. Også for summen av PCB-forbindelser (PCB₇) er det overskridelser i hvert av de fire områdene, med enkeltverdier som blir klassifisert til tilstandsklasse IV, dårlig og klasse V, svært dårlig. For det tidligere begroingshindrende middelet TBT (tributyltinn) overskrides grenseverdien så vidt i område III, med en faktor på 1,07. I praksis er dette lik grenseverdien, dersom en tar hensyn til analyseusikkerheten.

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. 2007b).

Siden krav nr. 1 ikke oppfylles for kobber i område I og II. PCB₇ og flere PAH-komponenter i alle de fire områdene så kan ikke sedimentene friskmeldes etter Trinn 1 i risikoveilederen. En må derfor også gjennomføre en Trinn 2 vurdering av sedimentene.

Resultatene i **Tabell 7** viser både gjennomsnittsverdier og den høyeste enkeltverdi av miljøgifter fra hvert område. Ved å beregne forholdet mellom maksimalkonsentrasjon og mediankonsentrasjon for de ulike stasjonene vil en faktor på 2 eller høyere indikere at en eller flere stasjoner skiller seg ut med spesielt høy forurensing, en såkalt "hotspot". Denne verdien er vist for alle stasjonene i **Tabell 8**.

Tabell 8. Indeks for ”hotspot” basert på gjennomsnittlig ($C_{sed, max}$) og medianverdi ($C_{sed, median}$) av miljøgiftinnhold i sedimentene. Indeks er vist i kolonnen med overskrift: ”Kontroll av homogenitet”

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet
	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	18	13,0	7,2	2,1
Bly	18	79,0	33,8	3,5
Kadmium	18	1,9	0,6	4,6
Kobber	18	280,0	52,3	9,5
Krom totalt (III + VI)	18	48,0	24,9	2,2
Kvikksølv	18	0,3	0,1	3,4
Nikkel	18	26,0	14,2	1,9
Sink	18	400,0	126,3	4,0
Naftalen	18	0,180	0,034	9,5
Acenaftilen	18	0,028	0,008	5,6
Acenaften	18	0,062	0,016	6,9
Fluoren	18	0,075	0,029	3,1
Fenantren	18	0,970	0,311	3,5
Antracen	18	0,210	0,064	5,5
Fluoranten	18	2,100	0,554	6,5
Pyren	18	1,600	0,431	6,0
Benzo(a)antracen	18	1,400	0,323	6,4
Krysen	18	1,500	0,399	4,6
Benzo(b)fluoranten	18	0,950	0,274	5,0
Benzo(k)fluoranten	18	0,870	0,241	5,3
Benzo(a)pyren	18	0,830	0,223	5,4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	18	0,420	0,133	4,5
Dibenzo(a,h)antracen	18	0,110	0,032	4,5
Benzo(ghi)perylene	18	0,440	0,150	3,9
PCB 28	18	0,110	0,012	44,9
PCB 52	18	0,320	0,039	77,1
PCB 101	18	0,430	0,043	143,3
PCB 118	18	0,340	0,038	113,3
PCB 138	18	0,580	0,080	98,3
PCB 153	18	0,390	0,057	88,6
PCB 180	18	0,210	0,030	40,0
Tributyltinn (TBT-ion)	18	0,091	0,018	10,7

Resultatene i **Tabell 8** viser at spesielt PCB-forbindelsene har en høy verdi for kontroll av inhomogenitet, men også kobber og naftalen slår ut. Ved å se på konsentrasjonene i **Tabell 6** ser en at for kobber skyldes det i hovedsak høye konsentrasjoner på stasjonene Hur1 og Hur6. Også for PCB-forbindelsene er det disse to stasjonene som skiller seg ut og de kan derfor betegnes som ”hotspot”-stasjoner med betydelig høyere innhold av kobber og PCB-forbindelser enn resten av området.

5. Risikovurdering Trinn 2

Trinn 2 er en mer omfattende risikovurdering enn Trinn 1 og har som mål å fastslå om risikoen for skade på miljø eller helse forbundet med sedimentene der de ligger er akseptabel, eller om man må vurdere tiltak. Vurderingen gjøres ut fra miljøgiftenes mobilitet og fra stedlige forhold. Trinn 2 omfatter tre sider av risikobildet:

- Risiko for spredning av miljøgifter
- Risiko for skade på human helse
- Risiko for skade på økosystemet

I Trinn 2 beregnes spredning av miljøgifter fra sedimentet til andre deler av økosystemet. Til å gjennomføre disse beregningene er det laget et regneark tilpasset veilederen hvor det fylles inn verdier for lokale forhold, og en kan benytte ferdige sjablongverdier for parametere som ikke er målt eller tallfestet. Tolkning og vektlegging av delresultatene fra Trinn 2, human helse og/eller økologiske effekter, vil være avhengig av miljømålet for området samt nåværende og planlagt bruk. Trinn 2 i risikovurderingen er en stedsspesifikk risikovurdering hvor lokale forhold som antall skipsanløp, problemområdets areal, arealbruk og sedimentenes innhold av totalt organisk karbon (TOC) og leire blir tatt hensyn til.

Det beregnes ett tall for total spredning som følge av oppvirvling fra skip, diffusjon (egentlig biodiffusjon som er samlet transport ut av sedimentet som følge både av fysisk diffusjon og bunndyrenes aktivitet i sedimentet) og transport via opptak i organismer. Total human helserisiko beregnes på grunnlag av eksponering via sjømat og via kontakt med sedimenter og vann. Spredning av miljøgifter som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er beregnet med utgangspunkt i regnearket som er tilpasset risikoveilederen.

5.1 Lokal informasjon

For å gjennomføre Trinn 2 av risikovurderingen ble analyseresultater og andre aktuelle konstanter og parameterverdier lagt inn i regnearket for hvert område. Konstanter og verdier som er benyttet i beregningene er vist i **Tabell 9**.

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.

I kolonnen antall skipsanløp pr. år er det for område I benyttet en verdi med ingen anløp av småbåter, ettersom dette er ett område som ikke benyttes når båter skal inn og ut av båthavnen. For område II er det benyttet en verdi på 1500 båter/år. Dette tilsvarer ca. 4 anløp pr dag. Det er vanskelig å anslå hvor sannsynlig denne verdien er, men anses å være i riktig størrelsesorden og gir ett inntrykk i de videre beregningene av hva en slik småbåttrafikk vil medføre av oppvirvling. For de andre delområdene er det benyttet ett lavere antall båter. Dersom området skal benyttes til boligformål er det sannsynlig at det vil medføre en økt småbåttrafikk. Veilederen angir en oppvirvling av 150 kg sediment ved hvert småbåtanløp over finkornede sedimenter. Tallet er basert på en trasélengde for en båtbevegelse på 120 m og er derfor normalisert mot den virkelige trasélengden grunnere enn 20 m i hvert delområde. For kornfordeling av sediment er andelen av sedimentene med kornfordeling $<20\mu$ lagt inn. For de andre parametrene er sjablongverdiene som ligger inne i regnearket brukt.

Tabell 9. Konstanter og verdier som er benyttet i de videre beregningene, a) område I, b) område II, c) område III og d) område IV. Tabellen går over 4 sider.

a) Område I				
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse	
TOC	1	3,9	gjennomsnittsverdi av prøvene	
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8		
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7		
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon	
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse	
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	18000	Målt areal på kart	
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	61200	Gjennomsnittsdyp 3,04m	
Oppholdstid til vannet i bassenget, t [år]	ingen standard	0,04	Antatt oppholdstid i fjord	
SPREDNING				
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}				
Tortuositet, T	3	3		
Faktor for diffusjons hastighet pga bioturbasjon, a	10	10		
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1		
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse	
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	0	område som ikke benyttes ved ankomst småbåthavn	
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120		Lengste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dyp	
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard		Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder	
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard			
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0,024	Tas fra siktekurve (dersom 5% er mindre enn 2 μ m, erf = 0,05)	

b) Område II

Grunnleggende sedimentparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	4,3	Gjennomsnittsverdi av prøvene
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	83400	Beregnet areal fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	667200	Beregnetgjennomsnittsdyp 8m
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,04	vanlig oppholdstid i fjord
SPREDNING			
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjons hastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	1500	Antatt årlig småbåttrafikk
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	150	Lengste innseilingsstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 15 m dypt
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	11700	Anslått fra kart
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0,073	Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre enn 2 μ m, er $f = 0,05$)

c) Område III			
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	4,6	Gjennomsnittsverdi av prøvene
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	34000	Beregnet areal fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	272000	Beregnet gjennomsnittsdyp 8m
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,04	vanlig oppholdstid i fjord
SPREDNING			
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjons hastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	250	Hentes fra havnemyndigheter
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	50	Langste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 15 m dypt
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	17000	ca 50% av arealet
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0,1	Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre enn 2 μ m, erf = 0,05)

d) Område IV

Grunnleggende sedimentparametere		Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC		1	4,2	Gjennomsnittsverdi av prøvene
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]		0,8	0,8	
Porøsitet, ϵ		0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor		315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere		Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]		ingen standard	212000	Målt fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]		ingen standard	7420000	beregnet fra gjennomsnittsdyp 35m
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]		ingen standard	0,04	Vanlig oppholdstid i fjord
SPREDNING				
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}				
Tortuositet, τ		3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a		10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]		1	1	
Parametere for oppvirving fra skip, F_{skip}		Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}		ingen standard	500	Hentes fra havnemyndigheter
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirving, T [m]		120	100	Langste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirving, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]		ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirving, A_{skip} [m ²]		ingen standard	74000	Ca 20% av arealet
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m		ingen standard	0,11	Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre enn 2 μ m, erf = 0,05)

5.2 Risikovurdering for spredning av sediment

Spredning av miljøgifter ut fra sediment kan skje på tre måter: diffusjon, spredning grunnet båttrafikk og spredning pga. oppvirvling og transport via organismer. Den totale mengde miljøgifter fra disse spredningsveiene er vist i **Tabell 10**.

Det blir lagt mest vekt på beregningene basert på middelveidene fordi det er området samlete risiko som vurderes og ikke bare risiko fra ett enkelt punkt.

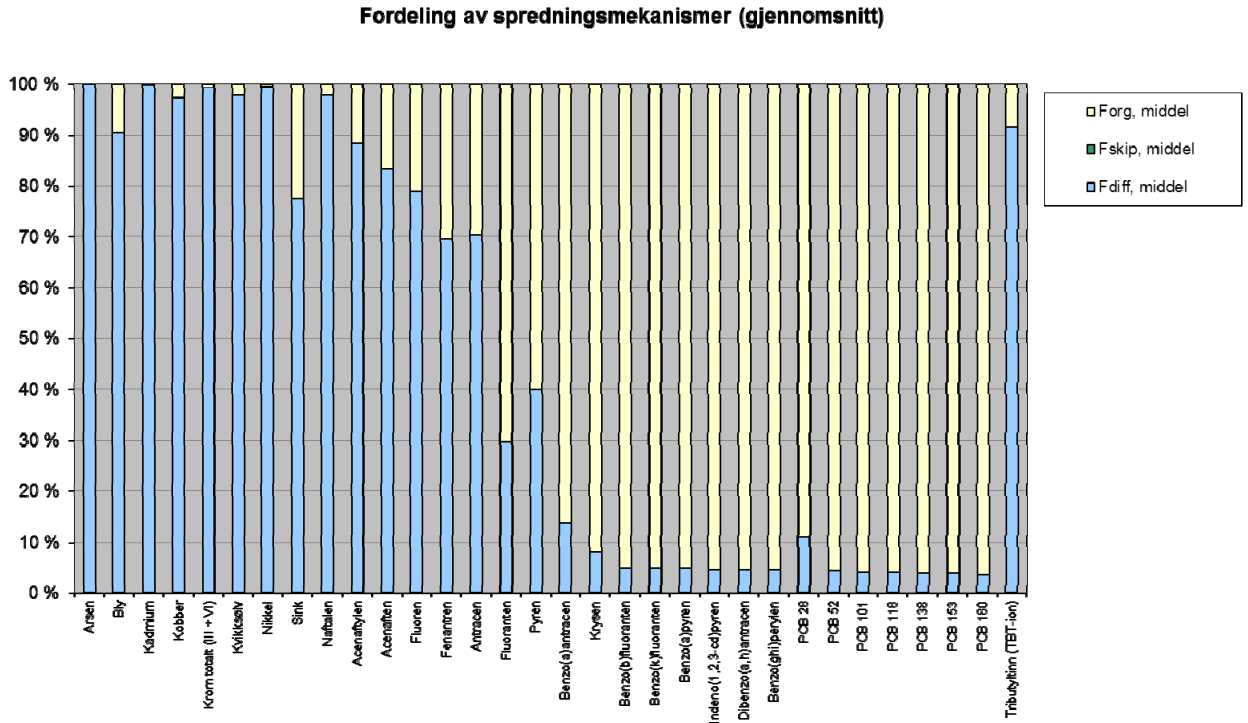
Tabell 10. Beregnet spredning av miljøgifter ut fra sedimentet som følge av de ulike spredningsveiene: diffusjon ($F_{diff, middel}$), spredning grunnnet båttrafikk ($F_{skip, middel}$) og spredning pga oppvirvling og transport via organismer ($F_{org, middel}$). Den totale mengde miljøgifter fra disse spredningsveiene er summert i kolonnen $F_{tot, middel}$. Beregnet spredning er hentet fra regnearket. A) område I, b) område II, c) område III og d) område IV. Tabellen går over 2 sider.

a) Område I					b) Område II					
Stoff	Beregnet middel spredning				$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]	Beregnet middel spredning				$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]
	$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]		$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]	
Arsen	6,496	6,489	mangler data	0,007	25,782	5,663	20,113	0,006		
Bly	2,422	2,186	mangler data	0,236	95,882	1,209	94,542	0,130		
Kadmium	0,026	0,025	mangler data	0,000	1,532	0,018	1,515	0,000		
Kobber	19,783	19,234	mangler data	0,549	220,068	12,637	207,070	0,361		
Krom totalt (III + VI)	1,103	1,095	mangler data	0,008	64,516	0,663	63,848	0,005		
Kvikksølv	0,006	0,006	mangler data	0,000	0,181	0,003	0,177	0,000		
Nikkel	12,591	12,514	mangler data	0,077	52,330	8,428	43,850	0,052		
Sink	23,261	18,035	mangler data	5,226	304,590	5,987	296,868	1,735		
Naftalen	10,112	9,879	mangler data	0,233	1,703	1,507	0,161	0,036		
Acenaflyen	0,422	0,372	mangler data	0,049	0,540	0,420	0,065	0,056		
Acenaften	0,837	0,697	mangler data	0,139	0,208	0,143	0,036	0,029		
Fluoren	0,521	0,411	mangler data	0,110	0,411	0,249	0,095	0,066		
Fenantren	3,094	2,147	mangler data	0,948	2,132	0,957	0,752	0,423		
Antracen	0,212	0,149	mangler data	0,063	0,472	0,200	0,189	0,084		
Fluoranten	1,511	0,449	mangler data	1,062	2,012	0,244	1,189	0,578		
Pyren	2,068	0,827	mangler data	1,240	2,152	0,474	0,969	0,710		
Benzo(a)antracen	0,382	0,053	mangler data	0,329	1,037	0,041	0,742	0,254		
Krysen	1,277	0,102	mangler data	1,175	1,776	0,066	0,950	0,760		
Benzo(b)fluoranten	0,667	0,033	mangler data	0,634	0,923	0,018	0,563	0,343		
Benzo(k)fluoranten	0,605	0,030	mangler data	0,575	0,823	0,016	0,497	0,310		
Benzo(a)pyren	0,528	0,026	mangler data	0,502	0,809	0,015	0,497	0,296		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,119	0,006	mangler data	0,114	0,337	0,003	0,276	0,058		
Dibenzo(a,h)antracen	0,034	0,002	mangler data	0,033	0,083	0,001	0,065	0,017		
Benzo(ghi)perylen	0,296	0,014	mangler data	0,283	0,472	0,007	0,313	0,152		
PCB 28	1,529	0,168	mangler data	1,361	0,422	0,039	0,067	0,316		
PCB 52	7,238	0,326	mangler data	6,912	1,989	0,081	0,185	1,723		
PCB 101	0,828	0,035	mangler data	0,793	0,278	0,007	0,111	0,161		
PCB 118	0,083	0,003	mangler data	0,079	0,126	0,001	0,110	0,016		
PCB 138	1,015	0,040	mangler data	0,975	0,562	0,011	0,276	0,265		
PCB 153	0,069	0,003	mangler data	0,066	0,225	0,001	0,204	0,020		
PCB 180	0,177	0,006	mangler data	0,171	0,175	0,002	0,115	0,058		
Tributyltinn (TBT-ion)	1,449	1,326	mangler data	0,122	1,348	1,058	0,193	0,097		

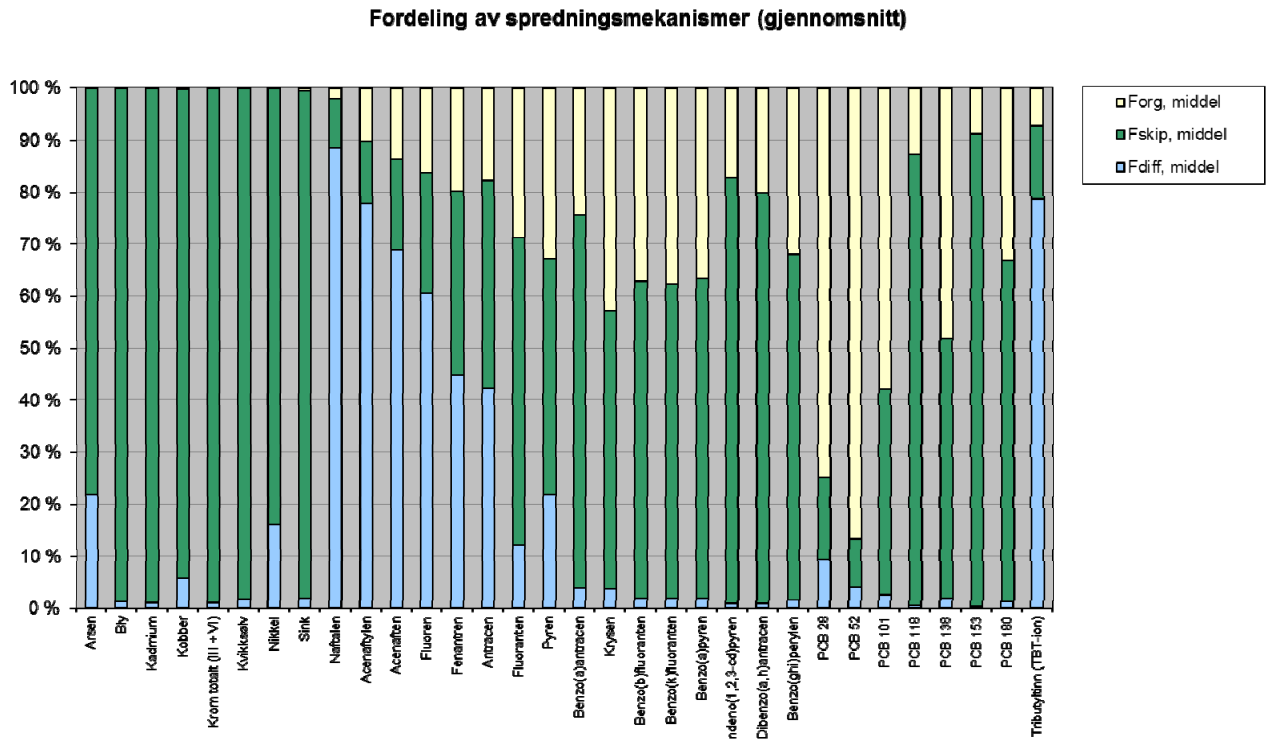
c) Område III		Område IV			
Stoff	Beregnet middel spredning				F _{org, middel} [mg/m ² /år]
	F _{tot, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	F _{skip, middel} [mg/m ² /år]	F _{diff, middel} [mg/m ² /år]	
Asen	11,246	9,481	1,764	8,533	10,136
Bly	10,463	2,011	8,234	1,249	6,552
Kadmium	0,251	0,045	0,205	0,015	0,086
Kobber	19,033	10,095	8,650	5,256	9,956
Krom totalt (III + VI)	7,542	1,247	6,286	0,935	5,701
Kvikksølv	0,042	0,011	0,031	0,007	0,029
Nikkel	14,842	11,620	3,151	8,980	11,493
Sink	48,402	12,457	32,336	5,559	21,756
Naftalen	6,286	6,114	0,028	2,694	2,769
Acenaflyten	0,792	0,694	0,005	0,311	0,354
Acenafinen	0,607	0,500	0,006	0,342	0,414
Fluoren	0,593	0,461	0,009	0,414	0,531
Fenantren	3,437	2,317	0,098	1,738	2,574
Antracen	0,598	0,406	0,021	0,336	0,494
Fluoranten	2,682	0,737	0,200	0,420	1,518
Pyren	3,680	1,409	0,159	0,809	2,107
Benz(a)antracen	1,026	0,125	0,127	0,062	0,500
Krysen	2,378	0,178	0,144	0,092	1,226
Benz(b)fluoranten	1,209	0,055	0,097	0,033	0,711
Benz(k)fluoranten	1,137	0,052	0,089	0,028	0,606
Benz(a)pyren	0,990	0,045	0,081	0,024	0,516
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,218	0,008	0,044	0,005	0,141
Dibenzo(a,h)antracen	0,063	0,002	0,011	0,001	0,038
Benz(ghi)perylen	0,479	0,020	0,048	0,014	0,340
PCB 28	0,134	0,015	0,001	0,007	0,064
PCB 52	0,608	0,027	0,003	0,010	0,212
PCB 101	0,063	0,003	0,002	0,001	0,020
PCB 118	0,008	0,000	0,002	0,000	0,003
PCB 138	0,089	0,003	0,005	0,001	0,031
PCB 153	0,009	0,000	0,003	0,000	0,004
PCB 180	0,019	0,001	0,002	0,000	0,007
Tributyltinn (TBT-ion)	2,893	2,630	0,021	1,131	1,243
Asen					8,533
Bly					1,249
Kadmium					0,015
Kobber					5,256
Krom totalt (III + VI)					0,935
Kvikksølv					0,007
Nikkel					8,980
Sink					5,559
Naftalen					2,694
Acenaflyten					0,311
Acenafinen					0,342
Fluoren					0,414
Fenantren					1,738
Antracen					0,336
Fluoranten					0,420
Pyren					0,809
Benz(a)antracen					0,062
Krysen					0,092
Benz(b)fluoranten					0,033
Benz(k)fluoranten					0,028
Benz(a)pyren					0,024
Indeno(1,2,3-cd)pyren					0,005
Dibenzo(a,h)antracen					0,001
Benz(ghi)perylen					0,014
PCB 28					0,007
PCB 52					0,010
PCB 101					0,001
PCB 118					0,000
PCB 138					0,001
PCB 153					0,000
PCB 180					0,000
Tributyltinn (TBT-ion)					1,131

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 4** (se nedenfor).

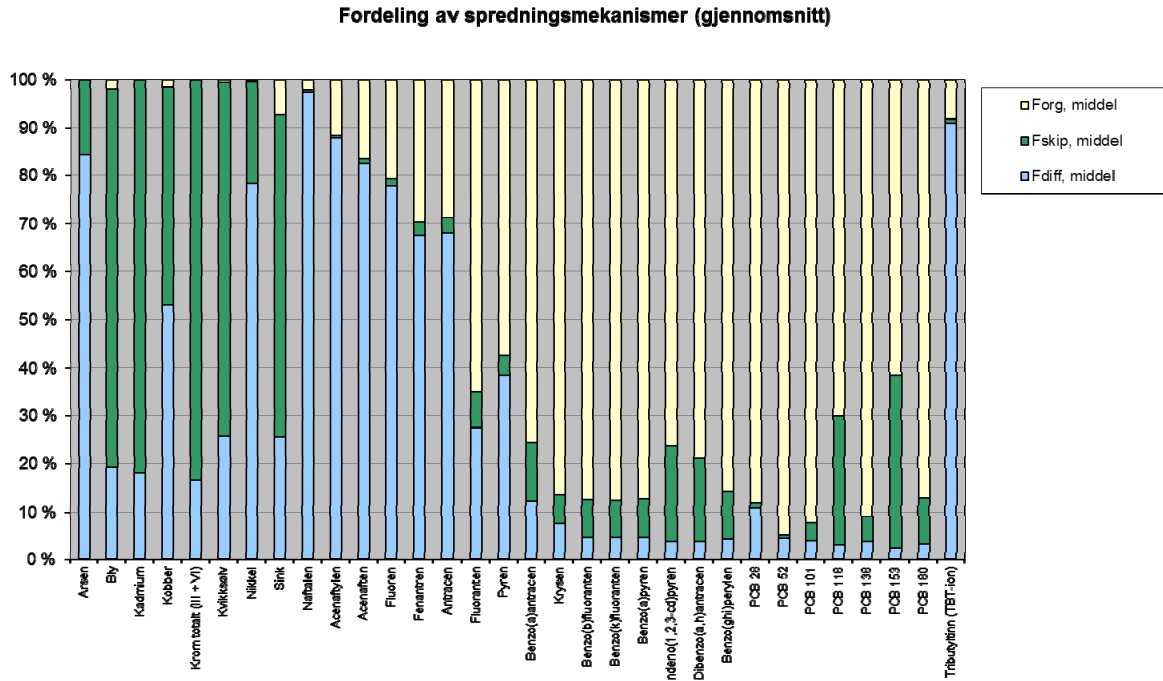
a) Område I



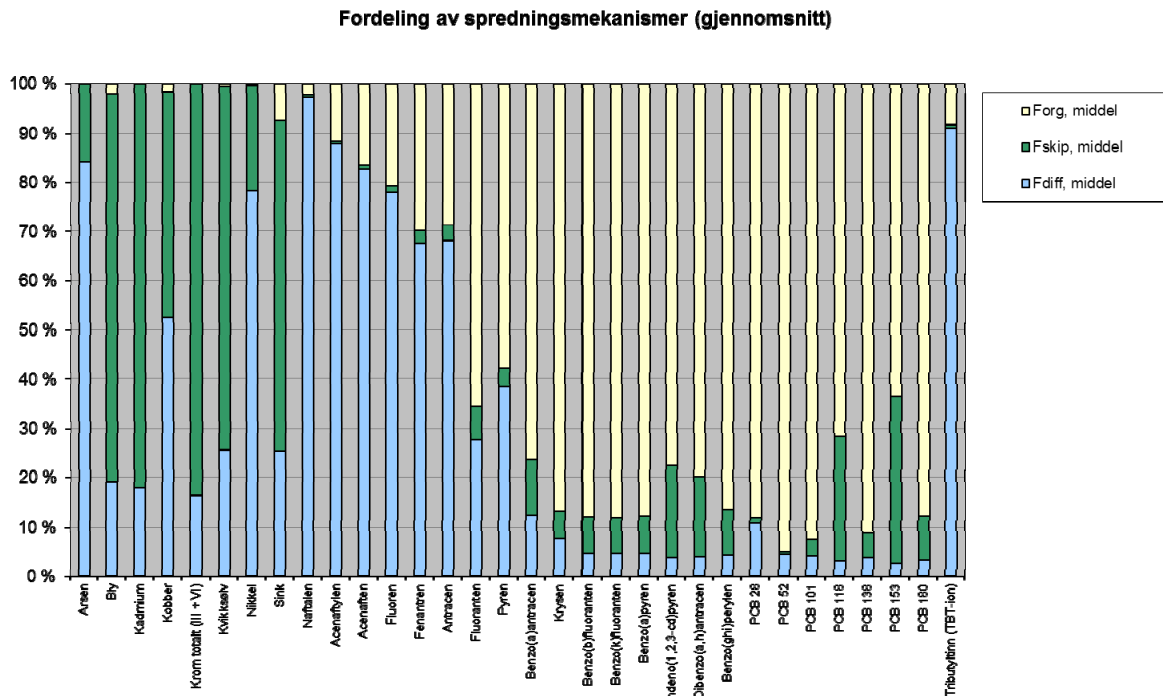
b) Område II



c) Område III



Område IV



Figur 4. Spredning av miljøgifter i hvert område vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (hentet fra regnearket). Tabellen viser spredning på basis av et gjennomsnitt (middelnivå) for sedimentprøvene. De tre spredningsveiene er: diffusjon, spredning grunnet båttrafikk og spredning pga. oppvirlvling og transport via organismer.

Resultatene fra **Tabell 10** og **Figur 4** viser at de viktigste spredningsveiene varierer for de ulike forbindelsene. Generelt for metallene er oppvirvling grunnet båttrafikk viktigste spredningsvei med unntak av Område 1. For TBT og PAH-forbindelsene med lavest molekylvekt (acenaftylene 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- forbindelsene i område I,III og IV, mens båttrafikk er en viktig spredningsvei i område II for disse forbindelsene.

Risikoveilederen angir ikke noen allmenne akseptgrenser for spredning alene. Verdiene i **Tabell 11** viser hvor mange ganger totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillere grenseverdiene i Trinn 1 (dvs. som er i Klasse II). Klasse II for miljøgifter i sediment er også en av indikatorene for «god økologisk status» i følge Vannforskriften. Klassifiseringsveilederen omfatter sum PCB7, men regnearket beregner ikke overskridelse av spredning av PCB, ettersom det ikke er oppgitt grenseverdier for enkeltkongenerer av PCB i risikoveilederen. Mengden av PCB som blir spredd blir imidlertid beregnet, og er vist i **Tabell 11**.

Tabell 11. 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). Positive verdier i de to siste kolonnene betyr overskridelse. a) område I, b) område II, c) område III og d) område IV. Tabellen går over 4 sider.

Stoff		Beregnet spredning ikke påvirket av skipsopprivling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsopprivling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
		Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	F _{tot, maks} ($mg/m^2/år$)	F _{tot, middel} ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen		8,89E+00	6,50E+00	8,89E+00	6,50E+00	5,25E+01		
Bly		3,43E+00	2,42E+00	3,43E+00	2,42E+00	3,81E+00		
Kadmium		4,49E-02	2,56E-02	4,49E-02	2,56E-02	1,06E-01		
Kobber		4,21E+01	1,98E+01	4,21E+01	1,98E+01	1,10E+01	3,81	1,79
Krom totalt (III + VI)		1,65E+00	1,10E+00	1,65E+00	1,10E+00	2,05E+01		
Kvikksølv		8,95E-03	6,06E-03	8,95E-03	6,06E-03	4,10E-02		
Nikkel		1,80E+01	1,26E+01	1,80E+01	1,26E+01	3,17E+01		
Sink		3,66E+01	2,33E+01	3,66E+01	2,33E+01	2,70E+01	1,35	
Naftalen		2,30E+01	1,01E+01	2,30E+01	1,01E+01	1,42E+02		
Acenaflyen		6,33E-01	4,22E-01	6,33E-01	4,22E-01	7,38E+00		
Acenafiten		1,71E+00	8,37E-01	1,71E+00	8,37E-01	1,49E+01		
Fluoren		1,07E+00	5,21E-01	1,07E+00	5,21E-01	1,42E+01		
Fenantrén		6,80E+00	3,09E+00	6,80E+00	3,09E+00	1,19E+01		
Antraçen		4,28E-01	2,12E-01	4,28E-01	2,12E-01	5,98E-01		
Fluoranten		3,28E+00	1,51E+00	3,28E+00	1,51E+00	2,83E+00		
Pyren		4,43E+00	2,07E+00	4,43E+00	2,07E+00	7,94E-01	4,14	1,90
Benzo(a)antraçen		8,19E-01	3,82E-01	8,19E-01	3,82E-01	1,13E-01	1,57	3,39
Krysen		2,75E+00	1,28E+00	2,75E+00	1,28E+00	9,77E-01	2,81	1,31
Benzo(b)fluoranten		1,39E+00	6,67E-01	1,39E+00	6,67E-01	5,69E-01	2,50	1,19
Benzo(k)fluoranten		1,25E+00	6,05E-01	1,25E+00	6,05E-01	5,00E-01	2,50	1,21
Benzo(a)pyren		1,07E+00	5,28E-01	1,07E+00	5,28E-01	9,65E-01	1,12	
Indeno(1,2,3-cd)pyren		2,32E-01	1,19E-01	2,32E-01	1,19E-01	3,74E-02	6,21	3,19
Dibenzo(a,h)antraçen		6,83E-02	3,45E-02	6,83E-02	3,45E-02	5,64E-01		
Benzo(ghi)perylene		5,72E-01	2,96E-01	5,72E-01	2,96E-01	3,83E-02	14,92	7,73
PCB 28		9,07E-02	4,09E-02	9,07E-02	4,09E-02			
PCB 52		6,43E+00	2,78E+00	6,43E+00	2,78E+00			
PCB 101		2,55E+00	1,07E+00	2,55E+00	1,07E+00			
PCB 118		2,01E-01	8,28E-02	2,01E-01	8,28E-02			
PCB 138		2,26E+00	1,01E+00	2,26E+00	1,01E+00			
PCB 153		1,52E-01	6,90E-02	1,52E-01	6,90E-02			
PCB 180		3,68E-01	1,77E-01	3,68E-01	1,77E-01			
Sum PCB7		1,21E+01	5,23E+00	1,21E+01	5,23E+00			
Tributyltinn (TBT-ion)		3,34E+00	1,45E+00	3,34E+00	1,45E+00	1,15E+01		

b) Område II

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks	Middel	F _{tot, maks}	F _{tot, middel}		Maks	Middel
	($mg/m^2/år$)	($mg/m^2/år$)	($mg/m^2/år$)	($mg/m^2/år$)			
Arсен	1,00E+01	5,67E+00	4,55E+01	2,58E+01	2,59E+02		
Bly	3,93E+00	1,34E+00	2,81E+02	9,59E+01	2,95E+02		
Kadmium	3,96E-02	1,76E-02	3,45E+00	1,53E+00	9,24E+00		
Kobber	6,20E+01	1,30E+01	1,05E+03	2,20E+02	1,91E+02	5,50	1,15
Krom totalt (III + VI)	1,03E+00	6,68E-01	9,94E+01	6,45E+01	1,99E+03		
Kvikksølv	6,03E-03	3,34E-03	3,26E-01	1,81E-01	2,26E+00		
Nikkel	1,31E+01	8,48E+00	8,11E+01	5,23E+01	1,96E+02		
Sink	1,28E+01	7,72E+00	5,05E+02	3,05E+02	1,29E+03		
Naftalen	3,13E+00	1,54E+00	3,46E+00	1,70E+00	1,54E+02		
Acenafylen	1,61E+00	4,75E-01	1,83E+00	5,40E-01	8,10E+00		
Acenaftefen	4,50E-01	1,72E-01	5,46E-01	2,08E-01	1,67E+01		
Fluoren	8,83E-01	3,15E-01	1,15E+00	4,11E-01	1,63E+01		
Fenantenren	4,84E+00	1,38E+00	7,48E+00	2,13E+00	1,47E+01		
Antracenen	8,23E-01	2,84E-01	1,37E+00	4,72E-01	7,59E-01	1,80	1,39
Fluorantenren	3,23E+00	8,23E-01	7,89E+00	2,01E+00	1,45E+00	5,45	1,39
Pyren	4,52E+00	1,18E+00	8,22E+00	2,15E+00	4,04E+00	10,20	3,15
Benzo(a)antracenen	9,53E-01	2,95E-01	3,35E+00	1,04E+00	3,29E-01	2,49	
Benzo(b)fluorantenren	2,31E+00	8,26E-01	4,96E+00	1,78E+00	1,99E+00	2,12	
Benzo(k)fluorantenren	1,17E+00	3,61E-01	3,01E+00	9,23E-01	1,42E+00	2,24	
Benzo(e)pyren	1,15E+00	3,11E-01	2,98E+00	8,09E-01	1,25E+00	1,21	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,03E-01	6,12E-02	1,12E+00	3,37E-01	2,45E+00	5,49	1,66
Dibenz(a,h)antracenen	5,63E-02	1,74E-02	2,67E-01	8,27E-02	2,65E+00	13,15	4,18
Benzo(ghi)perylen	5,01E-01	1,59E-01	1,49E+00	4,72E-01	1,13E-01		
PCB 28	8,23E-02	1,61E-02	9,78E-02	1,91E-02			
PCB 52	4,01E+00	6,45E-01	4,42E+00	7,11E-01			
PCB 101	1,72E+00	2,66E-01	2,85E+00	4,41E-01			
PCB 118	1,07E-01	1,68E-02	8,10E-01	1,27E-01			
PCB 138	1,80E+00	2,76E-01	3,61E+00	5,52E-01			
PCB 153	1,34E-01	2,06E-02	1,47E+00	2,25E-01			
PCB 180	3,89E-01	6,03E-02	1,13E+00	1,75E-01			
Sum PCB7	8,25E+00	1,30E+00	1,44E+01	2,25E+00			
Tributyltinn (TBT-ion)	2,79E+00	1,16E+00	3,25E+00	1,35E+00	1,32E+01		

c) Område III

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{red} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	F _{tot, maks} ($mg/m^2/år$)	F _{tot, middel} ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	1,31E+01	9,49E+00	1,56E+01	1,12E+01	6,22E+01		
Bly	3,24E+00	2,23E+00	1,52E+01	1,05E+01	1,91E+01		
Kadmium	7,76E-02	4,56E-02	4,27E-01	2,51E-01	5,84E-01		
Kobber	1,62E+01	1,04E+01	2,96E+01	1,90E+01	2,05E+01	1,45	
Krom totalt (III + VI)	1,76E+00	1,26E+00	1,06E+01	7,54E+00	1,24E+02		
Kvikksølv	1,70E-02	1,12E-02	6,41E-02	4,24E-02	1,57E-01		
Nikkel	1,52E+01	1,17E+01	1,93E+01	1,48E+01	4,02E+01		
Sink	2,56E+01	1,61E+01	7,71E+01	4,84E+01	9,33E+01		
Naftalen	1,30E+01	6,26E+00	1,31E+01	6,29E+00	1,43E+02		
Acenaflyen	1,34E+00	7,87E-01	1,35E+00	7,92E-01	7,41E+00		
Acenafthen	1,12E+00	6,00E-01	1,13E+00	6,07E-01	1,50E+01		
Fluoren	1,07E+00	5,84E-01	1,08E+00	5,93E-01	1,43E+01		
Fenantren	6,66E+00	3,34E+00	6,85E+00	3,44E+00	1,20E+01		
Antracen	1,15E+00	5,77E-01	1,20E+00	5,98E-01	6,05E-01	1,97	
Fluoranten	4,87E+00	2,48E+00	5,26E+00	2,68E+00	8,27E-01	6,36	3,24
Pyren	6,76E+00	3,52E+00	7,06E+00	3,68E+00	2,89E+00	2,44	1,27
Benzo(a)antracen	1,83E+00	8,99E-01	2,09E+00	1,03E+00	1,24E-01	16,90	8,28
Krysen	4,31E+00	2,23E+00	4,59E+00	2,38E+00	1,03E+00	4,46	2,31
Benzo(b)fluoranten	2,01E+00	1,11E+00	2,18E+00	1,21E+00	6,03E-01	3,61	2,00
Benzo(k)fluoranten	1,88E+00	1,05E+00	2,04E+00	1,14E+00	5,39E-01	3,78	2,11
Benzo(a)pyren	1,71E+00	9,09E-01	1,87E+00	9,90E-01	1,03E+00	1,80	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,06E-01	1,74E-01	3,84E-01	2,18E-01	4,61E-02	8,32	4,73
Dibenzo(a,h)antracen	9,65E-02	5,17E-02	1,17E-01	6,26E-02	6,73E-01	19,34	11,35
Benzo(ghi)perylen	7,35E-01	4,32E-01	8,16E-01	4,79E-01	4,22E-02		
PCB 28	3,00E-02	1,78E-02	3,03E-02	1,79E-02			
PCB 52	4,43E-01	2,41E-01	4,45E-01	2,43E-01			
PCB 101	1,71E-01	8,91E-02	1,77E-01	9,24E-02			
PCB 118	1,21E-02	6,07E-03	1,65E-02	8,29E-03			
PCB 138	1,75E-01	8,41E-02	1,85E-01	8,88E-02			
PCB 153	1,19E-02	6,09E-03	1,85E-02	9,48E-03			
PCB 180	3,29E-02	1,75E-02	3,64E-02	1,93E-02			
Sum PCB7	8,76E-01	4,62E-01	9,09E-01	4,79E-01			
Tributyltinn (TBT-ion)	6,97E+00	2,87E+00	7,02E+00	2,89E+00	1,16E+01		

Stoff		Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
		Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	F _{tot, maks} ($mg/m^2/år$)	F _{tot, middel} ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arseen	1,31E+01	8,54E+00	1,56E+01	1,01E+01	6,23E+01			
Bly	2,09E+00	1,38E+00	9,90E+00	6,55E+00	1,92E+01			
Kadmium	3,76E-02	1,55E-02	2,09E-01	8,59E-02	5,89E-01			
Kobber	9,97E+00	5,41E+00	1,84E+01	9,96E+00	2,06E+01			
Krom totalt (III + VI)	1,51E+00	9,41E-01	9,13E+00	5,70E+00	1,25E+02			
Kvikksølv	1,29E-02	7,65E-03	4,92E-02	2,91E-02	1,58E-01			
Nikkel	1,18E+01	9,03E+00	1,50E+01	1,15E+01	4,03E+01			
Sink	1,19E+01	7,17E+00	3,61E+01	2,18E+01	9,40E+01			
Naftalen	3,92E+00	2,76E+00	3,94E+00	2,77E+00	1,43E+02			
Acenafylen	5,87E-01	3,52E-01	5,91E-01	3,54E-01	7,41E+00			
Acenaftefen	7,43E-01	4,10E-01	7,50E-01	4,14E-01	1,50E+01			
Fluoren	7,95E-01	5,24E-01	8,07E-01	5,31E-01	1,42E+01			
Fenantren	4,13E+00	2,51E+00	4,25E+00	2,57E+00	1,20E+01			
Antracen	9,63E-01	4,78E-01	9,95E-01	4,94E-01	6,05E-01	1,64	1,83	
Fluoranten	1,91E+00	1,41E+00	2,05E+00	1,52E+00	8,27E-01	2,47	4,04	
Pyren	2,73E+00	2,02E+00	2,84E+00	2,11E+00	2,89E+00	6,28	1,75	
Benzo(a)antracen	6,89E-01	4,43E-01	7,78E-01	5,00E-01	1,24E-01	1,75	1,19	
Krysolen	1,70E+00	1,16E+00	1,80E+00	1,23E+00	1,03E+00	1,90	1,18	
Benzo(b)fluoranten	1,06E+00	6,58E-01	1,15E+00	7,11E-01	6,04E-01	1,70	1,12	
Benzo(k)fluoranten	8,52E-01	5,62E-01	9,19E-01	6,06E-01	5,40E-01	5,12	3,05	
Benzo(a)pyren	7,91E-01	4,77E-01	8,56E-01	5,16E-01	1,03E+00	12,89	8,04	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,92E-01	1,14E-01	2,36E-01	1,41E-01	4,62E-02			
Dibenzo(a,h)antracen	5,38E-02	3,21E-02	6,42E-02	3,83E-02	6,75E-01			
Benzo(ghi)perylen	4,94E-01	3,08E-01	5,45E-01	3,40E-01	4,23E-02			
PCB 28	3,90E-02	1,49E-02	3,94E-02	1,51E-02				
PCB 52	2,54E-01	1,15E-01	2,55E-01	1,16E-01				
PCB 101	7,15E-02	3,11E-02	7,39E-02	3,22E-02				
PCB 118	4,23E-03	1,94E-03	5,67E-03	2,60E-03				
PCB 138	6,52E-02	2,91E-02	6,86E-02	3,06E-02				
PCB 153	5,43E-03	2,38E-03	8,22E-03	3,60E-03				
PCB 180	1,75E-02	6,83E-03	1,92E-02	7,50E-03				
Sum PCB7	4,57E-01	2,02E-01	4,70E-01	2,08E-01				
Tributylhin (TBT-ion)	3,78E+00	1,24E+00	3,80E+00	1,24E+00	1,16E+01			

c) Område IV

Resultatene i **Tabell 11** viser at det er kobber i område I og II som overskrider grenseverdien i område I og II. For PAHer det flere forbindelser som overskrider grenseverdien i alle de fire områdene. Overskridelsene er små eller moderate.

5.3 Risiko for 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. Det kan være direkte kontakt med sediment og vann og inntak av sediment og vann, noe som kan være aktuelt dersom barn direkte spiser sediment eller får i seg sjøvann ved bading. Denne livstidsdosen sammenlignes så med gitte grenseverdier. Dette kan være 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 miljøgifter fra sedimentet ikke må overskride 10 % av det totale akseptable inntaket i mennesker.

Beregnet risiko for skade på human helse er vist i **Tabell 12**. Tabellen viser i hvor stor grad utlekking fra sedimentene alene gir overskridelse av total akseptabel livstidsdose for de ulike miljøgiftene.

Tabell 12. 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. Positive verdier i de to siste kolonnene betyr overskridelse. Tabellen går over 4 sider.

a) Område I					
Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	4,02E-05	2,94E-05	1,00E-04		
Bly	1,15E-03	8,12E-04	3,60E-04	3,20	2,26
Kadmium	1,35E-06	7,68E-07	5,00E-05		
Kobber	3,98E-03	1,87E-03	5,00E-03		
Krom totalt (III + VI)	7,50E-05	5,00E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	7,77E-07	5,26E-07	1,00E-05		
Nikkel	3,82E-04	2,68E-04	5,00E-03		
Sink	2,72E-02	1,73E-02	3,00E-02		
Naftalen	1,74E-03	7,63E-04	4,00E-03		
Acenaftalen	2,42E-04	1,62E-04			
Acenaften	9,32E-04	4,56E-04			
Fluoren	7,40E-04	3,59E-04			
Fenantren	6,81E-03	3,10E-03	4,00E-03	1,70	
Antracen	4,15E-04	2,05E-04	4,00E-03		
Fluoranten	7,55E-03	3,48E-03	5,00E-03	1,51	
Pyren	8,70E-03	4,06E-03			
Benzo(a)antracen	2,31E-03	1,08E-03	5,00E-04	4,61	2,15
Krysen	8,26E-03	3,84E-03	5,00E-03	1,65	
Benzo(b)fluoranten	4,33E-03	2,07E-03			
Benzo(k)fluoranten	3,88E-03	1,88E-03	5,00E-04	7,76	3,76
Benzo(a)pyren	3,33E-03	1,64E-03	2,30E-06	1446,95	713,61
Indeno(1,2,3-cd)pyren	7,25E-04	3,72E-04	5,00E-04	1,45	
Dibenzo(a,h)antracen	2,13E-04	1,08E-04			
Benzo(ghi)perylene	1,78E-03	9,24E-04	3,00E-03		
PCB 28	2,64E-04	1,19E-04			
PCB 52	2,01E-02	8,67E-03			
PCB 101	7,98E-03	3,34E-03			
PCB 118	6,31E-04	2,60E-04			
PCB 138	7,11E-03	3,19E-03			
PCB 153	4,79E-04	2,17E-04			
PCB 180	1,16E-03	5,58E-04			
Sum PCB7	3,77E-02	1,64E-02	2,00E-06	18858,72	8180,30
Tributyltinn (TBT-ion)	9,22E-04	4,00E-04	2,50E-04	3,69	1,60

b) Område II

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	4,52E-05	2,56E-05	1,00E-04		
Bly	1,32E-03	4,49E-04	3,60E-04	3,66	1,25
Kadmium	1,19E-06	5,29E-07	5,00E-05		
Kobber	5,87E-03	1,23E-03	5,00E-03	1,17	
Krom totalt (III + VI)	4,67E-05	3,03E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	5,24E-07	2,90E-07	1,00E-05		
Nikkel	2,80E-04	1,80E-04	5,00E-03		
Sink	9,53E-03	5,75E-03	3,00E-02		
Naftalen	2,37E-04	1,16E-04	4,00E-03		
Acenaftalen	6,16E-04	1,82E-04			
Acenaften	2,45E-04	9,35E-05			
Fluoren	6,09E-04	2,17E-04			
Fenantren	4,85E-03	1,38E-03	4,00E-03	1,21	
Antracen	7,98E-04	2,75E-04	4,00E-03		
Fluoranten	7,42E-03	1,89E-03	5,00E-03	1,48	
Pyren	8,87E-03	2,32E-03			
Benzo(a)antracen	2,68E-03	8,30E-04	5,00E-04	5,37	1,66
Krysen	6,94E-03	2,49E-03	5,00E-03	1,39	
Benzo(b)fluoranten	3,65E-03	1,12E-03			
Benzo(k)fluoranten	3,45E-03	1,01E-03	5,00E-04	6,90	2,03
Benzo(a)pyren	3,57E-03	9,68E-04	2,30E-06	1550,98	420,98
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,33E-04	1,91E-04	5,00E-04	1,27	
Dibenzo(a,h)antracen	1,76E-04	5,44E-05			
Benzo(ghi)perylene	1,56E-03	4,96E-04	3,00E-03		
PCB 28	2,40E-04	4,67E-05			
PCB 52	1,25E-02	2,02E-03			
PCB 101	5,39E-03	8,34E-04			
PCB 118	3,37E-04	5,27E-05			
PCB 138	5,67E-03	8,68E-04			
PCB 153	4,23E-04	6,47E-05			
PCB 180	1,23E-03	1,90E-04			
Sum PCB7	2,58E-02	4,07E-03	2,00E-06	12906,40	2035,88
Tributyltinn (TBT-ion)	7,69E-04	3,19E-04	2,50E-04	3,08	1,28

c) Område III

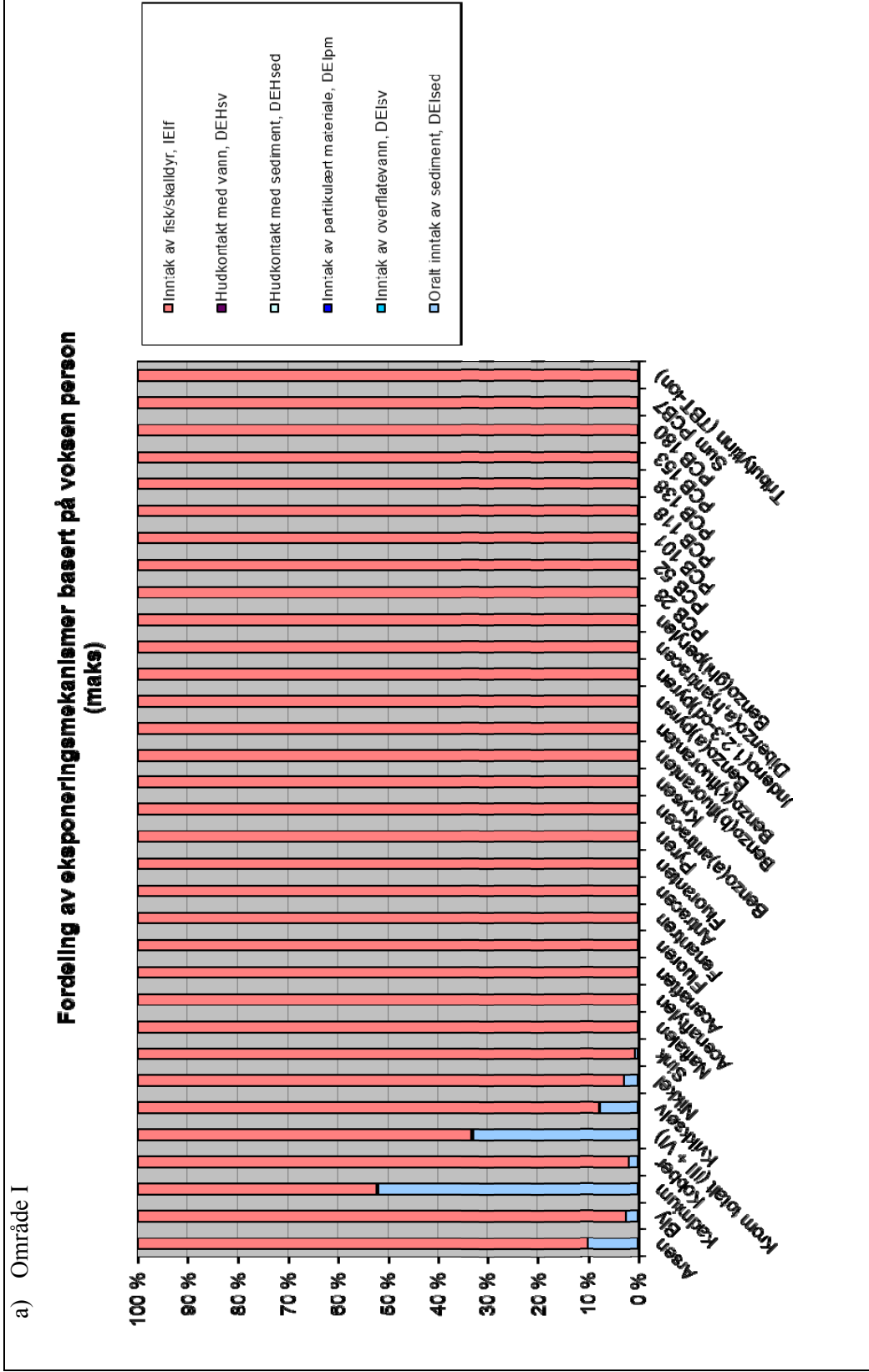
Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	5,93E-05	4,29E-05	1,00E-04		
Bly	1,08E-03	7,47E-04	3,60E-04	3,01	2,08
Kadmium	2,33E-06	1,37E-06	5,00E-05		
Kobber	1,53E-03	9,82E-04	5,00E-03		
Krom totalt (III + VI)	8,00E-05	5,69E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	1,47E-06	9,75E-07	1,00E-05		
Nikkel	3,24E-04	2,49E-04	5,00E-03		
Sink	1,91E-02	1,20E-02	3,00E-02		
Naftalen	9,83E-04	4,72E-04	4,00E-03		
Acenaftalen	5,14E-04	3,01E-04			
Acenaften	6,12E-04	3,27E-04			
Fluoren	7,36E-04	4,02E-04			
Fenantren	6,67E-03	3,35E-03	4,00E-03	1,67	
Antracen	1,12E-03	5,60E-04	4,00E-03		
Fluoranten	1,12E-02	5,71E-03	5,00E-03	2,24	1,14
Pyren	1,33E-02	6,91E-03			
Benzo(a)antracen	5,17E-03	2,53E-03	5,00E-04	10,33	5,06
Krysen	1,30E-02	6,72E-03	5,00E-03	2,59	1,34
Benzo(b)fluoranten	6,23E-03	3,46E-03			
Benzo(k)fluoranten	5,84E-03	3,26E-03	5,00E-04	11,68	6,51
Benzo(a)pyren	5,32E-03	2,83E-03	2,30E-06	2314,18	1228,65
Indeno(1,2,3-cd)pyren	9,56E-04	5,44E-04	5,00E-04	1,91	1,09
Dibenzo(a,h)antracen	3,01E-04	1,61E-04			
Benzo(ghi)perylene	2,29E-03	1,35E-03	3,00E-03		
PCB 28	8,74E-05	5,17E-05			
PCB 52	1,38E-03	7,54E-04			
PCB 101	5,35E-04	2,79E-04			
PCB 118	3,78E-05	1,90E-05			
PCB 138	5,51E-04	2,64E-04			
PCB 153	3,75E-05	1,92E-05			
PCB 180	1,04E-04	5,50E-05			
Sum PCB7	2,74E-03	1,44E-03	2,00E-06	1368,21	721,30
Tributyltinn (TBT-ion)	1,92E-03	7,93E-04	2,50E-04	7,69	3,17

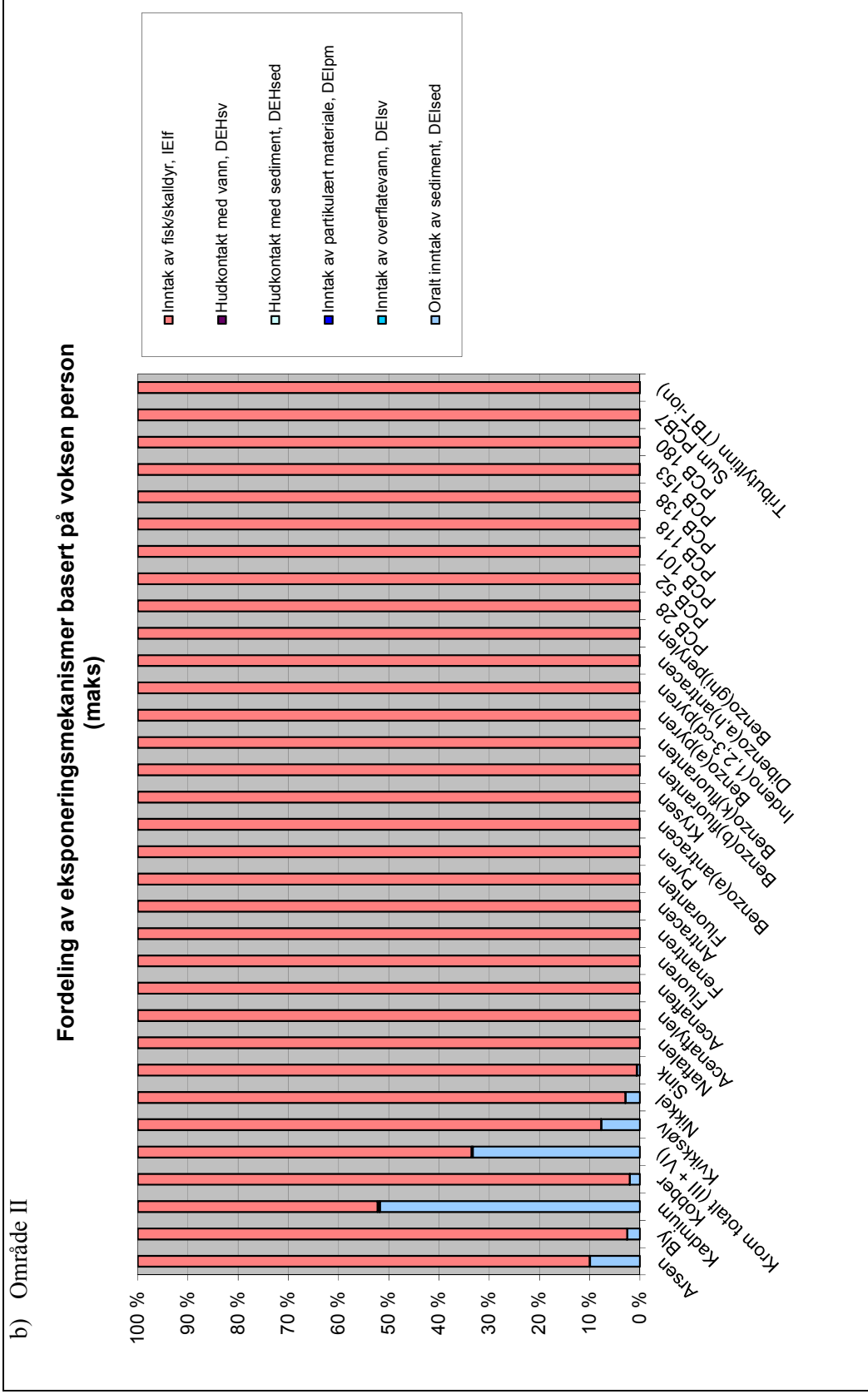
d) Område IV

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	5,93E-05	3,86E-05	1,00E-04		
Bly	7,01E-04	4,64E-04	3,60E-04	1,95	1,29
Kadmium	1,13E-06	4,65E-07	5,00E-05		
Kobber	9,43E-04	5,11E-04	5,00E-03		
Krom totalt (III + VI)	6,83E-05	4,27E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	1,12E-06	6,64E-07	1,00E-05		
Nikkel	2,50E-04	1,92E-04	5,00E-03		
Sink	8,85E-03	5,34E-03	3,00E-02		
Naftalen	2,96E-04	2,08E-04	4,00E-03		
Acenaftilen	2,25E-04	1,35E-04			
Acenaften	4,05E-04	2,23E-04			
Fluoren	5,48E-04	3,61E-04			
Fenantren	4,14E-03	2,51E-03	4,00E-03	1,04	
Antracen	9,34E-04	4,63E-04	4,00E-03		
Fluoranten	4,38E-03	3,25E-03	5,00E-03		
Pyren	5,35E-03	3,97E-03			
Benzo(a)antracen	1,94E-03	1,25E-03	5,00E-04	3,88	2,49
Krysen	5,12E-03	3,48E-03	5,00E-03	1,02	
Benzo(b)fluoranten	3,31E-03	2,05E-03			
Benzo(k)fluoranten	2,65E-03	1,75E-03	5,00E-04	5,29	3,49
Benzo(a)pyren	2,46E-03	1,48E-03	2,30E-06	1068,78	644,93
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5,98E-04	3,56E-04	5,00E-04	1,20	
Dibenzo(a,h)antracen	1,68E-04	1,00E-04			
Benzo(ghi)perylene	1,54E-03	9,61E-04	3,00E-03		
PCB 28	1,14E-04	4,34E-05			
PCB 52	7,93E-04	3,60E-04			
PCB 101	2,24E-04	9,76E-05			
PCB 118	1,33E-05	6,09E-06			
PCB 138	2,05E-04	9,16E-05			
PCB 153	1,71E-05	7,48E-06			
PCB 180	5,50E-05	2,15E-05			
Sum PCB7	1,42E-03	6,28E-04	2,00E-06	710,45	314,06
Tributyltinn (TBT-ion)	1,04E-03	3,41E-04	2,50E-04	4,17	1,36

Resultatene i **Tabell 12** viser at det er overskridelse av beregnet total livstidsdose for bly, flere PAH-forbindelser (først og fremst benzo(a)pyren), PCB og TBT. Fordelingen av eksponeringsmekanismer for miljøgiftene er vist i **Figur 5**.

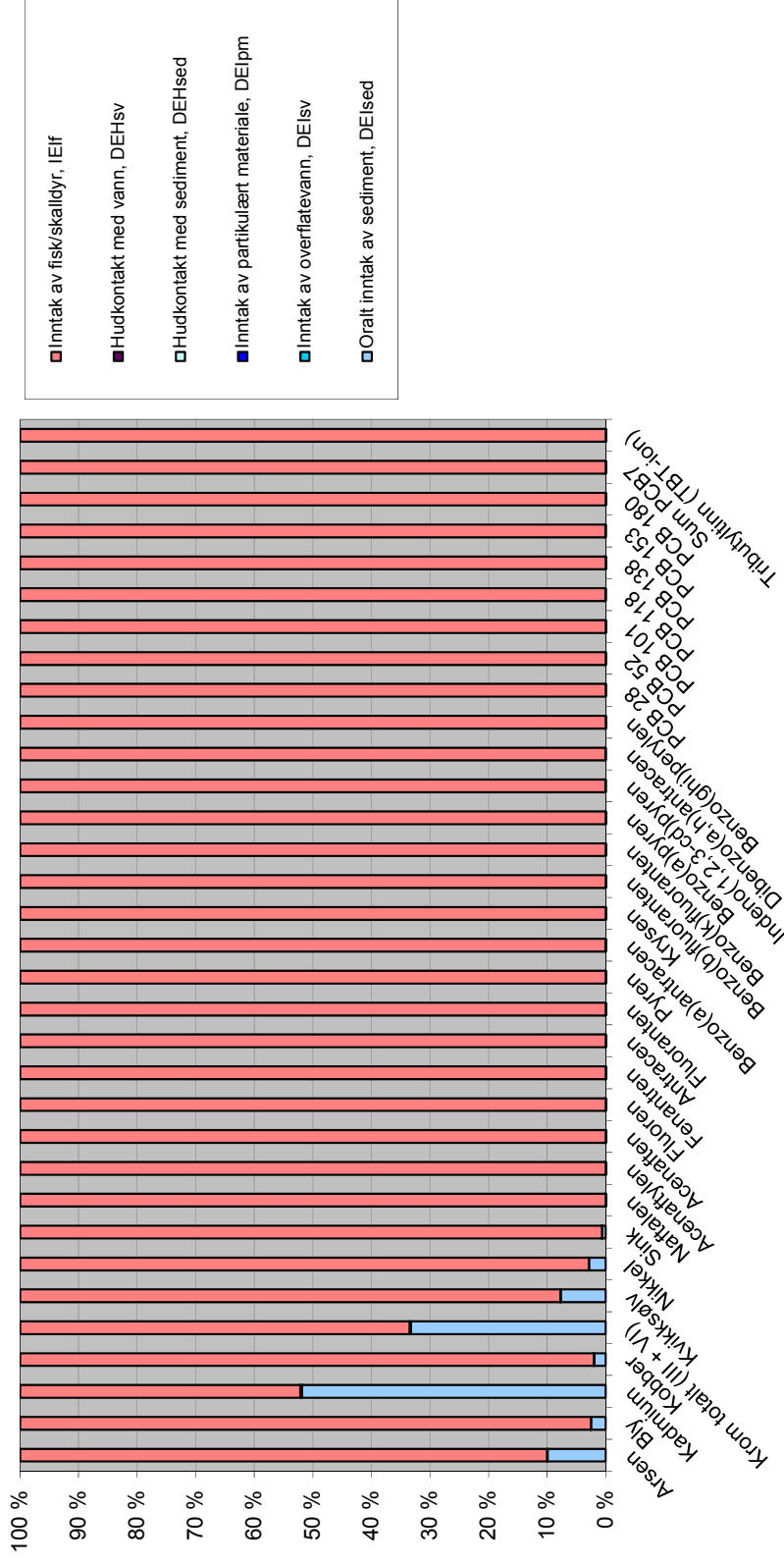
Resultatene i **Figur 5** viser at for metallene er risikoen for human helse knyttet til et eventuelt oralt inntak av sediment og inntak av fisk og skalldyr fra området. For de andre forbindelsene er det utelukkende inntak av sjømat fra området som kan utgjøre en risiko. Verken hudkontakt med sediment, eller inntak av sjøvann fra området utgjør noen risiko for skade.

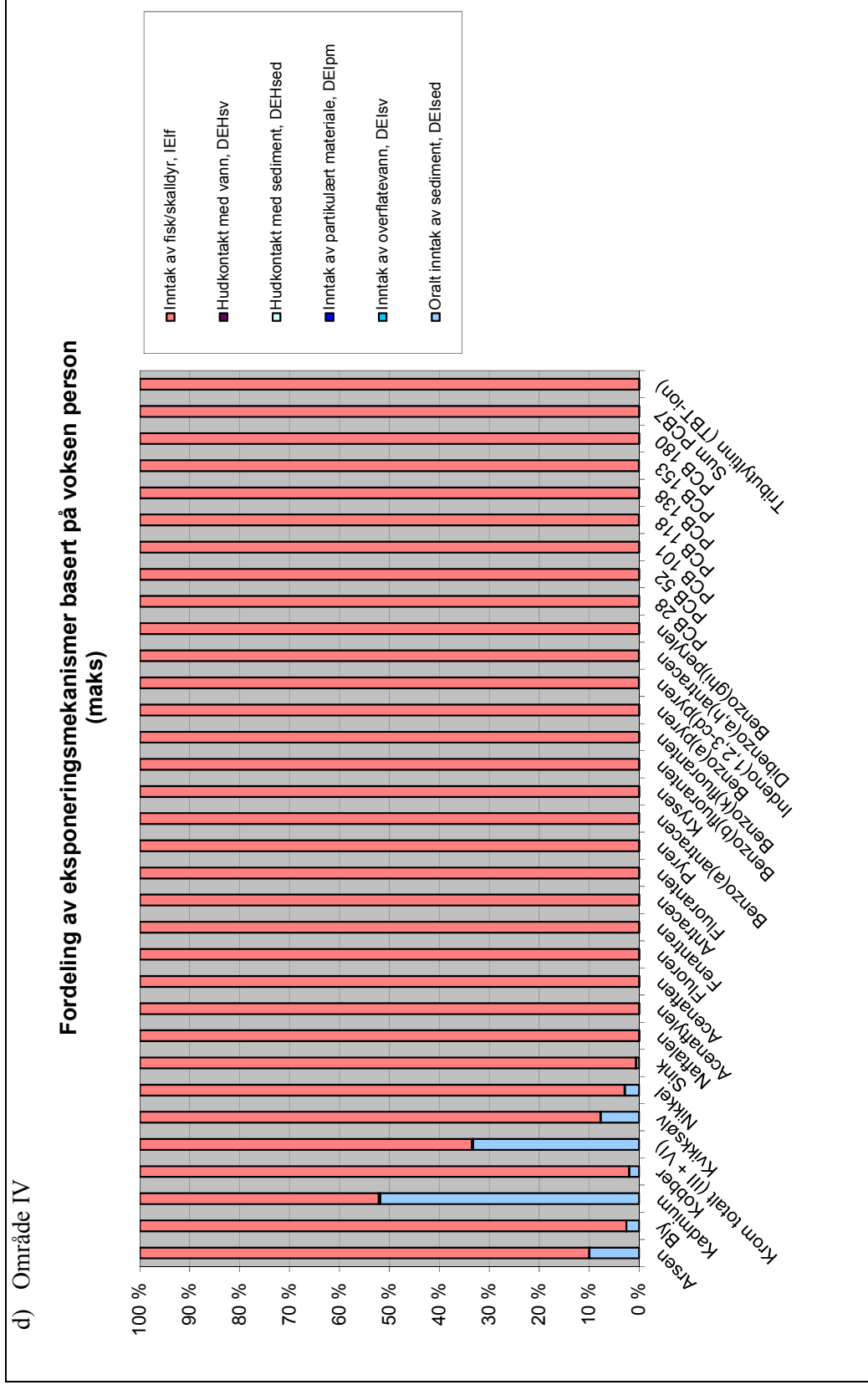




c) Område III

Fordeling av eksponeringsmekanismer basert på voksen person (maks)





Figur 5. Fordeling av eksponeringsmekanismer (gjennomsnittsverdi). Figuren går over 4 sider.

5.4 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.

5.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet

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 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 13**.

Det gis heller ikke her verdier for PCB ettersom det ikke er oppgitt grenseverdier for enkeltkongenerer av PCB i risikoveilederen.

Tabell 13. 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. Positive verdier i de to siste kolonnene betyr overskridelse. Tabellen går over 4 sider.

a) Område I							
Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,33E-03	9,74E-04	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	4,46E-04	3,14E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	8,46E-06	4,82E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	7,78E-03	3,66E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	12,16	5,72
Krom totalt (III + VI)	3,75E-04	2,50E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,36E-06	9,13E-07	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	3,67E-03	2,57E-03	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	1,67	1,17
Sink	5,48E-03	3,48E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03	1,89	1,20
Naftalen	3,55E-03	1,56E-03	ikke målt	ikke målt	2,4E-03	1,48	
Acenaftalen	9,86E-05	6,57E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	2,56E-04	1,25E-04	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	1,61E-04	7,79E-05	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	9,41E-04	4,28E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	6,00E-05	2,97E-05	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	2,13E-04	9,80E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-04	1,77	
Pyren	3,87E-04	1,81E-04	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	16,85	7,85
Benzo(a)antracen	2,71E-05	1,26E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	2,26	1,05
Krysen	5,22E-05	2,43E-05	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	1,77E-05	8,45E-06	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	1,58E-05	7,67E-06	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	1,36E-05	6,69E-06	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,95E-06	1,52E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	1,48	
Dibenzo(a,h)antracen	8,68E-07	4,38E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	7,27E-06	3,77E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	3,63	1,88
PCB 28	1,01E-04	4,35E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	2,20E-04	9,22E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	2,57E-05	1,06E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	2,57E-06	1,06E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	2,90E-05	1,30E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	1,95E-06	8,84E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	4,72E-06	2,28E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	3,85E-04	1,63E-04	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	8,62E-04	3,74E-04	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	4107,00	1779,70

b) Område II

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,50E-03	8,50E-04	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	5,10E-04	1,74E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	7,46E-06	3,32E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	1,15E-02	2,40E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	17,92	3,76
Krom totalt (III + VI)	2,33E-04	1,51E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	9,10E-07	5,04E-07	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	2,68E-03	1,73E-03	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	1,22	
Sink	1,92E-03	1,16E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	4,85E-04	2,38E-04	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenafylen	2,50E-04	7,41E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	6,75E-05	2,57E-05	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	1,32E-04	4,72E-05	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	6,70E-04	1,91E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	1,15E-04	3,98E-05	ikke målt	ikke målt	1,1E-04	1,05	
Fluoranten	2,09E-04	5,34E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-04	1,74	
Pyren	3,95E-04	1,03E-04	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	17,17	4,50
Benzo(a)antracen	3,16E-05	9,75E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	2,63	
Krysen	4,38E-05	1,57E-05	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	1,49E-05	4,57E-06	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	1,41E-05	4,13E-06	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	1,45E-05	3,95E-06	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,58E-06	7,78E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	1,29	
Dibenzo(a,h)antracen	7,16E-07	2,22E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylen	6,36E-06	2,02E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	3,18	1,01
PCB 28	6,29E-05	1,01E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	1,49E-04	2,30E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	1,37E-05	2,14E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	1,37E-06	2,14E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	2,31E-05	3,54E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	1,72E-06	2,64E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	5,00E-06	7,75E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	2,56E-04	4,00E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	7,19E-04	2,98E-04	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	3422,93	1419,51

c) Område III

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,97E-03	1,42E-03	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	4,20E-04	2,89E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	1,46E-05	8,58E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	2,99E-03	1,92E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	4,67	3,00
Krom totalt (III + VI)	4,00E-04	2,85E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	2,56E-06	1,69E-06	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	3,11E-03	2,39E-03	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	1,41	1,09
Sink	3,84E-03	2,41E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03	1,32	
Naftalen	2,01E-03	9,64E-04	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftalen	2,09E-04	1,23E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	1,68E-04	9,00E-05	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	1,60E-04	8,74E-05	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	9,21E-04	4,62E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	1,62E-04	8,09E-05	ikke målt	ikke målt	1,1E-04	1,47	
Fluoranten	3,16E-04	1,61E-04	ikke målt	ikke målt	1,2E-04	2,63	1,34
Pyren	5,91E-04	3,08E-04	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	25,68	13,38
Benzo(a)antracen	6,07E-05	2,98E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	5,06	2,48
Krysen	8,19E-05	4,24E-05	ikke målt	ikke målt	7,0E-05	1,17	
Benzo(b)fluoranten	2,54E-05	1,41E-05	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	2,38E-05	1,33E-05	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	2,17E-05	1,15E-05	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,89E-06	2,22E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	1,95	1,11
Dibenzo(a,h)antracen	1,23E-06	6,58E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	9,35E-06	5,49E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	4,67	2,74
PCB 28	6,94E-06	3,78E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	1,48E-05	7,70E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	1,54E-06	7,75E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	1,54E-07	7,75E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	2,25E-06	1,08E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	1,53E-07	7,81E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	4,23E-07	2,24E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	2,62E-05	1,37E-05	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	1,80E-03	7,41E-04	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	8563,90	3529,08

d) Område IV							
Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv, maks} (mg/l)	C _{pv, middel} (mg/l)	C _{pv, maks} (mg/l)	C _{pv, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,97E-03	1,28E-03	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	2,71E-04	1,79E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	7,08E-06	2,91E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	1,84E-03	1,00E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	2,88	1,56
Krom totalt (III + VI)	3,42E-04	2,13E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,95E-06	1,15E-06	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	2,40E-03	1,84E-03	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	1,09	
Sink	1,78E-03	1,07E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	6,04E-04	4,25E-04	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftilen	9,16E-05	5,49E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	1,11E-04	6,14E-05	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	1,19E-04	7,84E-05	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	5,72E-04	3,47E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	1,35E-04	6,70E-05	ikke målt	ikke målt	1,1E-04	1,23	
Fluoranten	1,24E-04	9,16E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-04	1,03	
Pyren	2,38E-04	1,77E-04	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	10,37	7,68
Benzo(a)antracen	2,28E-05	1,47E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	1,90	1,22
Krysen	3,23E-05	2,20E-05	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	1,35E-05	8,34E-06	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	1,08E-05	7,12E-06	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	1,00E-05	6,05E-06	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,44E-06	1,45E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	1,22	
Dibenzo(a,h)antracen	6,84E-07	4,08E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	6,28E-06	3,92E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	3,14	1,96
PCB 28	3,98E-06	1,81E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	6,18E-06	2,69E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	5,41E-07	2,48E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	5,41E-08	2,48E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	8,36E-07	3,73E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	6,96E-08	3,05E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	2,24E-07	8,77E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	1,19E-05	5,26E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	9,74E-04	3,19E-04	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	4638,22	1517,21

Tabell 13 viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider PNEC_w for kobber i alle områdene og så vidt for nikkel i område I og III. PAH-forbindelsene pyren og benzo(ghi)perylene ble overskredet i alle områdene. TBT i porevann viste den høyeste overskridelsen i alle områdene. Både sedimentkonsentrasjonene og de beregnede porevannskonsentrasjonene viser derfor at sedimentene utgjør en risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

5.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene

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 antatt oppholdstid av vannet i bassenget over sedimentet). Vannvolumet er beregnet ved å ta verdier fra dybdekart fra hvert område og beregne gjennomsnittet av disse, for oppholdstiden er det benyttet en skjønsmessig verdi på 0,04 (tilsvarende ca 2 ukers oppholdstid) som er en vanlig oppholdstid i fjordsystemer. Dette betegnes som PEC (Predicted Environmental Concentration). I **Tabell 14** er resultatene av disse beregningene vist.

Tabell 14. Beregnet konsentrasjon (C_{sv} $\mu\text{g/l}$ og C_{sv} ng/l) og beregnet overskridelse av PNEC_w for ulike miljøgifter i vannmassene. Positive verdier i nest siste kolonnene betyr overskridelse. Tabellen går over 4 sider.

a) Område I							
Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC_w (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC_w (antall ganger):	
	C_{sv} , maks (mg/l)	C_{sv} , middel (mg/l)	C_{sv} , maks (mg/l)	C_{sv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,04E-04	7,63E-05	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	3,65E-05	2,57E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	5,27E-07	3,00E-07	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	4,81E-04	2,26E-04	ikke målt	ikke målt	6,4E-04		
Krom totalt (III + VI)	1,93E-05	1,29E-05	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,03E-07	6,96E-08	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	2,10E-04	1,47E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	3,34E-04	2,12E-04	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	2,65E-04	1,16E-04	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftalen	6,57E-06	4,38E-06	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	1,68E-05	8,20E-06	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	9,98E-06	4,83E-06	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	5,55E-05	2,53E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	3,54E-06	1,75E-06	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	1,15E-05	5,28E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	2,09E-05	9,73E-06	ikke målt	ikke målt	2,3E-05		
Benzo(a)antracen	1,34E-06	6,25E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-05		
Krysen	2,58E-06	1,20E-06	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	8,14E-07	3,90E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	7,29E-07	3,54E-07	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	6,25E-07	3,08E-07	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,28E-07	6,56E-08	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	3,73E-08	1,88E-08	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	3,14E-07	1,63E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
PCB 28	4,58E-06	1,98E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	9,15E-06	3,83E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	9,87E-07	4,06E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	9,87E-08	4,06E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	1,04E-06	4,65E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	6,98E-08	3,16E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	1,58E-07	7,63E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	1,61E-05	6,83E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	3,60E-05	1,56E-05	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	171,49	74,31

b) Område II

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	2,27E-04	1,29E-04	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	1,41E-03	4,79E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	1,72E-05	7,66E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	5,24E-03	1,10E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	8,19	1,72
Krom totalt (III + VI)	4,97E-04	3,23E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,63E-06	9,02E-07	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	4,05E-04	2,61E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	2,51E-03	1,51E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	1,69E-05	8,34E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftilen	8,18E-06	2,42E-06	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	2,35E-06	8,97E-07	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	4,82E-06	1,72E-06	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	3,00E-05	8,54E-06	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	5,63E-06	1,94E-06	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	2,81E-05	7,17E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	2,75E-05	7,21E-06	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	1,20	
Benzo(a)antracen	1,27E-05	3,92E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	1,06	
Krysen	1,42E-05	5,08E-06	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	9,45E-06	2,90E-06	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	8,73E-06	2,57E-06	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	9,44E-06	2,56E-06	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,62E-06	1,39E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	2,31	
Dibenzo(a,h)antracen	1,07E-06	3,30E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	5,05E-06	1,60E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	2,52	
PCB 28	3,29E-06	5,30E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	8,60E-06	1,33E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	3,77E-06	5,88E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	3,54E-06	5,52E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	9,36E-06	1,43E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	6,70E-06	1,03E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	3,77E-06	5,84E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	3,90E-05	6,04E-06	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	1,51E-05	6,25E-06	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	71,81	29,78

c) Område III

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	7,77E-05	5,62E-05	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	7,44E-05	5,12E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	2,13E-06	1,25E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	1,46E-04	9,37E-05	ikke målt	ikke målt	6,4E-04		
Krom totalt (III + VI)	5,29E-05	3,77E-05	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	3,18E-07	2,11E-07	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	9,61E-05	7,39E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	3,57E-04	2,24E-04	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	6,39E-05	3,07E-05	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftilen	5,96E-06	3,50E-06	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	4,74E-06	2,53E-06	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	4,30E-06	2,35E-06	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	2,41E-05	1,21E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	4,27E-06	2,13E-06	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	9,19E-06	4,68E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	1,50E-05	7,84E-06	ikke målt	ikke målt	2,3E-05		
Benzo(a)antracen	2,57E-06	1,26E-06	ikke målt	ikke målt	1,2E-05		
Krysen	3,11E-06	1,61E-06	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	1,37E-06	7,62E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	1,27E-06	7,07E-07	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	1,19E-06	6,32E-07	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,58E-07	2,61E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	1,24E-07	6,63E-08	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	5,77E-07	3,39E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
PCB 28	1,47E-07	7,98E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	2,93E-07	1,53E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	4,73E-08	2,38E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	2,46E-08	1,24E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	8,31E-08	3,98E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	3,54E-08	1,81E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	2,35E-08	1,25E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	6,54E-07	3,40E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	3,22E-05	1,33E-05	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	153,16	63,12

d) Område IV							
Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)	C _{sv, maks} (mg/l)	C _{sv, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,78E-05	1,16E-05	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	1,11E-05	7,33E-06	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	2,38E-07	9,81E-08	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	2,07E-05	1,12E-05	ikke målt	ikke målt	6,4E-04		
Krom totalt (III + VI)	1,04E-05	6,51E-06	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	5,59E-08	3,31E-08	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	1,70E-05	1,31E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	3,82E-05	2,30E-05	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	4,40E-06	3,09E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftilen	5,97E-07	3,58E-07	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	7,16E-07	3,95E-07	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	7,30E-07	4,81E-07	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	3,40E-06	2,06E-06	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	8,11E-07	4,02E-07	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	8,09E-07	5,99E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	1,38E-06	1,02E-06	ikke målt	ikke målt	2,3E-05		
Benzo(a)antracen	2,12E-07	1,36E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-05		
Krysen	2,70E-07	1,84E-07	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	1,58E-07	9,80E-08	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	1,25E-07	8,25E-08	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	1,19E-07	7,20E-08	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,12E-08	3,65E-08	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	1,48E-08	8,80E-09	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	8,38E-08	5,23E-08	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
PCB 28	1,91E-08	8,67E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	2,78E-08	1,21E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	3,66E-09	1,68E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	1,84E-09	8,43E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	6,74E-09	3,01E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	3,43E-09	1,50E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	2,69E-09	1,05E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	6,53E-08	2,89E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	3,98E-06	1,30E-06	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	18,95	6,20

Resultatene i **Tabell 14** viser at det for kobber i område II og for TBT i alle fire områder er en viss risiko for skade på organismer som lever i vannmassene. Det finnes heller ikke her grenseverdier for PCB, men de beregnede konsentrasjonene er likevel vist for disse forbindelsene.

5.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer grunnet oljeforbindelser

Det ble analysert på oljeforbindelser på fire stasjoner i 2012. Resultatene er vist i **Tabell 15**.

Tabell 15. Observerte konsentrasjoner av olje i sediment fra 4 stasjoner innsamlet i 2012. For hver stasjon er konsentrasjonen i ulike fraksjoner (kjedelengde) vist. For totalfraksjonen er konsentrasjonsnivået oppgitt på både tørrvekt og våtvekstsbasis.

Fraksjon	C5-C8	C8-C10	C10-C12	C12-C16	C16-C35	C5-35
Stasjon/enhet	mg/kg T.S					mg/kg T.S./mg/kg v.v.
HUR 1	<5	<5	<5	8,7	140	150/87
HUR5	<5	<5	6,3	16	710	740/281
HUR6	<5	<5	6,6	15	200	220/110
Ny 10	<5	<5	5,3	25	270	300/114

Det ble analysert for oljeforbindelser i sediment fra kun en stasjon i 2007. På denne stasjonen ble det analysert på 4 snitt fra overflaten og ned til 16 cm. Resultatene fra denne stasjonen er vist i **Tabell 16**. Tabellen viser også resultatene fra undersøkelsen i 2000 (Berge og Berglind 2000) på 4 stasjoner (**Figur 6**) hvorav 3 (S2-S4) ligger godt utenfor området omfattet av denne undersøkelsen. Stasjonen S1 ligger imidlertid på grensen mellom område I og område II. I tillegg til sedimentene ble det også i 1999 analysert en prøve fra en kum på land. Ut fra en sammenligning av resultatene av oljeanalysene som ble gjort i 2007 på S1 (**Tabell 16**) og de 4 stasjoner som ble prøvetatt i 2012 (**Tabell 15**) kan det se ut som at konsentrasjonen av olje i område ikke er nevneverdig redusert.

Tabell 16. Innholdet av oljeforbindelser i sedimentene ved Hurum papirfabrikker (Berge 2008, Berge og Berglind 2000). Konsentrasjonene er oppgitt i mg/kg våtvekt.

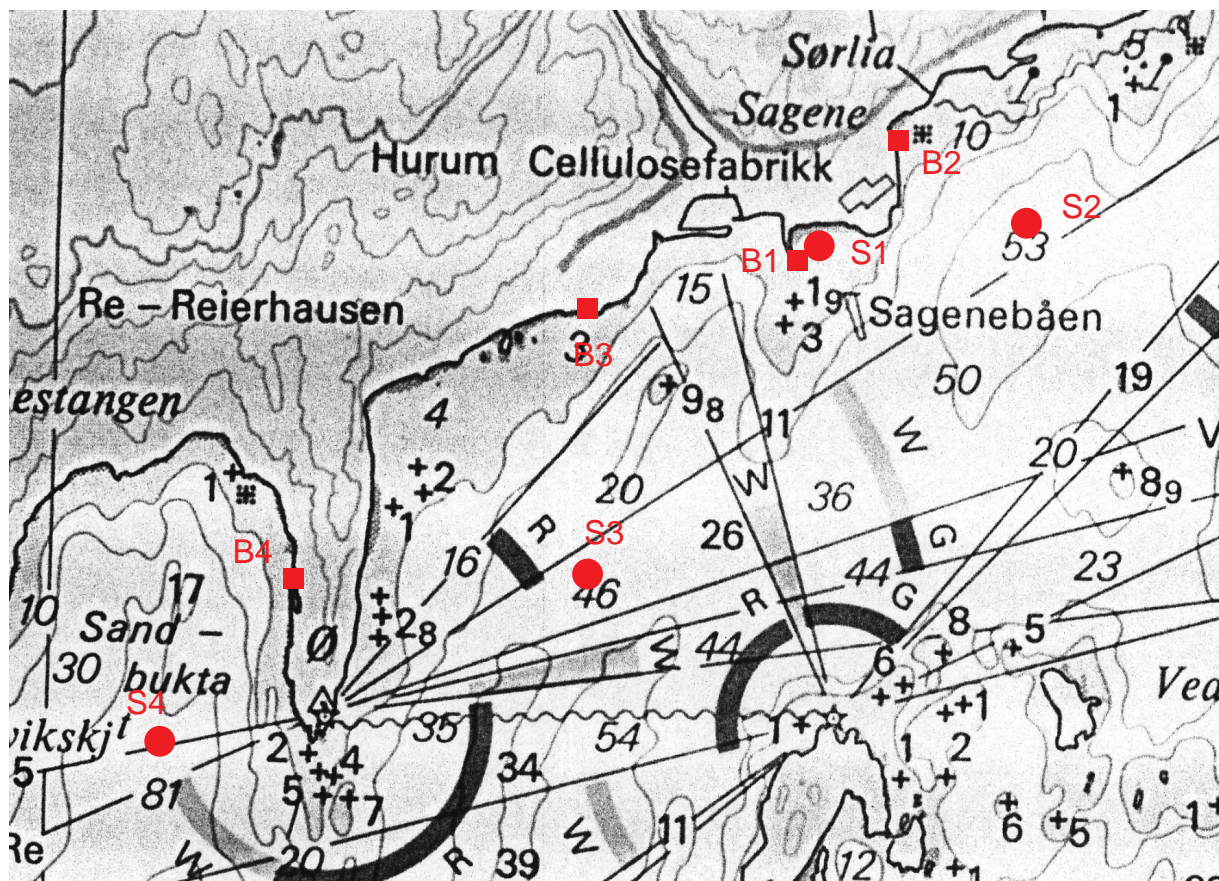
Stasjon	Sediment dyp (cm)	Olje**		Terpentin*	
		1999	2007	1999	2007
S1	0-2	68	<39	<20	<6,5
S1	5-7	i.a.	156-151	i.a.	<5,4
S1	10-12	i.a.	277	i.a.	<3,8
S1	12-16	i.a.	204	i.a.	<3,6
S2	0-2	100	i.a.	<20	i.a.
S3	0-2	<20	i.a.	M***	i.a.
S4 (Sandbukta)	0-2	<20	i.a.	<20	i.a.
Kum		3084	i.a.	54	i.a.

* 1999: forbindelser i området C6-C10, 2007: forbindelser i området C5-C10

** 1999: forbindelser i området C10-C40 (Kromatogrammene viste forbindelser i området ca. C15-C35)

2007: forbindelser i området C10-C35

*** ukjente forbindelser maskerer



Figur 6. Utsnitt av sjøkart som viser stasjoner hvor det ble innsamlet sediment i 2000 (S1-S4 sirkler) og blåskjell (B1-B4 kvadrater). Kilde: Berge og Berglind 2000.

Oljeforbindelser er ikke inkludert i risiko- og klassifiseringsveilederen. Det er likevel allment akseptert fra erfaringene i Nordsjøen (Zevenboom et al. 1993) at et konsentrasjonsnivå tilsvarende 50 µg/g t.v. neppe er tilstrekkelig til å gi vesentlige effekter på artsdiversiteten i bløtbunnssamfunn, men kan gi effekter på enkeltarter. Ved konsentrasjoner over 100 µg/g t.v. må en imidlertid forvente moderate til betydelig effekter også på artsdiversitet.

Resultatene viser at det var høyere konsentrasjoner enn dette på alle de fire stasjonene (**Tabell 15**). Det kan derfor ikke utelukkes at de påviste konsentrasjonene fra 150 mg/kg til 740 mg/kg for mineraloljeforbindelsene (Sum C15-C35) kan ha forårsaket negative biologiske effekter. De lettere terpentinene forekom i relativt lave konsentrasjoner i alle dyp i 2007-prøvene og det forventes derfor ikke skade grunnet disse forbindelsene alene.

6. Samlet vurdering

Risikovurderingens Trinn 1 viste at ingen av de undersøkte området kunne "friskmeldes", dvs. at det for alle områder foreligger konsentrasjoner av miljøgifter som tilsvarer tilstandsklasse III eller høyere. Resultatene viser at det for metallene kun er kobber som overskrider grenseverdiene og bare for område I og II basert på middelverdien for områdene. For PAH-forbindelsene er det overskridelse av flere forbindelser i alle de fire områdene. Det er spesielt høye enkeltverdier (klasse V) av forbindelsene benzo(a)antracen, krysen, benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylene. Også for summen av PCB-forbindelser (PCB₇) og TBT er det overskridelser i hvert av de fire områdene, med enkeltverdier som blir klassifisert til tilstandsklasse IV, dårlig og klasse V, svært dårlig. Det var derfor nødvendig å foreta en Trinn 2 risikovurdering.

En oppsummering av hovedtrekkene i Trinn 2 risikovurderingen for de 4 områdene ses i **Tabell 18**. Resultatene tyder på at det er en risiko for spredning av miljøgifter fra sedimentene beregnet til maksimalt 11,4 ganger det en ville hatt fra et sediment i Klasse II i område III. Minst spredning for enkeltforbindelser ble beregnet for område II. Den viktigste spredningsmekanisme for problemforbindelsene (**Tabell 18.**) ble beregnet å være oppvirvling fra skip for område II transport via næringskjeden i de tre øvrige områdene. Enkelte stasjoner hadde klart høyere konsentrasjoner av miljøgifter enn andre og kan omtales som «hotspots». For kobber og PCB gjelder dette for stasjonene Hur 1 og Hur 6. For benzo (a) pyren og pyren gjelder dette særlig stasjon Ny3. For benzo (ghi) perylen ble det observert relativt høye konsentrasjoner på alle stasjoner, men med den høyeste stasjonen på Ny3. Såkalte hotspots ble observert i alle områder med unntak av område IV.

Miljøgiftene i sedimentet i alle 4 områder ble beregnet å utgjøre en risiko for human helse. Det var særlig enkelte PAH-forbindelser og PCB som ble beregnet å representere en risiko gjennom inntak av fisk og skall dyr fra området. Hvor reell denne risikoen vil være avhengig av hvor mye som spises av lokal sjømat og hvilke arter. Største beregnede overskridelse skyldes nivåene av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, men siden fisk effektivt bryter ned PAH vil risikoen være reell bare dersom det er stort konsum av skalldyr fra området. Tidligere analyser av miljøgifter i lokale fisk og skalldyr (Berge 2003) viste lave nivåer, noe som tyder på at risiko for skade på human helse er overestimert. Det foreligger nå ingen egne kostholdsråd for området. Ut fra analyser av fiskelever fra 15 områder langs kysten fraråder imidlertid Mattilsynet på mer generelt grunnlag å spise lever av selvfangnet fisk tatt i skjærgården. Vi har ingen oversikt over i hvilken grad området utenfor tidligere Hurum papirfabrikk benyttes til fiske eller fangst av skalldyr.

Det ble for alle fire områder beregnet at det var risiko for økologisk skade på organismer som kommer i vedvarende kontakt med sedimentet. Risikoen synes først og fremst å være knyttet til forekomst av kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT. Merk imidlertid at PCB ikke er vurdert i denne sammenheng pga. mangel på relevante grenseverdier. Det ble også gjennomført giftighetstester der en testet giftigheten av porevannet i sedimentet. For begge testene (vekst av alge og dødelighet av krepsdyret Tisbe) ble det ikke observert noen negativ effekt selv med ufortynnet porevann. Dette kan tyde på at den gjennomførte beregningen av risiko for økologiske skader på organismer i sediment og vannmasser er overestimert. Alternativt at giftighetstesten ikke er sensitiv nok. Forskjellige arter har forskjellig sensitivitet. Forsøksdyr kan være mer robust enn sårbare arter i sedimenter. Alternativt at det er forskjell på kronisk/akutt.

I beregningene benyttes sjablongverdier for likevekten mellom konsentrasjon i sediment og vann (Kd-verdier). Ved bruk av reelle målte Kd verdier har det vist seg at en ofte får betydelig mindre risiko for økologisk skade enn ved bruk av sjablongverdier. Artene som er brukt i testene er sannsynligvis ikke fullt ut representative for organismene i området. En helsedimenttest vil kunne belyse reell risiko nærmere.

Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene var i hovedsak kun knyttet til forekomst av TBT, men ble observert for all fire områder. For kobber ble det også observert en svak overskridelse i område II. Merk imidlertid at PCB heller i denne sammenheng er vurdert pga. mangel på relevante grenseverdier. Giftighetstestene på porevann kan imidlertid indikere at risikoen for skade på organismer i vannmassene ikke er reell.

Innholdet av tyngre oljeforbindelser (Sum C10-C35) var høyere enn verdiene på henholdsvis 50 mg/kg og 100 mg/kg som ansees for å være en nedre grense for konsentrasjoner som kan gi skade på organismer. Det kan derfor ikke utelukkes at også tyngre oljeforbindelser kan ha en skadelig effekt.

I **Tabell 17** er PCB innholdet i stasjoner som var prøvetatt i 2000 og 2007 sammenlignet med stasjonene fra 2012. De fleste stasjoner viser høyere verdier i 2012 enn i 2007 (særlig Hur 1), mens en stasjon viser noe lavere (Hur 12). I gjennomsnitt var imidlertid konsentrasjonen klart høyere i 2012 (648 µg/kg t.v.) enn i 2007 (94 µg/kg t.v.) og konsentrasjonsnivået i 2012 var på gjennomsnittsbasis nær det en observert i 2000 (502 µg/kg t.v.) før tiltak mot utslipp på land var ferdigstilt.

Den relativt kraftige økningen på Hur 1 (dvs. nærmest kulverten på land som en tidligere antok var hoved PCB kilden) og tendensen til høyere konsentrasjoner på flertallet av stasjonene i 2012 sammenlignet med 2007 kan tyde på at en har hatt en tilførsel av PCB i perioden mellom 2007 og 2012. I tilfelle er en i en situasjon hvor miljørisikoen knyttet til forekomst av PCB i sedimentene, i alle fall i nærområdet til bedriften, har vært økende og ikke avtagende slik en skulle forvente i en situasjon uten tilførsler og med naturlig sedimentering, utvasking og nedbrytning.

Tabell 17. Konsentrasjonen av PCB i sediment på stasjoner prøvetatt både i 2000 (Berge 2000), 2007 (Berge 2008) og 2012 (denne rapport). For hver av de oppgitte konsentrasjonene er tilstandsklasse indikert. Konsentrasjonsnivåene (sum PCB₇) er oppgitt som µg/kg t.v.

Årstall	Hur 1	Hur 3	Hur 5	Hur 6	Hur 8	Hur 12	Hur 13
2000	2782 (V)	14,7 (II)	541,5 (IV)	132,3 (III)	32,2 (II)	8,69 (II)	1,05 (I)
2007	137 (III)	11,25 (II)	32 (III)	452,1 (IV)	7,21 (II)	16,9 (II)	1,75 (I)
2012	2084,1 (V)	11,65 (II)	657,2 (IV)	1734,1 (IV)	32,55 (III)	1,75 (I)	12,5 (II)

Tabell 18. Oppsummering av hovedtrekkene i trinn2 vurderingene med vekt på de forbindelser som hadde de største overskridelser basert på middelkonsentrasjonen for hvert område.

Risiko-områder	Område I	Område II	Område III	Område IV
Risiko for spredning av sediment (for detaljer se Error! Not a valid result for table.)	Maks 7,7 ganger normalsediment (gjelder benzo (ghi)perylene)	Maks 4,1 ganger normalsediment (gjelder benzo (ghi)perylene)	Maks 11,4 ganger normalsediment (gjelder benzo (ghi)perylene)	Maks 8 ganger normalsediment (gjelder benzo (ghi)perylene)
Viktigste spredningsmekanisme for «problemforbindelsene» (for detaljer se Figur 4)	Transport i næringskjeden (unntak TBT som i hovedsak spres ved diffusjon/biodiffusjon)	Oppvirling fra skip (unntak TBT som i hovedsak spres ved diffusjon/biodiffusjon)	Transport i næringskjeden (unntak TBT som i hovedsak spres ved diffusjon/biodiffusjon)	Transport i næringskjeden (unntak TBT som i hovedsak spres ved diffusjon/biodiffusjon)
Risiko for human helse (for detaljer se Tabell 12)	Ja (særlig enkelte PAH forbindelser som benzo(a)pyren og PCB))	Ja (særlig enkelte PAH forbindelser som benzo(a)pyren og PCB))	Ja (særlig enkelte PAH forbindelser som benzo(a)pyren og PCB))	Ja (særlig enkelte PAH forbindelser som benzo(a)pyren og PCB))
Hovedeksponeringsvei relatert til human helse og problemforbindelsene (for detaljer se Figur 4)	Inntak av fisk og skalldyr	Inntak av fisk og skalldyr	Inntak av fisk og skalldyr	Inntak av fisk og skalldyr
Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet (for detaljer se Error! Not a valid result for table.)	Ja (kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT)	Ja (kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT)	Ja (kobber, PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT)	Ja (PAH-forbindelsen pyren og særlig TBT)
Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene helse (for detaljer se Tabell 14)	Ja (gjelder kun for TBT)	Ja (gjelder i hovedsak kun for TBT, men svak overskridelse også for kobber)	Ja (gjelder kun for TBT)	Ja (gjelder kun for TBT)

7. Tiltaksvurdering

7.1 Aktuelle tiltak i sjø

7.1.1 Mål for tiltakene, akseptkriterier

Risikovurderingen som nå er gjennomført, konkluderer med at sedimentforurensningen utgjør en risiko for skade på økosystemet i sedimentet, på pelagiske organismer og på human helse gjennom konsum av lokal sjømat som er høyere enn akseptabelt. Beregningene gjort i forbindelse med risikovurderingen antyder derved behovet for en tiltaksvurdering. Det finnes i dag ikke egne kostholdsråd for området.

Tidligere gjennomførte undersøkelser har sannsynliggjort at forurensningene i sjøen utenfor fabrikkområdet i hovedsak stammer fra kilder på land og det ble i 2000 gjennomført tiltak på land for å hindre videre utlekking. Resultatet av undersøkelser gjennomført etter at tiltaket var gjennomført (Berge 2003) konkluderer med at en ikke hadde vesentlige problemer i området knyttet til forekomst av PCB og PAH i skjell og fisk 2 år etter at tiltaket var gjennomført (dvs. for ca. 10 år siden) og at en basert på de relativt lave miljøgiftnivåer observert i både torsk og blåskjell anså at det ikke var behov for ytterligere tiltak. Dette kan tyde på at risikoen fra sedimentene for skade på human helse beregnet i Trinn 2 overestimerer den reelle risikoen fra sedimentene. Dette er ikke så usannsynlig ut fra at beregningene i Trinn 2 skal kunne dekke alle sedimentforhold og derved er svært konservative. Det skal likevel sies at det er 10 år siden at analysene av fisk og skalldyr fra området ble gjennomført og det kan ikke utelukkes at situasjonen av en eller annen grunn har endret seg til det verre, eksempelvis ved at tilførselen av PCB igjen har økt. Analysene av fisk og skalldyr utgjør i praksis et ledd i neste nivå i risikoveilederen: Trinn3. Dette trinnet omfatter gjennomføring av utvalgte lokale undersøkelser for å gjøre risikovurderingen mer pålitelig for det aktuelle området.

Dersom det skal gjennomføres tiltak må disse også være begrunnet ut fra behovet for å redusere eventuelle toksiske effekter på bunnfaunaen og på pelagiske organismer. Et tiltaksmål for dette vil kunne være at nivåene av alle miljøgifter i det bioaktive overflatelaget (øverste 10 cm) av sedimentene ved Hurum fabrikk etter tiltak skal oppnå god kjemisk status ifølge EUs klassifiseringssystem for sediment (Klif er i ferd med å tilrettelegge EUs klassifiseringssystem for sediment for norske forhold).

Gjennomførte giftighetstester indikerer at risiko for økologiske effekter kan være overestimert. Før tiltak besluttes kan det derfor være nyttig å analysere miljøgifter i porevann for å verifisere beregningene av risiko for effekter på organismer i sediment og vann, eventuelt også gjennomføre helsedimenttesten på giftighet. Erfaring fra andre norske sjøområder viser at beregningene ved bruk av sjablongverdier i Trinn 2 som oftest overestimerer innholdet av miljøgifter i porevannet og derved også porevannets giftighet.

7.1.2 Tiltaksalternativer

Dersom en skal gjennomføre tiltak rettet mot forurensede sedimenter må en først ha kildekontroll. Ut fra at en på gjennomsnittsbasis har hatt en nedgang i PCB konsentrasjonen i sedimentet fra før tiltak på land ble gjennomført i 2000 til etter at tiltak var gjennomført (2007) (se **Tabell 17**) kan det se ut som at gjennomførte tiltak i første omgang har gitt positive effekter. Økningen i konsentrasjon fra 2007 til 2012 kan imidlertid tyde på at en på lang sikt likevel ikke oppnådde full kildekontroll.

Prinsippet om at tiltaksmetoder skal være lokalt tilpasset er viktig. I teorien er det 5 valg det står mellom når det gjelder tiltak i sedimentene:

- Alternativ 0: Ingen tiltak (naturlig tildekking)
- Alternativ 1: Isolasjonstildekking (Tildekkingstykkelse er vesentlig større enn bioturbasjonsdyp nå og forventet etter tiltak)
- Alternativ 2: Tynntildekking med aktivt tildekkingsmateriale
- Alternativ 3: Tynntildekking med passivt tildekkingsmateriale
- Alternativ 4: Mudring
- Alternativ 5: En kombinasjon av 2 eller flere av tiltaksalternativene nevnt over.

I realiteten vil imidlertid alternativ 2 og 3 neppe være aktuelle i dette tilfelle, i alle fall ikke i de grunnest områdene, hvor en må forvente en del fysisk forstyrrelse (bølgeeksponering, oppvirvling fra båter) som gjør metoden lite egnet.

Før en gjennomfører tiltak rettet direkte mot miljøgifter i sedimentene må en forsikre seg om at tilførslene er stoppet eller begrenset til et nivå som gjør at en ikke igjen kommer i en situasjon hvor sedimentene utgjør en miljørisiko.

Etter at kildekontroll er oppnådd kan det være aktuelt å kombinere ulike tiltaksmetoder innenfor ett og samme område ved å dele opp området.

Uansett tiltak bør akseptkriteriet være at gjennomsnittskonsentrasjonene av miljøgifter i det bioaktive laget utgjør en akseptabel risiko etter tiltak.

Tildekking med rene masser (alternativ 1 over) 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.

7.1.3 Anbefaling om tiltak

- Første prioritet må være å få kildekontroll.
- Når tilnærmet kildekontroll er oppnådd kan det være aktuelt å gjennomføre tiltak i sjø.

Resultatene fra gjennomført Trinn 1 og 2 i Klifs risikoveileder viser at hele området utgjør en risiko. Det er derfor vanskelig å skille ut områder i sjø som formelt sett ikke er aktuelle for tiltak. Ut fra analysene i sediment må en imidlertid kunne si at område IV er minst aktuelt. Noen stasjoner/delområder som peker seg ut med spesielt høye konsentrasjoner i sediment (**Tabell 6**). Disse er Hur1, Hur 6 (kanskje også Hur 5) som ligger på relativt grunt vann (<8 m) nær industriområdet (**Figur 2**) og stasjonene Ny 2 og Ny 3 som ligger dypere (17-19 m) og noe lenger vest (se **Figur 2**). Ved gjennomføring av eventuelle tiltak bør en i første omgang konsentrere seg om området rundt disse stasjonene. Før man beslutter gjennomføring av tiltak kan det være et annet alternativ å gjennomføre noen av de oppfølgende undersøkelsene foreslått tidligere i rapporten og som utgjør Trinn 3 i risikovurderingen. Dette vil gi en mer pålitelig og bedre lokalt forankret vurdering som kan sikre at man ikke gjennomfører tiltak som er unødvendige.

8. 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., Oen, A., Kibsgaars, A., Breedveld, G., Eek, E., Helland, A., Källqvist, T., Ruus, A., Laugesen, J. 2012. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment . Klif TA2802/2011, 110s.

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.

Berge, J.A., 2000. Polyklorerte bufenyler (PCB) i sediment, strandmateriale og torsk fra området utenfor Hurum Papirfabrikk. NIVA rapport l.nr. 4283, 31 s.

Berge, J.A. 2003. Miljøundersøkelse i sjøen utenfor nedlagte Hurum Papirfabrikk i 2003 - Kartlegging av effekten av tiltak mot tilførsler fra forurenset grunn. NIVA rapport l.nr. 4761, 26s.

Berge, J.A. og Berglind, L., 2000. Miljøundersøkelse i sjøen utenfor Hurum Papirfabrikk 1999. NIVA rapport l.nr. 4232, 37s.

Håvardstun, J. and Berge, J.A., 2011. Risikovurdering av miljøgifter i sediment utenfor tidligere Hurum fabrikk. NIVA-rapport 6197, 41s.

Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson., B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.

Zevenboom, W., Robson, M., Massie, L. and Reiersen, L.O., 1993. Environmental effects of offshore mining discharges; a contribution to the 1993 quality status report of the North Sea.

Vedlegg A. Analyseresultater

Vedleggstabell 1. Analyseresultater prøve 1-7 (tabellen går over 4 sider).

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **HURSJØBEKK**
Adresse

Deres referanse:

JAH

Vår referanse:

Rekv.nr. 2012-2717 v01

O.nr. O 12332

Dato

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av saksbehandler, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Hur 1	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
2	Hur 3	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
3	Hur 5	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
4	Hur 6	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.20
5	Hur 8	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
6	Hur 13	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
7	Hur 14	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	1	2	3	4	5	6	7	
Tørrstoff NS 4764	%	58	42	38	50	35	69	57
Kornfordeling <63µm t.v. EksternEF	%	5,7	36,8	8,3	17,4	45,6	4,7	22,4
Karbon, org. total tv EksternEF	%	3,8	6,0	7,4	6,5	7,1	0,5	2,0
Arsen mg/kg TS NS EN ISO 11885		6,7	7,3	8,8	4,7	9,9	4,7	5,8
Kadmium mg/kg TS NS EN ISO 17294-2		0,73	0,37	1,1	0,55	0,78	0,037	0,27
Krom mg/kg TS NS EN ISO 11885		45	16	35	23	28	11	16

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
Analysevariabel							
Enhet Metode							
Kobber mg/kg TS NS EN ISO 11885	190	38	69	280	42	3,3	15
Kvikksølv mg/kg TS NS-EN ISO 12846	0,135	0,034	0,13	0,071	0,078	0,009	0,052
Nikkel mg/kg TS NS EN ISO 11885	26	14	19	14	19	7,4	10
Bly mg/kg TS NS EN ISO 11885	69	21	66	79	34	6,8	15
Sink mg/kg TS NS EN ISO 11885	400	110	310	110	140	29	58
PCB-28 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,0041	<0,0005	0,0012	0,0041	<0,0005	<0,0005	<0,0005
PCB-52 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,16	0,0013	0,047	0,11	0,0032	<0,0005	0,0016
PCB-101 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,43	0,0017	0,11	0,32	0,0057	<0,0005	0,0026
PCB-118 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,34	0,0011	0,079	0,20	0,0040	<0,0005	0,0020
PCB-153 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,39	0,0022	0,14	0,38	0,0064	<0,0005	0,0020
PCB-138 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,58	0,0032	0,20	0,51	0,0084	<0,0005	0,0031
PCB-180 mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,18	0,0019	0,080	0,21	0,0046	<0,0005	0,00095
Sum PCB mg/kg TS Beregnet	2,0841	<0,0119	0,6572	1,7341	<0,0328	<0,0035	<0,01275
Seven Dutch mg/kg TS Beregnet	2,0841	<0,0119	0,6572	1,7341	<0,0328	<0,0035	<0,01275
Naftalen i sediment mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,052	0,012	0,18	0,027	0,011	<0,01	0,012
Acenaftylen mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	<0,01	0,028	0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acenaften mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,024	0,018	0,062	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoren mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,024	0,058	0,064	0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Fenantren mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,28	0,66	0,84	0,11	0,094	0,070	0,045

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	1	2	3	4	5	6	7
Antracen mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,027	0,14	0,066	0,021	0,033	0,014	0,016
Fluoranten mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,41	1,3	1,2	0,24	0,23	0,12	0,11
Pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,32	1,0	0,89	0,20	0,18	0,085	0,098
Benz(a)antracen mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,19	0,68	0,53	0,16	0,15	0,048	0,061
Chrysen+trifenylene mg/kg TS ISO/DIS 16703- Mod	0,29	0,75	0,81	0,20	0,20	0,059	0,089

Kommentarer

- 1 Kornstørrelse<2µm: 1,3 % tv
CHR: Rapportert som krysen/trifenylene
Oppdraget er utført hos Eurofins
THC>C5-C8:<5mg/kg T.S.
THC>C8-C10: <5mg/kg T.S.
THC>C10-C12:<5mg/kg T.S.
THC>C12-C16: 8,7mg/kg T.S.
THC>C16-C35: 140mg/kg T.S.
Sum THC: >C5-C35:150mg/kg T.S.
PAH: Resultatet av CHR er summen av Chrysen og Trifenylene
Resultatet av BBF er lagt in som BBJF
- 2 Kornstørrelse<2µm: 9,6 % tv
- 3 THC>C5-C8:<5mg/kg T.S.
THC>C8-C10: <5mg/kg T.S.
THC>C10-C12: 6,3mg/kg T.S.
THC>C12-C16: 16mg/kg T.S.
THC>C16-C35: 710mg/kg T.S.
Sum THC: >C5-C35:740mg/kg T.S.
Kornstørrelse<2µm: 3,5 % tv
- 4 THC>C5-C8:<5mg/kg T.S.
THC>C8-C10: <5mg/kg T.S.
THC>C10-C12: 6,6mg/kg T.S.
THC>C12-C16: 15mg/kg T.S.
THC>C16-C35: 200mg/kg T.S.
Sum THC: >C5-C35: 220mg/kg T.S.
Kornstørrelse<2µm: 2,1 % tv
- 5 Kornstørrelse<2µm: 17,4 % tv
- 6 Kornstørrelse<2µm: 1,5 % tv
- 7 Kornstørrelse<2µm: 6,7 % tv

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Hur 1	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
2	Hur 3	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
3	Hur 5	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
4	Hur 6	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.20
5	Hur 8	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
6	Hur 13	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
7	Hur 14	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Benzo (b) fluoranten ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,22	0,52	0,56	0,15	0,16	0,037	0,081
	Benzo (k) fluoranten ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,20	0,48	0,49	0,12	0,12	0,036	0,064
	Benzo (a) pyren ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,19	0,52	0,44	0,13	0,11	0,040	0,054
	Indeno (1,2,3cd) pyren ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,13	0,26	0,27	0,076	0,070	0,021	0,041
	Dibenz (ac+ah) antrac. ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,029	0,060	0,066	0,021	0,020	<0,01	<0,01
	Benzo (ghi) perylen ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,14	0,28	0,29	0,088	0,079	0,025	0,052
	Sum PAH Beregnet	mg/kg TS	<2,026	5,496	5,398	<1,223	<1,127	<0,509	<0,593
	Sum PAH16 Beregnet	mg/kg TS	<2,026	5,496	5,398	<1,223	<1,127	<0,509	<0,593
	Sum KPAH Beregnet	mg/kg TS	1,011	2,532	2,536	0,684	0,641	<0,202	<0,323
	Tributyltinn Intern metode	µg/kg TS	9,0	34	37	8,0	31	11	7,6

Vedleggstabell 2. Analyseresultater prøve 8-14 (tabellen går over 4 sider).

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Ny 1	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
9	Ny 2	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
10	Ny 3	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
11	Ny 4	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
12	Ny 5	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
13	Ny 6	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
14	Ny 7	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	8	9	10	11	12	13	14
Tørrstoff NS 4764	%	70	36	37	53	34	50
Kornfordeling <63µm t.v. EksternEF	%	13,6	31,7	34,1	36,1	32,4	50,0
Karbon, org. total tv EksternEF	%	0,6	6,5	6,6	2,4	6,4	2,5
Arsen mg/kg TS NS EN ISO 11885		3,2	13	12	6,3	13	6,2
Kadmium mg/kg TS NS EN ISO 17294-2		0,048	1,9	1,4	0,33	0,92	0,13
Krom mg/kg TS NS EN ISO 11885		8,5	48	46	20	41	20
Kobber mg/kg TS NS EN ISO 11885		4,6	63	73	17	45	16
Kvikksølv mg/kg TS NS-EN ISO 12846		0,012	0,24	0,256	0,064	0,195	0,091

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	8	9	10	11	12	13	14
Nikkel mg/kg TS NS EN ISO 11885	6,7	22	22	8,3	17	14	13
Bly mg/kg TS NS EN ISO 11885	5,3	64	65	22	42	35	22
Sink mg/kg TS NS EN ISO 11885	27	220	280	58	130	92	61
PCB-28 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,0016	0,00099	<0,0005	0,0019	0,00098	<0,0005
PCB-52 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,0080	0,013	0,0016	0,0047	0,0068	0,0017
PCB-101 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,019	0,034	0,0025	0,0098	0,013	0,0021
PCB-118 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,012	0,024	0,0016	0,0062	0,0077	0,0019
PCB-153 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,019	0,036	0,0022	0,012	0,015	0,0024
PCB-138 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,023	0,053	0,0032	0,014	0,018	0,0034
PCB-180 mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,011	0,019	0,0017	0,0059	0,0092	0,00095
Sum PCB mg/kg TS Beregnet Seven Dutch	<0,0035	0,0936	0,17999	<0,0133	0,0545	0,07068	<0,01295
Naftalen i sediment mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,048	0,12	0,030	0,031	0,033	0,017
Acenaftylen mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,014	0,025	0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Acenaften mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,024	0,048	0,029	0,013	0,019	0,014
Fluoren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,043	0,075	0,048	0,039	0,025	0,051
Fenantren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	0,030	0,46	0,97	0,45	0,37	0,27	0,55
Antracen mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,10	0,21	0,10	0,16	0,078	0,044
Fluoranten mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	0,11	1,0	2,1	0,75	0,60	0,69	0,66

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	8	9	10	11	12	13	14
Pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	0,091	0,81	1,6	0,59	0,47	0,56	0,49
Benz(a)antracen mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	0,078	0,58	1,4	0,41	0,35	0,48	0,25
Chrysen+trifenylene mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	0,092	0,74	1,5	0,47	0,40	0,54	0,36

Kommentarer

- 8 Kornstørrelse<2µm: 6,2 % tv
- 9 Kornstørrelse<2µm: 13,7 % tv
- 10 Kornstørrelse<2µm: 11,0 % tv
- 11 Kornstørrelse<2µm: 9,7 % tv
- 12 Kornstørrelse<2µm: 1,8 % tv
- 13 Kornstørrelse<2µm: 19,3 % tv
- 14 Kornstørrelse<2µm: 12,5 % tv

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Ny 1	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
9	Ny 2	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
10	Ny 3	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
11	Ny 4	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
12	Ny 5	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
13	Ny 6	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
14	Ny 7	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
	Benzo (b) fluoranten	mg/kg TS	0,071	0,56	0,95	0,35	0,30	0,46	0,24
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo (k) fluoranten	mg/kg TS	0,065	0,52	0,87	0,30	0,27	0,36	0,20
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo (a) pyren	mg/kg TS	0,072	0,42	0,83	0,27	0,21	0,35	0,18
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Indeno (1,2,3cd) pyren	mg/kg TS	0,047	0,25	0,42	0,17	0,15	0,24	0,11
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Dibenz (ac+ah) antrac.	mg/kg TS	0,011	0,056	0,11	0,040	0,038	0,056	0,028
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo (ghi) perylen	mg/kg TS	0,055	0,28	0,44	0,19	0,18	0,27	0,14
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Sum PAH	mg/kg TS	<0,609	4,605	9,218	3,387	<2,891	<3,441	<2,744
	Beregnet								
	Sum PAH16	mg/kg TS	<0,609	4,605	9,218	3,387	<2,891	<3,441	<2,744
	Beregnet								
	Sum KPAH	mg/kg TS	<0,354	2,434	4,7	1,57	1,349	1,979	1,025
	Beregnet								
	Tributyltinn	µg/kg TS	<1	21	91	3,1	45	18	5,4
	Intern metode								

Vedleggstabell 3. Analyseresultater prøve 15-18(tabellen går over 4 sider).

Side nr. 76/86

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	Ny 8	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
16	Ny 9	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
17	Ny 10	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
18	Ny 11	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr		15	16	17	18
		Metode					
Tørrstoff	%	NS	4764	56	71	38	71
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Ekstern	EF	63,1	5,6	48,4	9,8
Karbon, org. total	% tv	Ekstern	EF	1,2	0,4	7,4	0,6
Arsen	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	4,8	3,8	4,7	2,2
Kadmium	mg/kg	TS NS EN ISO	17294-2	0,054	0,048	0,97	0,041
Krom	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	17	10	24	9,2
Kobber	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	12	8,9	27	5,4
Kvikksølv	mg/kg	TS NS-EN ISO	12846	0,059	0,009	0,091	0,018
Nikkel	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	13	9,6	15	6,4
Bly	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	18	11	23	9,6
Sink	mg/kg	TS NS EN ISO	11885	51	53	110	34
PCB-28 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
PCB-52 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	0,00066	<0,0005	0,0073	<0,0005
PCB-101 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	0,00090	<0,0005	0,016	<0,0005
PCB-118 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	<0,0005	<0,0005	0,011	<0,0005
PCB-153 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	0,0012	<0,0005	0,016	<0,0005
PCB-138 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	0,0016	<0,0005	0,021	0,00055
PCB-180 Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	<0,0005	<0,0005	0,010	<0,0005
Sum PCB	mg/kg	TS Beregnet		<0,00586	<0,0035	<0,0818	<0,00355
Seven Dutch	mg/kg	TS Beregnet		<0,00586	<0,0035	<0,0818	<0,00355
Naftalen i sediment Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	<0,01	<0,01	0,021	<0,01
Acenaftylen Mod	mg/kg	TS ISO/DIS	16703-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16	17	18
Acenaften Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoren Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	<0,01	<0,01	0,057	<0,01
Fenantren Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,027	0,027	0,30	0,037
Antracen Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,015	<0,01	0,095	0,019
Fluoranten Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,080	0,047	0,24	0,081
Pyren Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,076	0,035	0,21	0,060
Benz (a) antracen Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,052	0,021	0,33	0,042
Chrysen+trifenylene Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,068	0,030	0,53	0,052

Kommentarer

- 15 Kornstørrelse<2µm: 12,7 % tv
- 16 Kornstørrelse<2µm: 2,5 % tv
- 17 THC>C5-C8: <5mg/kg T.S.
 THC>C8-C10: <5mg/kg T.S.
 THC>C10-C12: 5,3mg/kg T.S.
 THC>C12-C16: 25mg/kg T.S.
 THC>C16-C35: 270mg/kg T.S.
 Sum THC: >C5-C35: 300mg/kg T.S.
 Kornstørrelse<2µm: 10,6 % tv
- 18 Kornstørrelse<2µm: 3,3 % tv

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	Ny 8	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
16	Ny 9	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
17	Ny 10	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10
18	Ny 11	2012.10.23	2012.10.26	2012.10.31-2012.12.10

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16	17	18
Benzo (b) fluoranten Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,074	0,024	0,13	0,040
Benzo (k) fluoranten Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,058	0,023	0,13	0,038
Benzo (a) pyren Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,046	0,021	0,10	0,034
Indeno (1,2,3cd) pyren Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,045	0,016	0,057	0,024
Dibenz (ac+ah) antrac. Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	<0,01	<0,01	0,014	<0,01
Benzo (ghi) perylen Mod	mg/kg	TS ISO/DIS 16703-	0,062	0,021	0,070	0,029
Sum PAH	mg/kg	TS Beregnet	<0,511	<0,271	<1,644	<0,414
Sum PAH16	mg/kg	TS Beregnet	<0,511	<0,271	<1,644	<0,414
Sum KPAH	mg/kg	TS Beregnet	<0,295	<0,125	0,782	<0,198
Tributyltinn	µg/kg	TS Intern metode	2,1	2,1	6,6	<1

Norsk institutt for vannforskning

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2717 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

Vedlegg B. Resultater fra tester av giftighet av sediment på alge (*Skeletonema costatum*)

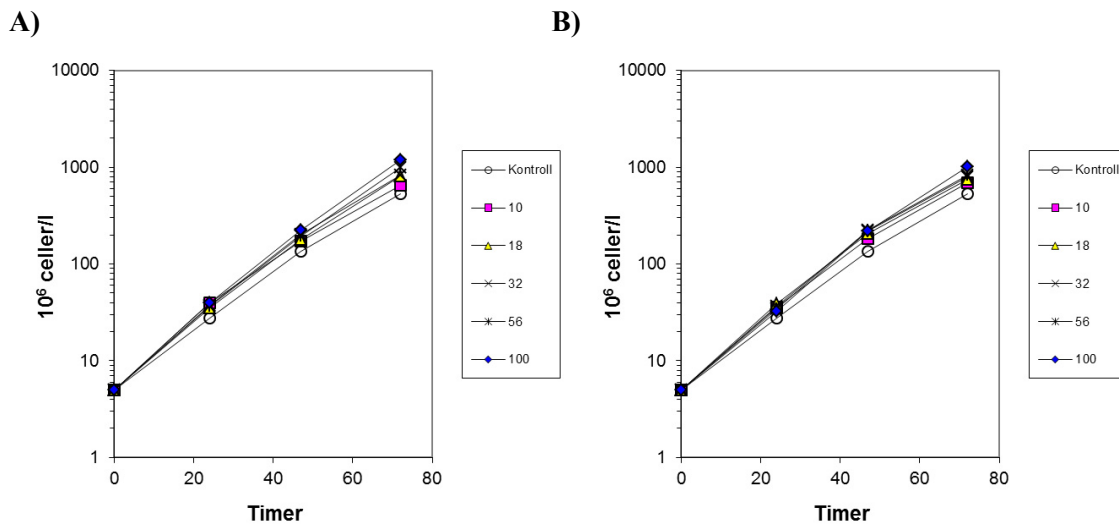


Testprøve:	>20 Hurum <20 Hurum	Lab. kode:	B819/1 B819/2
Kunde:		Mottatt:	25.10.12
Testmetode:	ISO 10253: Water quality – Marine growth inhibition test with <i>Skeletonema costatum</i> and <i>Phaeodactylum tricornutum</i>		
Organism:	<i>Skeletonema costatum</i> NIVA BAC1		
Testparameter:	Veksthastighet 72 timer		
Stamkultur:	Semi-kontinuerlig i 10 % Z8 vekstmedium i sjøvann (Staub, 1961)		
Start dato:	29.10.12		
Forbehandling av prøve	Sediment homogenisert med sementblander, sentrifugert 45min 2720rpm (1250g), filtrert med Gf/F, deretter 0.2µm membran filter. Latt stå over natt i kjølerom. Tilsatt ISO10253 stamløsning		
Konsentrasjoner:	10, 18, 32, 56, 100 %		
Tillaging av testløsninger	28.10.12 (filtrering og tilsetning av stamløsninger) 29.11.12 (fortynningsserier)		
Fortynningsmedium:	ISO 10253 (24.10.12)		
Inokulumskultur	Startet 26.10.12. Vekstrate, μ : 1,31 d ⁻¹		
Replikater:	3 i hver konsentrasjon, 6 i kontroll		
Inkubering:	I temperaturkontrollert inkubator med orbital risting (90 rpm)		
Testbeholdere:	20 ml syrevaskede dramsglass med ca 12 ml prøve		
Belysning:	89 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$		
Temperatur:	Max: 20,4 °C Min: 19,4 °C		
Inokulum:	5 · 10 ⁶ celler/ L		
Registrering av vekst:	Partikkeltelling med Beckman Coulter Multisizer 3		
Beregning av veksthastighet	Logaritmisk økning i celletetthet fra start til 72 timer.		
Beregning av NOEC²	Vekstrate større enn kontroll		

² NOEC (No observable effect concentration): Den høyeste testede konsentrasjonen med vekstrate som ikke er statistisk signifikant forskjellig fra kontrollen.

Resultat:

Det var eksponentiell vekst gjennom hele forsøket i kontrollen, men i begge prøvene sank veksten noe mot slutten av forsøket (figur 1). NOEC ble beregnet til 100 % for begge prøvene (vekstrate høyere enn kontroll). Alle validitetskrav i ISO10253 ble oppfylt (tabell 1). Celletall, veksthastighet og pH målinger finnes i vedlegg 1. Salinitet og $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ble også sjekket og antas ikke å ha innvirkning på resultatet.



Figur 1. Gjennomsnittlig celletetthet i porevann fra A) > 20 Hurum og B) < 20 Hurum i løpet av testen. Logaritmisk skala på y-aksen.

Tabell 1. Validitetskrav i ISO10253

Krav	Observert
Variasjonskoeffisienten i kontroll er mindre enn 6 %	2,3 %
Cellekonsentrasjonen må ha økt mer enn 16 ganger i kontrollen i løpet av forsøket	105
pH økning i kontroll er mindre enn 1 enhet	0,5

Konklusjon:

Porevann av sedimentprøvene > 20 Hurum og < 20 Hurum hadde ingen negativ effekt på veksten av *Skeletonema costatum*.

Oslo 06.12.12

Harald Heiaas
Forskningsassistent

Referanser:

- Hill A.V.. 1910. The possible effects of aggregation of the molecules of haemoglobin on its dissociation curves. J. Physiol. (Lond.) 40, IV-VII.
- ISO, 2005. ISO 10253: Water quality – Marine growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*
- Staub, R.. 1961. Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktonischen Blaualge *Oscillatoria rubescens*. D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23:82-198.

Vindimian. E. Robaut. R. and Fillion. G. 1983: A method for co-operative and non-cooperative binding studies using non-linear regression analysis on a microcomputer. *J. Appl. Biochem.* 5: 261-268

Vedlegg 1. Celletetthet, veksthastighet og pH målinger.

Konsentrasjon		Dag 1	Dag 2	Dag 3	Veksthastighet dag 3, d ⁻¹	pH	
						start	slutt
Kontroll		26	116	542	1,56	7,87	8,35
		28	142	573	1,58		
		24	69	250			
		30	149	703	1,65		
		31	170	540	1,56		
		31	163	559	1,57		
B819/1 >20 Hurum	10 %	35	164	690	1,64	7,85	8,56
		38	171	614	1,60		
		45	184	630	1,61		
	18 %	32	173	766	1,68		
		37	194	946	1,75		
		36	173	703	1,65		
	32 %	37	191	867	1,72		
		39	202	876	1,72		
		37	211	755	1,67		
	56 %	37	191	917	1,74		
		36	190	993	1,76		
		37	199	1081	1,79		
	100 %	40	225	1283	1,85		
		41	225	1117	1,80		
		37	223	1149	1,81		
B819/2 < 20 Hurum	10 %	35	190	670	1,63	7,95	8,63
		36	175	671	1,63		
		36	184	711	1,65		
	18 %	39	213	693	1,64		
		40	212	766	1,68		
		38	198	775	1,68		
	32 %	36	223	803	1,69		
		37	228	785	1,69		
		37	212	814	1,70		
	56 %	34	213	786	1,69		
		36	225	848	1,71		
		34	231	845	1,71		
	100 %	33	209	1019	1,77		
		33	215	1038	1,78		
		32	229	965	1,75		

Replikat 3 i kontrollen ble forkastet som utligger etter formelen:

$$C = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$$

Hvor:

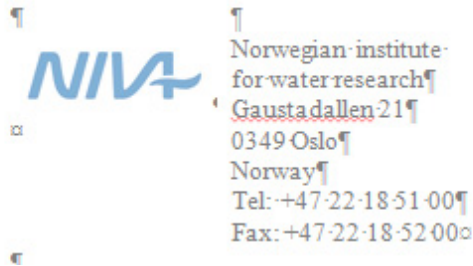
X_n er verdiene i stigende rekkefølge

$C > 0,56$ regnes som utligger ved $n=6$.

Målt pH og ammoniumkonsentrasjon, og beregnet ammoniakkonsentrasjon.

Prøve	pH	Målt NH ₄ ⁺ -N mg/L	Beregnet NH ₃ µg/L
>20 Hurum	7,85	0,027	1,9
<20 Hurum	7,95	0,032	4,5

Vedlegg C. Resultater fra tester av giftighet av sediment på krepsdyr (Tisbe)



TEST REPORT

Acute toxicity
Tisbe battagliai



Test substance: >20 Hurum
<20 Hurum

Lab. code: B819/1
B819/2

Samples received: 25.10.12

Test method ISO/DIS 14669 Water-Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)

Test organism *Tisbe battagliai* obtained from continuous culture at NIVA. Age at start of test approximately 6 days old (copepodid stage)

Test period 12.12.2012 – 14.12.2012

Pretreatment of sample Sediment homogenized with cement mixer, centrifuged for 45min at 2720rpm (1250g), Then filtered with GF / F, 0.2µm membrane filter. Allowed to stand overnight in the fridge.

Dilution medium Natural seawater, obtained from 60 m depth from outer Oslo Fjord and filtered to 0.2 µm used for the dilution water control

Test concentrations Single test concentration of 100%

Replicates 4 replicates (A-D), with 5 animals per replicate

Test containers 12 well cell plate with approximately 5 ml volume/well

Observations 0, 24 and 48 hours using a binocular microscope

Temperature 20±1°C

pH >20 7.85

pH <20 7.95

Results:

The test met criteria described in ISO/DIS 14669 Water-Quality - Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea). After 24 and 48 hours there were no dead *Tisbe* observed in the control or either sample of pore water. Therefore an EC50 cannot be calculated but can be expressed for each substance as >100%.

Conclusion:

Neither sample of pore water resulted in mortalities to *Tisbe battagliai* at a concentration of 100%

Table 1. The effect concentrations of >20 Hurum and <20 Hurum pore water samples

		48 hours			
Parameter	sample	EC ₅₀	EC ₁₀	NOEC	LOEC
Mortality	>20 Hurum	>100%	>100%	100%	>100%
	<20 Hurum	>100%	>100%	100%	>100%

Oslo, 17.01.2013

Adam Lillicrap

 Research Scientist

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