

Opprydding av forurensede sedimenter i Tromsø havn

Risikovurdering av forurenset sediment

20031024-2

21 januar 2005

Oppdragsgiver: Akvaplan-niva

Kontaktperson: Anita Evenset

Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse av 19 januar
2005

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:

Arne Pettersen

Rapport utarbeidet av:

Anne Kibsgaard

Kontrollert av:

Amy Oen

Arbeid også utført av:

Sammendrag

Det er gjennomført en risikovurdering av sedimenter i fem delområder i Tromsø havn. Metoden som er benyttet er SFTs foreløpige versjon av risikoveilederen (NGI og NIVA, 2004). Risikovurderingen er et ledd i arbeidet med tiltaksplan for Tromsø havn, for å kunne prioritere delområder for tiltak.

I henhold til risikoveilederen skal antallet prøver være minimum 5 per delområde. Prøvetakingen i Tromsø havn har foregått i perioden 1997-2002 før risikoveilederen var påbegynt, og er derfor ikke tilpasset verktøyet. For delområder med mangelfullt datagrunnlag kan resultatene benyttes til å vurdere hva den potensielle risikoen er, dersom man antar at analyseresultatene er representative for områdene.

De vurderte miljøgiftene er bly, kadmium, kobber, kvikksølv, PAH og PCB. Det er ikke analysert for andre tungmetaller i sedimentprøvene. Tromsø havn er i tillegg svært forurenset av TBT, som kun er inkludert i trinn I og vurderingen av økotoksisitet.

Ingen av de fem delområdene kan friskmeldes etter risikovurderingens trinn I eller II basert på tilgjengelig data. Det bemerkes at prøvedekningen for de kjemiske analysene er noe mangelfulle, men de utførte toksisitetstestene viser klart at samtlige delområder bør vurderes for tiltak i sedimentene. Rangeringen av delområder med mangelfullt datagrunnlag er korrekt dersom man antar at benyttede analyseresultater er representative.

Med utgangspunkt i spredningsberegninger, overskridelse av akseptabel human helserisiko og vurdering av toksisitet i risikovurderingens trinn II, bør delområdene i Tromsø havn prioriteres for tiltak i følgende rekkefølge:

1. Delområde III (Indre havn nord)
2. Delområde II (Indre havn sør) og IV (Bruhodet/Verftet)
3. Delområde I (Polariahavnen)
4. Delområde V (Prostnes)

Delområde II og IV har omtrent lik risiko for både spredning, human helse og økologi. Delområde V gir generelt litt høyere beregnet risiko for spredning og human eksponering enn delområde I, men toksisitetstestene viser at sedimentene i delområde I er mer toksiske enn sedimentene i delområde V, og rangeres derfor høyere i prioriteringen.



Innhold

1	INNLEDNING	4
2	METODE	4
	2.1 Beregninger i trinn II	4
3	DELOMRÅDER	6
	3.1 Datagrunnlag og dekningsgrad	6
4	RISIKOVURDERING - TRINN I	8
	4.1 Tungmetaller	8
	4.2 Organiske forbindelser	8
	4.3 Toksitetester	8
	4.4 Vurdering av resultater i trinn I	9
5	RISIKOVURDERING - TRINN II	9
	5.1 Forutsetninger	9
	5.2 Risiko for spredning	11
	5.3 Human eksponering	15
	5.4 Risiko for effekter på økosystemet	18
	5.5 Vurdering av resultater fra trinn II	21
6	KONKLUSJON	21
7	REFERANSER	22

Vedlegg

- A: Datagrunnlag, sedimentkonsentrasjoner
- B: Datagrunnlag, toksitetester
- C: Beregnet risiko for spredning
- D: Beregnet risiko for human eksponering

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

Det er gjennomført en risikovurdering av forurenset sediment i Tromsø havn i henhold til SFTs foreløpige veileder (NGI og NIVA, 2004). Risikovurderingen er et ledd i arbeidet med tiltaksplan for Tromsø havn. Det er tidligere gjort en risikovurdering av sedimentene i Tromsø havn basert på biologiske effekter (SFT, 2003). Det er imidlertid valgt å benytte SFTs verktøy for risikovurdering av forurensede sedimenter som et innspill til utarbeidelsen av tiltaksplanen, for å kunne prioritere delområder for tiltak.

2 METODE

Verktøyet for risikovurdering av sediment er bygd opp i tre trinn;

- I **trinn I** sammenlignes sedimentkonsentrasjonene med et sett grenseverdier. Grenseverdiene baserer seg på en vurdering av toksisitet for de ulike stoffene og forventet eksponering for mennesker eller miljø. Det må minimum være fem prøver per område som skal vurderes. Dersom én av prøvene overskrider grenseverdien, kan ikke området "friskmeldes" i dette trinnet. I tillegg benyttes toksisitetstester av porevann og sedimentekstrakt for å fange opp eventuelle synergiske effekter eller miljøgifter som ikke dekkes av det kjemiske analyseprogrammet.
- I **trinn II** vurderes det om det foreligger aktuell risiko i det enkelte området ved å beregne stedsspesifikk risiko for spredning og human helse. Resultater fra toksisitetstesting i trinn I vurderes i forhold til tester for biotilgjengelighet og bioakkumulering av miljøgiftene.
- **Trinn III** innebærer en større detaljeringsgrad, hvor datagrunnlaget suppleres med blant annet måling av spredning ved hjelp av sedimentfeller, bestemmelse av fordelingskoeffisienter i de aktuelle sedimentene og bestemmelse av miljøgiftinnholdet i organismer i området.

Ved risikovurdering av sedimentene i Tromsø havn er trinn I og II benyttet. I de to følgende avsnitt er beregningene i trinn II nærmere forklart.

2.1 Beregninger i trinn II

Risiko for spredning

For å kunne beregne total spredning av miljøgifter fra sedimentene, må man beregne følgende tre bidrag:

- Spredning som følge av biodiffusjon, F_{diff} [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]
- Spredning som følge av oppvirvling fra skip, F_{skip} [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]
- Spredning som følge av opptak i organismer, F_{org} [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]

F_{diff} er gitt av porevannskonsentrasjonen (måles eller beregnes), hvor man tar hensyn til blant annet porøsitet, miljøgiftenes molekylære diffusjon og diffusjonslengden.

F_{skip} er gitt av sedimentkonsentrasjonen, antall skipsanløp, mengde oppvirvlet sediment per skipsanløp, arealet av området, samt fraksjon løst og suspendert stoff.

F_{org} er gitt av vevskonsentrasjon i fauna (måles eller beregnes ut fra sedimentkonsentrasjon), samt omsatt og tilført karbon i sedimentet.

Total spredning, F_{total} [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$], oppnås ved å kombinere de tre bidragene nevnt ovenfor. Dersom man skal vurdere to områder opp mot hverandre, bør områdenes arealer være noenlunde like store. Spredningstall for ulike områder kan så sammenlignes med hverandre eller satte miljømål. Inntil det foreligger grenseverdier for spredning, kan man også sammenligne spredningen fra et område med hvilken spredning man ville hatt dersom sedimentene i området tilfredsstiller grenseverdiene i trinn I. Forholdet mellom beregnet spredning og "referansespredningen" vil så gi et inntrykk av hvor alvorlig spredningen i det aktuelle området er.

Risiko for human helse

I veilederen (NGI og NIVA, 2004) er det angitt mulige eksponeringsveier for forurenset sediment for mennesker. Hvilke eksponeringsveier som er aktuelle for et spesifikt område avhenger av type arealbruk og miljømål. I tabellen under er eksponeringsveier knyttet til arealbruk vist. For et havneområde/industrihavn er det altså kun konsum av fisk og skalldyr som inngår i vurderingen av risiko for human helse. Eksponering for organiske miljøgifter som PCB, er sterkt knyttet til konsum av fisk og skalldyr.

Tabell 1 Eksponeringsveier for vurdering av risiko for human helse ved ulike typer arealbruk (NGI og NIVA, 2004)

Arealbruk	Oralt inntak av sediment	Oralt inntak av overflatevann	Oralt inntak av partikulært materiale	Hudkontakt med sediment	Hudkontakt med overflatevann	Inntak av fisk og skalldyr
Verneområde	•	•	•	•	•	•
Badeplass	•	•	•	•	•	•
Rekreasjon (vannsport, hytter, fiske)		•	•		•	•
Fiskeoppdrett		•	•		•	•
Småbåthavn		•	•		•	•
Havn (sjøvertsferdsel)						•
Industri						•

Beregningene oppgis som mg/kg kroppsvekt/døgn. Det er angitt standard parametere for henholdsvis barn og voksne, og ved å anta at man er barn i 6 år og

voksen i 64 år, beregnes også en total livsdosis som gir gjennomsnittlig livstid daglig eksponering. Dosisverdiene kan så sammenlignes med gitte grenseverdier for maksimal tolerabel risiko (MTR) for human helse. MTR defineres som den mengde av et visst stoff ethvert menneske kan eksponeres for daglig gjennom hele livet uten signifikant helserisiko. Stedsspesifikk eksponering er benyttet i henhold til risikoveilederen med standard eksponeringstid 30 dager per år.

For at et område skal ha en akseptabel risiko for forurensing, må krav til både akseptabel spredning, human helserisiko og risiko for økosystemet være tilfredsstillt.

3 DELOMRÅDER

I samarbeid med Akvoplan-niva er Tromsø havn blitt delt inn i fem delområder. Inndelingen har tatt hensyn til utført prøvetaking, konsentrasjonsnivåer av tungmetaller og organiske miljøgifter, naturlige avgrensninger og trafikk- og strømningsforhold. Formålet med inndelingen i delområder er å kunne prioritere mer håndterbare områder for tiltak. Figur 1 viser inndelingen av delområdene.

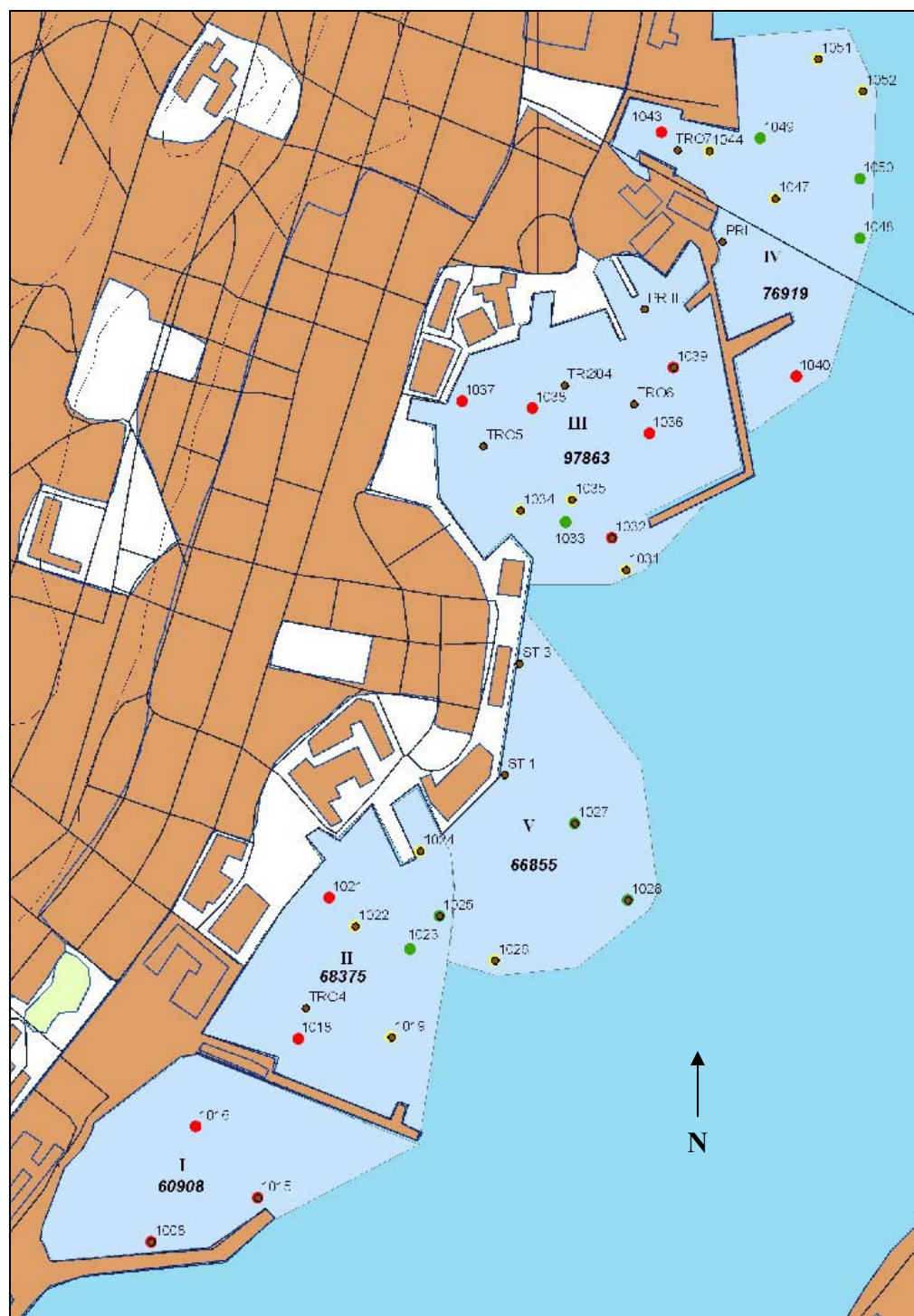
3.1 Datagrunnlag og dekningsgrad

I henhold til risikoveilederen skal antallet prøver være minimum 5 per delområde. Prøvetakingen i Tromsø havn har foregått i perioden 1997-2002 før risikoveilederen var påbegynt, og er derfor ikke tilpasset verktøyet. Det eksisterende datagrunnlaget er imidlertid benyttet på best og mest hensiktsmessig måte for å kunne vurdere risiko og prioritering av delområder. Tabell 2 viser antall prøver som dekker hvert delområde i Tromsø havn, og som er inkludert i beregningene. For delområder med mangelfullt datagrunnlag kan resultatene benyttes til å vurdere hva den potensielle risikoen er, dersom man antar at analyseresultatene er representative for områdene.

Tabell 2 Antall analyserte prøver for hvert delområde i Tromsø havn

	PAH16	PCB7	TBT	Cd	Cu	Hg	Pb	Toksisitet
I	1	1	1	2	2	2	2	3
II	4	1	2	3	3	3	3	7
III	9	7	8	6	6	6	6	9
IV	5	5	7	6	6	6	6	9
V	3	1*	3	5	3	5	5	3

* Det er analysert for PCB i ytterligere to prøver fra delområde V, men det er ikke påvist konsentrasjoner over deteksjonsgrensen. Da deteksjonsgrensen for de to prøvene er høyere enn de fleste påviste konsentrasjoner i delområdene, er de to prøvene utelatt i risikovurderingen.



Figur 1 Delområder i Tromsø havn

4 RISIKOVURDERING - TRINN I

I risikovurderingens trinn I sammenlignes sedimentkonsentrasjonene med et sett grenseverdier. For at et område skal kunne friskmeldes, må alle prøvepunkt overholde grenseverdiene for samtlige miljøgifter som vurderes. I henhold til risikoveilederen (NGI og NIVA, 2004) skal det være minst fem prøvepunkter for hvert område som vurderes. I vedlegg A er benyttet datagrunnlag vist.

4.1 Tungmetaller

I forhold til tungmetaller er det kun delområde III (Indre havn nord) og IV (Bruhodet/Verftet) som ikke tilfredsstiller grenseverdiene for bly, kobber og kvikksølv i samtlige prøvepunkter. De øvrige delområdene kan på grunnlag av tungmetallkonsentrasjonene friskmeldes, men det bemerkes at datagrunnlaget for delområde I er mangelfullt.

4.2 Organiske forbindelser

PAH

Minst én prøve av enkeltforbindelser av PAH overskrider grenseverdiene for samtlige delområder. For delområde I er det kun utført én analyse av PAH.

PCB

Prøvene i delområde III og IV overskrider grenseverdi for PCB7 (kun én prøve i delområde IV ligger under grenseverdien). I delområde V er det påvist PCB7 over grenseverdien i én prøve. I delområde I og II er det ikke påvist PCB7 over grenseverdi, men det er kun analysert på én prøve fra hvert område.

TBT

Delområde III, IV og V overskrider grenseverdi for TBT i minst to prøver. I delområde II er én av to TBT-analyser over grenseverdien. I delområde I er det kun utført én analyse av TBT, og denne ligger under grenseverdien..

4.3 Toksisitetstester

Porevannets toksisitet (EC_{50}) er undersøkt ved veksthemming av den marine kiselalgen *Skeletonema costatum*. Toksisteteten av et sedimentekstrakt i et organisk løsemiddel er undersøkt ved veksthemming av algen *Skeletonema costatum* (EC_{50}) og effekt på cellekultur av regnbueørret (EROD). I vedlegg B er resultatene fra toksisitetstestene vist og sammenlignet med grenseverdiene. Både porevannet og organisk ekstrakt fra de fleste sedimentprøvene er svært toksisk for kiselalgen *Skeletonema costatum*. Delområde I skiller seg ut med svært høy toksisitet. Analyser utført på leverceller i fisk for et utvalg sedimentprøver, viser at 2 av 6 stasjoner overskrider grenseverdi for EROD ($TEQ < 25$ ng/kg), se Tabell 3.

Tabell 3 *Analyseresultater EROD*

Stasjon (delområde)	1008 (I)	1028 (V)	1032 (II)	1039 (II)	1044 (IV)	1047 (IV)
EROD, TEQ ng/kg	7	17	1406	207	60	63

4.4 Vurdering av resultater i trinn I

Risikoveilederen sier at dersom minst én prøve fra et område overskrider grenseverdien for minst én miljøgift, kan ikke området ”friskmeldes” etter trinn I. Det er derfor ingen av de vurderte delområdene i Tromsø havn som kan friskmeldes ut i fra risikovurderingens trinn I.

5 RISIKOVURDERING - TRINN II

Risikovurderingens trinn II er utført for de fem delområder i Tromsø havn som vist i figur 1. Formålet med inndelingen i delområder er å kunne prioritere mer håndterbare områder for tiltak. Inndelingen i delområder er gjort i samarbeid med Akvaplan-niva, og det er tatt hensyn til utført prøvetaking, naturlige avgrensninger, trafikk- og strømningsforhold.

Trinn II er gjennomført for bly, kadmium, kobber, kvikksølv, PCB og enkeltforbindelser av PAH i henhold til risikoveilederen. TBT er ikke inkludert i trinn II grunnet manglende stoffdata for TBT i veilederen.

5.1 Forutsetninger

5.1.1 Konsentrasjoner

Som inndata er det benyttet konsentrasjoner tilsvarende vedlegg A. I tilfeller der det ikke er påvist konsentrasjoner over deteksjonsgrensen, er konsentrasjon tilsvarende deteksjonsgrensen benyttet. Datagrunnlaget er nærmere diskutert i 3.1.

5.1.2 Aktuell arealbruk

Ved vurdering av risiko for human helse tas det hensyn til ulike eksponeringsveier som vist i kap. 2.1. I Tabell 4 er aktuelle eksponeringsveier for de ulike delområdene i Tromsø havn vist. De aktuelle eksponeringene beregnes, og summeres til en total eksponering for henholdsvis barn og voksne. Ved å anta at man er barn i 6 år og voksen i 64 år, beregnes en total livsdosis som gir gjennomsnittlig livstid daglig eksponering.

Tabell 4 Arealbruk for delområder

Delområde	Arealbruk	Aktuell eksponering
I, III	Småbåthavn	Oralt inntak av overflatevann Oralt inntak av partikulært materiale Hudkontakt med overflatevann Inntak (konsum) av fisk og skalldyr
II, IV, V	Havn/industri	Inntak (konsum) av fisk og skalldyr

5.1.3 Stedsspesifikke data

I Tabell 5 er benyttede stedsspesifikke data for areal, antall skipsanløp, TOC og fraksjon leire vist. Utover disse parametrene, er standardverdier angitt i veilederen benyttet.

Tabell 5 Stedsspesifikke data

Delområde	Areal [m ²]	Antall skipsanløp, N _{skip}	TOC [%]	Fraksjon leire < 2 um, f _{susp} *
I	60 908	0	1,81	0,33
II	68 375	172	0,53	0,088
III	97 863	230	2,1	0,195
IV	76 919	396	1,61	0,199
V	66 855	925	0,28	0,045

* benyttet fraksjon < 63 um.

Tall for antall skipsanløp er gitt av havnevesenet, og baserer seg på fordelingen vist i tabell under. Tallene baserer seg på anløp i 2003, men det skal ikke ha skjedd vesentlige endringer i 2004. I risikoveilederen anbefales det først og fremst å inkludere skipsanløp for fartøyer over 1000 tonn. Fartøyer under 1000 tonn er derfor ikke inkludert.

Tabell 6 Fordeling av antall skipsanløp > 1000 tonn i delområdene

Fartøygruppe	I: Polaria-havnen	II: Indre havn sør	III: Indre havn nord	V: Prostnes	IV: Bruhodet/Verftet
Lasteskip	0	0	0	0	102
Bulkskip	0	30	30	30	60
Tankskip	0	0	0	0	12
Hurtigruta	0	0	0	712	0
Cruiseskip	0	0	0	26	0
Fiskefartøy	0	131	131	131	196
Orlogsfartøy	0	11	65	21	21
Kystvakt/statlige fartøy	0	0	4,5	4,5	4,5

5.2 Risiko for spredning

Ved vurdering av risiko for spredning av miljøgifter fra sedimentene, beregnes spredningsbidrag fra biodiffusjon, oppvirvling fra skip og opptak i organismer, som nevnt i kap. 2.1. For Tromsø havn er samtlige bidrag inkludert, med unntak i de tilfeller der antall skipsanløp er lik null, hvilket medfører at spredning som følge av oppvirvling ikke bidrar til spredning, se Tabell 5.

Spredningstall for ulike områder kan sammenlignes med hverandre eller satte miljømål. Inntil det foreligger grenseverdier for spredning, kan man også sammenligne spredningen fra et område med hvilken spredning man ville hatt dersom sedimentene i området tilfredsstillende grenseverdiene i trinn I. Denne "referansespredningen" er beregnet ved å benytte stedsspesifikke tall for areal, antall skipsanløp og fraksjon leire, men med konsentrasjon tilsvarende grenseverdiene i trinn I og TOC lik 1 %. Dette innebærer at referansespredningen vil være ulik for hvert delområde. Antall ganger beregnet spredning er høyere enn referansespredningen, gir et uttrykk for hvor alvorlig spredningen er. Dersom forholdet mellom beregnet spredning og referansespredning er mindre enn én, er spredningen akseptabel.

5.2.1 Risiko for spredning av tungmetaller

Den beregnede totale spredningen av tungmetaller er vist i Tabell 7 nedenfor. Resultatene viser at spredningen er størst i delområde III og IV. Beregninger for delområde I, II og V er inkludert, men tungmetallkonsentrasjonene i disse delområdene tilfredsstillende grenseverdiene i trinn I.

Tabell 7 *Beregnet total spredning av tungmetaller [mg/m²/år]*

Delområde	I		II		III		IV		V	
	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Cu	2,3	2,2	11	7,0	156	54	308	76	12	8,0
Hg	0,01	0,01	0,02	0,02	2,758	0,781	0,35	0,17	0,13	0,05
Pb	0,11	0,10	3,2	2,1	115	59	6740	1459	5,9	4,0

Tabell 8 viser beregnet spredning sammenlignet med referansespredningen for de ulike tungmetallene. Det er særlig konsentrasjonen av bly i to prøvepunkter i delområde IV som gir stor beregnet risiko for spredning, og dermed stor overskridelse av referansespredningen. Selv om tungmetallkonsentrasjonene i delområde I, II og V overholder grenseverdi i trinn I, ser man av Tabell 8 at referansespredningen i disse områdene overskrides noe. Dette skyldes blant annet forskjellen i TOC i forhold til grenseverdiene og reelle sedimentkonsentrasjoner.

Tabell 8 Antall ganger beregnet spredning av tungmetaller fra delområder i Tromsø havn overskrider referansespredning

Delområde	I		II		III		IV		V	
	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Cu	1,2	1,2	1,5	<1	12	4,2	12	2,9	<1	<1
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pb	1,9	1,8	14	9	272	162	7681	1663	11	7,2

Basert på overskridelsen av referansespredning er delområdene rangert som vist i Tabell 9. Ingen av delområdene overskrider referansespredningen for kvikksølv.

Tabell 9 Rangering av delområder etter størst overskridelse av referansespredning for tungmetaller basert på middel spredning

Rangering	Cu	Pb
1	III	IV
2	IV	III
3	I	II
4		V
5		I

5.2.2 PAH

Den beregnede totale spredningen av PAH er vist i Tabell 10. Risikoveilederen oppgir kun stoffdata for de 10 PAH-forbindelsene som vist i tabellen. Resultatene viser at spredningen er størst i delområde III. Det bemerkes at det kun er utført én analyse for PAH i delområde I.

Tabell 10 Beregnet total spredning av PAH [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$] fra delområder

Delområde	I	II		III		IV		V	
		Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Miljøgift									
Antracen	0,13	3,3	1,2	21	6,1	4,4	1,4	0,55	0,52
Benso(a)antracen	0,02	0,60	0,19	3,4	0,86	0,61	0,19	0,08	0,06
Benso(a)pyren	0,05	0,60	0,22	4,5	1,1	0,84	0,29	0,19	0,14
Benso(ghi)perylene	0,85	17	5,4	52	17	12	3,5	3,2	2,6
Benso(k)fluoranten	0,03	0,52	0,18	3,2	0,90	0,74	0,25	0,12	0,09
Fenantren	0,43	9,3	3,9	53	18	14	4,4	1,8	1,3
Fluoranten	0,09	1,8	0,84	12	3,2	3,6	0,98	0,34	0,25
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01	0,62	0,17	1,6	0,51	0,39	0,11	0,05	0,04
Krysen	0,03	1,2	0,38	3,6	1,0	0,90	0,27	0,13	0,10
Naftalen	0,91	28	11	79	26	726	160	12	11

I Tabell 11 er beregnet spredning sammenlignet med hva spredningen ville vært dersom sedimentene tilfredsstillte grenseverdiene i trinn I.

Tabell 11 Antall ganger beregnet spredning av PAH-forbindelser fra delområder i Tromsø havn overskrider referansespredningen

Delområde	I	II		III		IV		V	
		Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Antracen	<1	17	6,5	110	32	22	6,9	2,8	2,6
Benso(a)antracen	<1	5,8	1,9	30	7,5	4,4	1,3	<1	<1
Benso(a)pyren	2,5	28	10	197	50	32	11	7,8	5,8
Benso(ghi)perylene	<1	2,3	<1	6,9	2,3	1,6	<1	<1	<1
Benso(k)fluoranten	<1	6,9	2,3	37	10	6,5	2,2	1,2	<1
Fenantren	<1	<1	<1	4,1	1,4	1,1	<1	<1	<1
Fluoranten	<1	2,2	1,0	13	3,7	3,8	1,0	<1	<1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,1	53	15	123	39	25	6,8	3,7	3,1
Krysen	<1	<1	<1	1,4	0,41	<1	<1	<1	<1
Naftalen	<1	2,2	<1	6,2	2,1	57	13	<1	<1

Basert på overskridelse i forhold til referansespredning av PAH, er delområdene rangert etter størst overskridelse, se Tabell 12. Størst overskridelse gir høyest rangering. Dersom referansespredningen ikke er overskredet, er delområdet ikke inkludert i rangeringen. Delområde III har klart størst risiko for spredning, mens delområdene II og IV følger etter med noe lavere risiko. Det bemerkes at det kun er analysert for PAH i én prøve fra delområde I.

Tabell 12 Rangering av delområder etter størst overskridelse av referansespredning for PAH basert på middelvei

Rangering	Antracen	Benso(a)antracen	Benso(a)pyren	Benso(ghi)perylene	Benso(k)fluoranten
1	III	III	III	III	III
2	II, IV	II, IV	II, IV		II, IV
3	V		V		
4			I		

Tabell 12 forts.

Rangering	Fenantren	Fluoranten	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Krysen	Naftalen
1	III	III	III	III	IV
2		II, IV	II		III
3			IV		
4			V		
5			I		

5.2.3 PCB

Den beregnede totale spredningen av PCB er vist i Tabell 13. Resultatene viser at spredningen er størst i delområde III. Det bemerkes at det kun er inkludert én analyse for PCB i delområdene I, II og V.

Tabell 13 Beregnet total spredning av PCB [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]

Delområde	I	II	III		IV		V
			Maks	Middel	Maks	Middel	
Spredning [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]							
PCB 28	0,003	0,023	0,047	0,030	0,033	0,023	0,009
PCB 52	0,009	0,061	0,123	0,075	0,094	0,055	0,021
PCB 101	0,004	0,010	0,062	0,021	0,028	0,014	0,005
PCB 118	0,0005	0,001	0,005	0,003	0,006	0,003	0,0007
PCB 138	0,004	0,016	0,041	0,014	0,024	0,011	0,0028
PCB 153	0,003	0,009	0,024	0,011	0,040	0,012	0,0025
PCB 180	0,002	0,002	0,005	0,003	0,013	0,005	0,0007
Sum PCB7	0,026	0,122	0,307	0,157	0,239	0,123	0,041

I Tabell 14 er overskridelse i forhold til referansespredning for PCB vist. Det er kun overskridelser for delområdene II, III og IV.

Tabell 14 Antall ganger beregnet spredning av PCB fra delområder i Tromsø havn overskrider referansespredningen

Delområde	I	II	III		IV		V
			Maks	Middel	Maks	Middel	
PCB 28	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1
PCB 52	<1	1,1	2,3	1,4	1,7	1,0	<1
PCB 101	<1	1,2	7,5	2,6	3,1	1,6	<1
PCB 118	<1	<1	2,8	1,8	2,6	1,3	<1
PCB 138	<1	3,1	7,4	2,5	3,9	1,8	<1
PCB 153	<1	2,5	6,1	2,7	8,6	2,6	<1
PCB 180	<1	<1	1,6	1,1	3,6	1,3	<1
Sum PCB7	<1	1,1	2,7	1,4	2,1	1,1	<1

Basert på overskridelse i forhold til referansespredningen, er delområdene rangert etter størst overskridelse, se Tabell 15. Dersom referansespredningen ikke er overskredet, er delområdet ikke inkludert i rangeringen. Delområde III rangeres høyest for de fleste kongenere. Det bemerkes at det i delområde I, II og V kun er inkludert én PCB-analyse.

Tabell 15 Rangering etter overskridelse basert på middel total spredning

Rangering	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB138	PCB153	PCB180	Sum PCB7
1		III	III	III	II	III	IV	III
2		II, V	II, IV	IV	III	II, IV	III	II, IV
3					IV			

5.3 Human eksponering

Ved vurdering av risiko for human helse tas det hensyn til ulike eksponeringsveier som vist i Tabell 4. Total human eksponering er beregnet for barn og voksne, og ved å anta at man er barn i 6 år og voksen i 64 år, er total livsdosis som gir gjennomsnittlig livstid daglig eksponering beregnet. Dosisverdiene er så sammenlignet med grenseverdier for maksimal tolerabel risiko (MTR) for human helse. I beregningene er standardverdier i henhold til risikoveilederen benyttet, samt generell eksponeringstid på 30 dager per år.

5.3.1 Human eksponering for tungmetaller

Beregnet human eksponering angitt som dosis [mg/kg kroppsvekt/d] for tungmetaller i delområdene er vist i Tabell 16. Resultatene viser at eksponeringen er størst i delområde III og IV. Beregninger for delområde I, II og V er inkludert selv om tungmetallkonsentrasjonene i disse delområdene tilfredsstiller grenseverdiene i trinn I.

Tabell 16 Beregnet dosis [mg/kg kroppsvekt/år] for tungmetaller

Delområde	I		II		III		IV		V	
	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Dosis [mg/kg k.v./år]										
Cu	4,26E-05	4,12E-05	1,23E-04	8,14E-05	4,97E-04	1,71E-04	6,15E-04	1,51E-04	1,10E-04	7,72E-05
Hg	2,16E-07	1,65E-07	1,21E-07	9,42E-08	2,92E-06	8,25E-07	2,19E-07	1,07E-07	5,74E-07	2,07E-07
Pb	7,69E-06	6,98E-06	3,31E-05	2,18E-05	1,70E-04	1,01E-04	5,82E-03	1,26E-03	4,33E-05	2,95E-05

I Tabell 17 er beregnet dosis sammenlignet med maksimalt tolerabel risiko (MTR) dersom man antar at sedimentene utgjør ca 10 % av det totale miljøgiftbidraget en person utsettes for. MTR-verdiene er gitt i veilederens vedlegg C. MTR defineres som den mengde av et visst stoff ethvert menneske kan eksponeres for daglig gjennom hele livet uten signifikant helserisiko. Resultatene viser at det kun er konsentrasjonen av bly i delområde IV som utgjør noen human helserisiko.

Tabell 17 *Antall ganger beregnet dosis av tungmetaller overskrider MTR 10 %*

Delområde	I		II		III		IV		V	
	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Cu	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Hg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Pb	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	16,18	3,49	< 1	< 1

5.3.2 Human eksponering for PAH

Beregnet human eksponering angitt som dosis [mg/kg kroppsvekt/d] for PAH-forbindelser i delområdene er vist i Tabell 18. En sammenligning med grenseverdiene for MTR 10 % viser at risikoen er størst i delområde III. Det bemerkes at det kun er utført én analyse for PAH i delområde I.

Tabell 18 *Beregnet dosis [mg/kg kroppsvekt/år] av PAH i delområder*

Delområde	I	II		III		IV		V	
		Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Dosis [mg/kg k.v./år]									
Antracen	3,40E-05	8,27E-04	3,11E-04	5,28E-03	1,50E-03	1,06E-03	3,25E-04	1,34E-04	1,26E-04
Benso(a)antracen	3,03E-05	1,02E-03	3,29E-04	4,10E-03	1,03E-03	5,96E-04	1,81E-04	1,27E-04	9,68E-05
Benso(a)pyren	1,31E-04	1,52E-03	5,48E-04	9,13E-03	2,30E-03	1,49E-03	5,08E-04	4,57E-04	3,37E-04
Benso(ghi)perylene	2,23E-03	4,44E-02	1,40E-02	1,36E-01	4,45E-02	3,17E-02	9,07E-03	8,32E-03	6,58E-03
Benso(k)fluoranten	8,23E-05	1,25E-03	4,18E-04	4,92E-03	1,36E-03	8,72E-04	2,94E-04	2,69E-04	2,10E-04
Fenantren	1,13E-04	2,44E-03	1,02E-03	1,38E-02	4,73E-03	3,54E-03	1,10E-03	4,66E-04	3,29E-04
Fluoranten	9,87E-05	1,89E-03	8,58E-04	1,03E-02	2,86E-03	2,95E-03	7,89E-04	3,42E-04	2,52E-04
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,03E-05	1,55E-03	4,31E-04	2,92E-03	9,30E-04	5,86E-04	1,61E-04	1,23E-04	1,04E-04
Krysen	6,41E-05	2,70E-03	8,30E-04	6,30E-03	1,80E-03	1,37E-03	4,05E-04	2,76E-04	2,04E-04
Naftalen	1,33E-05	3,70E-04	1,47E-04	1,17E-03	3,87E-04	1,05E-02	2,31E-03	1,34E-04	1,24E-04

I Tabell 19 er antall ganger dosis overskrider grenseverdien for MTR 10 % vist. Resultatene viser at det eksisterer risiko for human helse knyttet til eksponeringen for benso(a)pyren og benso(ghi)perylene i for nesten samtlige delområder. Den resulterende rangeringen viser at det er delområde III og deretter II som gir størst risiko for human helse, Tabell 20. Det bemerkes at det kun er analysert for PAH i én prøve fra delområde I.

Tabell 19 Antall ganger beregnet dosis av PAH-forbindelser overskrider MTR 10 %

Delområde	I	II		III		IV		V	
		Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel	Maks	Middel
Antracen	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1	<1
Benso(a)antracen	<1	2,0	<1	8,2	2,1	1,2	<1	<1	<1
Benso(a)pyren	2,6	30	11	183	46	30	10	9,1	6,7
Benso(ghi)perylene	<1	15	4,7	45	15	11	3	2,8	2,2
Benso(k)fluoranten	<1	2,5	<1	9,8	2,7	1,7	<1	<1	<1
Fenantren	<1	<1	<1	3,5	1,2	<1	<1	<1	<1
Fluoranten	<1	<1	<1	2,1	<1	<1	<1	<1	<1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<1	3,1	<1	5,8	1,9	1,2	<1	<1	<1
Krysen	<1	<1	<1	1,3	<1	<1	<1	<1	<1
Naftalen	<1	<1	<1	<1	<1	2,6	<1	<1	<1

Tabell 20 Rangering av delområder etter antall ganger middelverdi for dosis overskrider MTR 10 % for PAH

Rangering	Benso(a)antracen	Benso(a)pyren	Benso(ghi)perylene	Benso(k)fluoranten	Fenantren	Indeno(1,2,3-cd)pyren
1	III	III	III	III	III	III
2		II, IV	II			
3		V	IV			
4		I	V			

5.3.3 Human eksponering for PCB

Beregnet human eksponering angitt som dosis [mg/kg kroppsvekt/d] for PCB i delområdene er vist i Tabell 21. Størst risiko for eksponering finnes i delområde II og III. Det bemerkes at det kun er én prøve av PCB fra delområde I, II og V (se forklaring i kap.3.1).

Tabell 21 Beregnet dosis [mg/kg kroppsvekt/år] av PCB i delområder

Delområde	I	II	III		IV		V
			Maks	Middel	Maks	Middel	
Dosis [mg/kg k.v./år]							
PCB 28	6,25E-06	4,53E-05	9,27E-05	5,95E-05	6,42E-05	4,45E-05	1,69E-05
PCB 52	2,44E-05	1,59E-04	3,20E-04	1,94E-04	2,40E-04	1,41E-04	5,43E-05
PCB 101	1,07E-05	2,56E-05	1,45E-04	4,96E-05	6,03E-05	2,96E-05	1,33E-05
PCB 118	1,24E-06	3,22E-06	6,57E-06	4,19E-06	6,19E-06	3,15E-06	1,55E-06
PCB 138	1,15E-05	4,34E-05	9,14E-05	3,04E-05	4,78E-05	2,16E-05	7,29E-06
PCB 153	7,67E-06	2,41E-05	5,06E-05	2,25E-05	7,05E-05	2,09E-05	6,29E-06
PCB 180	5,56E-06	5,44E-06	9,42E-06	6,35E-06	2,16E-05	7,99E-06	1,84E-06
Sum PCB7	6,73E-05	3,06E-04	7,16E-04	3,66E-04	5,11E-04	2,69E-04	1,02E-04

I Tabell 22 er beregnet dosis sammenlignet med grenseverdiene for MTR 10 %. Sammenligningen viser at risikoen for eksponering er uakseptabel i samtlige delområder. En rangering basert på overskridelse av MTR 10 % viser at det er delområde II og III som gir størst uakseptabel risiko for human helse, Tabell 23. Det bemerkes at det kun er én analyse for PCB i delområde I, II og V. Sammenligningen med MTR 10 % viser imidlertid at samtlige delområder har uakseptabel risiko for human helse knyttet til PCB.

Tabell 22 Antall ganger beregnet dosis overskrider MTR 10 %

Delområde	I	II	III		IV		V
			Maks	Middel	Maks	Middel	
PCB 28	6,3	46	93	60	64	45	17
PCB 52	25	160	320	194	240	141	54
PCB 101	11	26	145	50	60	30	13
PCB 118	1,3	3,2	6,6	4,2	6,2	3,2	1,6
PCB 138	12	44	91	30	48	22	7,3
PCB 153	7,7	24	51	23	71	21	6,3
PCB 180	5,6	5,5	9,4	6,4	22	8	1,8
Sum PCB7	9,7	44	102	52	73	38	15

Tabell 23 Rangering av delområder basert på antall ganger middelverdi for dosis overskrider MTR 10 % for PCB

Rangering	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Sum PCB7
1	III	III	III	III	II	II, III, IV	IV	III
2	II, IV	II	IV	II, IV	III	I	III	II
3	V	IV	II	V	IV	V	I, II	IV
4	I	V	V	I	I		V	V
5		I	I		V			I

5.4 Risiko for effekter på økosystemet

I risikovurderingens trinn II vurderes også effekter av sedimenter på organismer og potensial for bioakkumulering. Resultatene vurderes i forhold til toksisitetstester utført i trinn I. Tabell 24 viser prøvedekningen for toksisitetstestene i delområdene. Resultatene og vurderingene er i stor grad hentet fra SFT-rapport TA-2035 "Opprydding av forurensede sedimenter i Tromsø havn. Biologiske effekter (delprosjekt 2)".

Tabell 24 Antall prøver analysert for toksisitet fra hvert delområde

Toksisitets-test	Porevann	Organisk ekstrakt	Effekt av sediment på organismer (<i>Arenicola</i> , <i>Corophium</i>)	Biotilgjengelighet (<i>Hediste diversicolor</i> , <i>Hinia reticulata</i>)
I	3	2	2	3
II	7	7	4	4
III	8	9	3	3
IV	9	9	4	4
V	3	3	3	3

5.4.1 Effekter av sedimenter på organismer

Sedimentenes toksiske effekter er undersøkt ved hel-sedimenttest på fjæremarken *Arenicola marina* og amfipoden *Corophium* sp.

Det var klart redusert fødeinntak hos *Arenicola* i sediment fra stasjonene 1008 (I), 1015 (I), 1025 (II), 1026 (V), 1047 (IV) og 1052 (IV). Ingen av test-sedimentene var like attraktive for børstemarken som kontrollsedimentet. Fødeinntak vil imidlertid også være avhengig av organisk innhold i sedimentet og ikke minst partikkelfordeling. Enkelte av sedimentene som ble testet her var svært grove (1019 og 1024 i delområde II), noe som vil ha negativ effekt på fødeinntak for fjæremark selv uten tilstedeværelse av miljøgifter.

Det var økt dødelighet hos fjæremark i sediment fra stasjonene 1026 og 1027 i delområde V, samt 1047 og 1052 i delområde IV. Det var imidlertid stor variasjon mellom de tre test-akvariene. Det ble også observert dødelighet i det ene kontroll-akvariet. Den store følsomheten til fjæremark sett her er trolig blant annet knyttet til at testingen ble gjennomført i samme periode som denne arten gyter.

Sediment fra stasjonene 1019 (II), 1022 (II), 1024 (II), 1034 (III), 1035 (III), 1044 (IV) og 1051 (IV) påvirket fjæremark i liten grad i de to testene.

Det var kun noen få stasjoner i delområdene som ble testet med *Corophium*: 1008 (I), 1034 (III), 1035 (III), 1044 (IV), 1047 (IV), 1051 (IV), 1052 (IV) og 1026 (V). Det var påvirkning av adferd for sediment fra stasjonene 1034 og 1035 i delområde III, og 1047 og 1052 i delområde IV. Overlevelsen var kun redusert i sedimentet fra 1047 (IV).

5.4.2 Testing av biotilgjengelighet/bioakkumulering

Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimentene fra Tromsø havn er testet på flerbørstemarken *Hediste diversicolor* og nettsneglen *Hinia reticulata*.

Det var en klar forskjell i akkumuleringsmønsteret for ulike PAH-forbindelser. For pyren var det en tydelig akkumulering i børstemark holdt i sediment fra

stasjonene 1024 (II), 1025 (II), 1031 (III), 1034 (III), 1035 (III), 1051 (IV), 1052 (IV) og 1053 (IV). To av tre replikater var også forhøyet for pyren i børstemark holdt på sediment fra 1008 (I). Mønsteret fenantren og benzo(a)pyren var i grove trekk overensstemmende. For fenantren var det noe lavere nivåer for mark holdt i sediment fra 1008 (I) og 1034 (III), mens det for benzo(a)pyren var noe usikre resultater (en av tre replikater under deteksjonsgrensen) for 1034 (III).

De høyeste nivåene av kadmium i sedimentene ble funnet på stasjonene 1008 og 1015 i delområde I. Det var imidlertid ikke veldig høye nivåer av kadmium i noen sedimentprøver, og dette ble også reflektert i moderat akkumulering i børstemark. *Hediste* holdt på sediment fra stasjonene 1015 (I), 1019 (II), 1022 (II) og 1026 (V) hadde signifikant høyere konsentrasjoner enn børstemark holdt på kontrollsediment. Det er imidlertid ikke analysert for innhold av tungmetaller i organismer holdt på sediment fra de to stasjonene med høyest konsentrasjon i sedimentene (1008 og 1047).

Det var signifikant akkumulering av bly i børstemark holdt på sedimentene fra stasjonene 1015 (I), 1019 (II) og 1022 (II). Nivåene var imidlertid moderate. Det var moderat akkumulering av PCB i børstemark holdt i sediment fra 1044 og 1047 fra delområde IV. Nivåene var ikke høyere enn i børstemark holdt på kontrollsediment.

Det ble analysert for organiske tinnforbindelser, PAH og tungmetaller i nettsneglen *Hinia reticulata*. Mønstrene for metallene og PAH var tilnærmet likt som for børstemark. Til tross for svært høye konsentrasjoner av TBT i alle sedimentprøvene, var det bare åpenbart forhøyede nivåer av TBT i snegl fra stasjonene 1024 (II), 1028 (V), 1034 (III) og 1051 (IV). Nivåene var klart høyest i snegl holdt i sediment fra 1034 (III) og 1051 (IV). Resultatene viser tydelige forskjeller i biotilgjengeligheten av TBT i sediment fra de ulike stasjonene. Organiske tinnforbindelser i sediment fra stasjonene 1008 (I) og 1053 (IV) var tilsynelatende lite tilgjengelige for opptak i nettsnegl.

5.4.3 Oppsummering av resultater av økotokstesting

Toksisitetstestene viser at samtlige fem delområder har sedimenter med klare toksiske effekter. Det er videre funnet en klar sammenheng mellom sedimentkonsentrasjon og bioakkumulering i børstemark og snegl for noen PAH-forbindelser, men ikke for andre PAH-forbindelser, tungmetaller og TBT. Det er gjort for få målinger av PCB i børstemark til å kunne gjøre en slik vurdering for PCB. Innhold av organisk karbon og partikkelstørrelse syntes ikke å påvirke biotilgjengelighet.

Generelt sett er det funnet en klar sammenheng mellom toksisitetstesting fra trinn I og konsentrasjoner av PAH og metaller i sedimentene, med unntak for bly. Trenden er lignende for TBT og PCB. Dersom man sammenligner beregnet porevannskonsentrasjon som gitt i vedlegg D, med grenseverdiene for beskyttelse av 95 % av organismene angitt som HC₅ i veilederen, vil sediment-

konsentrasjonene i samtlige delområder medføre overskridelser. Dette stemmer godt overens med resultatene fra toksisitetstestene.

5.5 Vurdering av resultater fra trinn II

Risikovurderingens trinn II viser at sedimentkonsentrasjonene i samtlige delområder utgjør en uakseptabel risiko for human helse og økologi. Beregningene viser at særlig risiko for human eksponering for PCB er høy. Videre er det vist at spredningen av bly fra delområde III og IV, samt spredningen av enkelte PAH-forbindelser fra samtlige delområder er langt høyere enn dersom delområdene tilfredsstillere grenseverdiene gitt i trinn I.

6 KONKLUSJON

Det er gjennomført risikovurdering av sedimenter i fem delområder i Tromsø havn. Metoden som er benyttet er SFTs foreløpige versjon av risikoveilederen (NGI og NIVA, 2004). Endelig versjon ventes å være klar i løpet av vinteren 2005.

De vurderte miljøgiftene er bly, kadmium, kobber, kvikksølv, PAH og PCB. Tromsø havn er i tillegg svært forurenset av TBT, som kun er inkludert i trinn I og vurderingen av økotoksitet.

Ingen av de fem delområdene kan friskmeldes etter risikovurderingens trinn I eller II basert på tilgjengelig data. Det bemerkes at prøvedekningen for de kjemiske analysene er noe mangelfulle, men de utførte toksisitetstestene viser klart at samtlige delområder bør vurderes for tiltak i sedimentene. Rangeringen av delområder med mangelfullt datagrunnlag er korrekt dersom man antar at benyttede analyseresultater er representative.

Med utgangspunkt i spredningsberegninger, overskridelse av akseptabel human helserisiko og vurdering av toksisitet i risikovurderingens trinn II, bør delområdene i Tromsø havn prioriteres for tiltak i følgende rekkefølge:

5. Delområde III (Indre havn nord)
6. Delområde II (Indre havn sør) og IV (Bruhodet/Verftet)
7. Delområde I (Polariahavnen)
8. Delområde V (Prostnes)

Delområde II og IV har omtrent lik risiko for både spredning, human helse og økologi. Delområde V gir generelt litt høyere beregnet risiko for spredning og human eksponering enn delområde I, men toksisitetstestene viser at sedimentene i delområde I er mer toksiske enn sedimentene i delområde V, og rangeres derfor høyere i prioriteringen.



7 REFERANSER

NGI og NIVA, 2004

NGI rapport 20031190-4: "Risikovurdering av forurenset sediment. Veileder", foreløpig versjon datert 23.11.2004.

SFT, 2003

SFT rapport TA-2035: "Opprydding i Tromsø havn delprosjekt 2. Biologiske effekter"



Vedlegg A - Datagrunnlag, sedimentkonsentrasjoner

I tabellen er datagrunnlaget benyttet i risikovurderingen av forurenset sediment i delområder i Tromsø havn vist. Ruter merket med grått angir konsentrasjoner som overskrider grenseverdiene i trinn I.

Tabell 1 Analysegrunnlag for delområder i Tromsø havn

Delområde	Prøvepunkt	PAH16* mg/kg	PCB7 mg/kg	TBT mg/kg	Cd mg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg
I	1008	0,273	0,00932	0,019	0,510	0,447	9,85	24,5
	1015	i.a.	i.a.	i.a.	0,491	0,239	12	26
II	1019	0,0985	i.a.	i.a.	0,205	<0,04	4,38	5,88
	1022	i.a.	i.a.	i.a.	0,121	0,059	10,6	16,1
	1024	0,667	i.a.	0,019	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	1025	0,019	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	TRO4	2,505	0,008	0,578	0,250	0,074	15,2	22
III	1031	6,536	i.a.	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	1032	2,015	0,012	1,2	0,171	0,236	119	38,2
	1034	2,538	0,02907	2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	1035	3,162	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	1039	4,298	0,04041	3,5	0,157	0,45	38,7	100
	TRØ4	14,368	0,0275	0,19	0,59	1,31	106	146
	TRO5	9,18	0,022	1,076	0,43	0,37	308	91
	TRO6	36,495	0,041	6,124	0,7	2,53	281	352
IV	PRIII	0,054	0,21	0,017	1	7	250	1
	1044	0,431	0,01536	0,2	0,124	0,114	2340	29,2
	1047	1,581	0,01876	0,73	0,218	0,405	50	98,9
	1050	i.a.	i.a.	0,098	0,167	0,126	13,6	22,3
	1051	0,347	0,00395	0,044	0,141	0,0446	8,43	9,87
	1052	1,402	i.a.	0,015	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
	TRO7	7,053	0,049	1,015	1,6	0,4	8120	335
V	PRI	0,9	0,021	0,25	0,2	0,1	18	0,2
	1026	i.a.	i.a.	i.a.	0,133	0,185	4,05	7,07
	1027	i.a.	i.a.	i.a.	0,0856	0,0783	10,5	10,4
	1028	0,154	0,0129	0,013	0,0918	<0,04	7,49	4,57
	ST1	0,079	<0,035**	0,085	<0,1	<0,01	3,9	i.a.
ST3	0,11	<0,035**	0,71	<0,1	0,022	10	i.a.	

i.a.: ikke analysert

* For PAH16 er det kun oppgitt grenseverdi for 10 enkeltforbindelser. Grå ruter i kolonnen for PAH16 betyr derfor at minst én av de 10 enkeltforbindelsene av PAH overskrider gitte grenseverdier.

** Deteksjonsgrensen for de to prøvene er høyere enn de fleste påviste konsentrasjoner i delområdene. Prøvene er derfor utelatt i risikovurderingen



Vedlegg B - Datagrunnlag, toksisitetstester

I tabellen er analyseresultater for toksisitetstester for trinn I. Ruter merket med grått angir konsentrasjoner som overskrider grenseverdiene i trinn I.

Tabell 1 Analyseresultater for toksisitetstester for delområder i Tromsø havn

Delområde	Prøvepunkt	Porevann, EC50 (%)	Organisk ekstrakt, EC50 (mg/l)
I	1008	2,7	12
	1015	7	36
	1016	<100	31
II	1018	14,9	16
	1019	13	1723
	1021	13	1752
	1022	<100	2748
	1023	38,5	976
	1024	13	2843
	1025	9	1898
III	1031	6,8	723
	1032	3,6	754
	1033	<50	1594
	1034	15,9	294
	1035	14,9	440
	1036	7	13
	1037	13	14
	1038	12	28
	1039		24
IV	1040	3	44
	1043	<50	14
	1044	14,1	40
	1047	8,7	292
	1048	8,8	999
	1049	6,5	204
	1050	13	375
	1051	6	327
	1052	14,1	1262
V	1026	6,5	2381
	1027	11	9899
	1028	14,1	6376

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Akvaplan-niva	Dokument nr/Document No. 20031024-2
Kontraksreferanse/ Contract reference Ordrebekreftelse datert 19 januar 2005	Dato/Date 21 januar 2005
Dokumenttittel/Document title Opprydding av forurensede sedimenter i Tromsø havn	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Prosjektleder/Project Manager Arne Pettersen Utarbeidet av/Prepared by Anne Kibsgaard	
Emneord/Keywords harbour sediment, risk assessment	
Land, fylke/Country, County Norge, Troms Kommune/Municipality Tromsø Sted/Location Tromsø Kartblad/Map 1534 III UTM-koordinater/UTM-coordinates 34WDC773421	Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
AO	Helhetsvurdering/ General Evaluation *						
	Språk/Style						
AO	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence						
	- Total/Extensive						
	- Tverrfaglig/ Interdisciplinary						
WUT	Utforming/Layout						
AP	Slutt/Final						
	Kopiering/Copy quality						

* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/
On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date	Sign.
--	------------------	--------------