



Forurensede sediment ved vraket av Tirpitz

5. desember 2005

PROSJEKTRAPPORT

Norconsult 

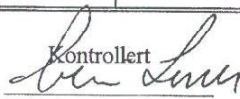
Norconsult AS, Bodø
Alsgården, Notveien 17, 8013 Bodø
Telefon: 75 50 09 70
Telefax: 75 50 09 71
www.norconsult.no
Bankgiro: 5005.05.49663
Foretaksreg.: NO 962392687 MVA

Prosjekt nr.: 4481900	Rapportdato: 2005-12-05
Aktivitetsnr.: 600	
Tittel: Statens forurensningstilsyn Sedimentundersøkelse ved vraket av krigsskipet Tirpitz	
Forfattere: Marit Elveos Geir Lenes	Rapport nr.: 4481100-1
Oppdragsgiver: SFT	Kontaktperson/referanse: Harald Solberg
Sammendrag: I forbindelse med forurensningsmyndighetens pågående kartlegging og opprydding i forurensede sedimenter i Norge har Norconsult AS høsten 2005, gjennomført en undersøkelse av tungmetaller og organiske miljøgifter i sediment og organismer i området ved vraket av krigsskipet Tirpitz. Det er i tidligere undersøkelser (1999) påvist PCB, PAH og kvikksølv i sedimentet i det området hvor Tirpitz ble senket, noe som har krevd en videre vurdering av potensiell risiko for helse og miljø. Foreliggende undersøkelse omfatter risikovurderingen utført i henhold til SFTs veiledninger. Risikovurderingen er basert på prøvetaking av sediment og vurderinger mot gitte grenseverdier for tungmetaller og organiske miljøgifter i sedimentet. Vurderingen omfatter tungmetaller, PAH, PCB₇, og dioksin. I risikovurderingens trinn I ble de målte konsentrasjonene av de vurderte stoffene i sedimentene sammenlignet med grenseverdier for disse stoffene. Grenseverdiene er basert på data om stoffenes giftighet for mennesker og en rekke forskjellige vannlevende organismer. Vrakområdet kan ikke friskmeldes på grunn av påviste overskridelser av Tromsø kommunes miljømålsetninger og de mer detaljerte delmål og tiltaksmål gitt i denne rapporten. Det er vesentlig innenfor nærområdet og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz at den potensielle risikoen for helse og miljø som følge av påviste organiske miljøgifter og metaller i sedimentet og biota, synes å være noe høy. Det er dette arealet som bør ha videre fokus. Vi har inndelt behovet for videre tiltak i nær- og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz som følger: • Behov for mer datainnsamling, fysiske forhold og sedimentet. • Ytterligere teoretiske betraktninger om potensiell risiko for helse og miljø, trinn II risikovurdering. • Ytterligere data om reel risiko for helse og miljø, trinn III risikovurdering.	
Emneord (4 stk.): Skipsvrak, Sedimentundersøkelse, Miljøgifter Risikovurdering	Fylke: Troms Kommune: Tromsø kommune
	Kartblad: Sone: N: Ø:

Utarbeidet



Kontrollert



Godkjent



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	TIRPITZ OG FORURENSNING AV RESIPIENTEN VED HÅKØYA	2
2	BAKGRUNN OG FORMÅL	4
3	METODIKK FOR FASTSETTING AV POTENSIELL RISIKO FOR FORURENSNING	7
3.1	Kartlegging av sedimentforurensning	7
3.2	Plassering av prøvetakingsstasjoner	7
3.3	Prøveprogram og analyser av stoffer	9
3.4	Potensiell risiko for helse og miljø	10
3.4.1	Verktøy for vurdering av potensiell risiko for helse og miljø	10
3.4.2	Prosess i vurdering av potensiell risiko	10
3.4.3	Beregning av risikoindeks - Trinn1	12
3.4.4	Kriterier for sediment og biota-forurensning	12
4	FORURENSNINGEN VED HÅKØY	13
4.1	Oppsummering av resipientundersøkelser før 2005	13
4.2	Resultat av sedimentprøvetaking i 2005	15
4.2.1	Bunnforhold ved prøvetakingsstasjonene	15
4.2.2	Sedimentprøver - 2005	15
4.2.3	Sedimentprøver tatt før 2005	17
4.3	Resultat av biota og toksisitetssprøving	18
4.3.1	Toksitetssprøving og biotaanalyser - 2005	18
4.3.2	Biota prøvetatt før 2005	20
5	RISIKOVURDERING	21
5.1	Miljømålsetninger for marint miljø	21
5.2	Transport og spredning av forurensning	21
5.3	Risikovurdering - helse og miljø	21
5.3.1	Tromsø kommunes målsetninger - sediment	22
5.3.2	Tromsø kommunens målsetninger - biota	22
5.3.3	SFTs grenseverdier for sediment (risikovurdering trinn 1)	22
5.4	Mattilsynets vurdering av fisk og skjell	23
6	BEHOV FOR VIDERE TILTAK	24
6.1	Behov for ytterligere tiltak	24
6.2	Forslag til videre tiltak	24
6.2.1	Datainnsamling	24
6.2.2	Videre bruk av teoretiske risikobetraktninger	24
6.2.3	Dokumentasjon gjennom prøvetaking av vannsøylen og biota	25
7	REFERANSER	26

Vedlegg:

1. Oversiktskart med tidligere og nye prøvestasjoner.
2. Feltrapport, Argus Miljø AS
3. Analyserapporter fra MOLAB AS
4. Opplisting av tidligere undersøkelser i fjordområdet utenfor Tromsø

1 TIRPITZ OG FORURENSNING AV RESIPIENTEN VED HÅKØYA

I forbindelse med forurensningsmyndighetens pågående kartlegging og opprydding i forurensede sedimenter i Norge har Norconsult AS høsten 2005, gjennomført en undersøkelse av tungmetaller og organiske miljøgifter i sediment og organismer i området ved vraket av krigsskipet Tirpitz. Skipet er fjernet, men en del av vrakdelene fra skipet som følge av opphoggingen, ligger fortsatt igjen på sjøbunnen. Vrakdelene har en forholdsvis stor arealmessig utbredelse i området sør for Håkøya i Tromsø kommune.

Utførte undersøkelser

Det er i en rapport til Tromsø kommune i 2001 rapportert om forholdene i sediment og biota i det området hvor Tirpitz ble senket. En dykkerundersøkelse i 1999 konstaterte en rikholdig marin fauna. Det ble påvist PCB, PAH og kvikksølv i sedimentet. SFT ba i sitt brev datert 29.03.2005 om ytterligere undersøkelser av forurensningssituasjonen i området hvor Tirpitz lå på sjøbunnen. Denne rapporten omtaler SFTs oppdrag og de funn og vurderinger som er gjort.

Påvist forurensning i sediment og biota i områdene rundt vraket av Tirpitz har krevd en vurdering av potensiell risiko for helse og miljø. Risikovurderingen er utført i henhold til SFTs veiledninger. Risikovurderingen er basert på prøvetaking av sediment og vurderinger mot gitte grenseverdier for tungmetaller og organiske miljøgifter i sedimentet. Risikovurderingen kan ikke benyttes til å trekke konklusjoner om reell belastning på og risiko for helse og miljø, men som et grunnlag for å vurdere videre tiltak. Vurderingen omfatter tungmetaller, PAH, PCB₇, og dioksin.

I risikovurderingens trinn I ble de målte konsentrasjonene av de vurderte stoffene i sedimentene sammenlignet med grenseverdier for disse stoffene. Grenseverdiene er basert på data om stoffenes giftighet for mennesker og en rekke forskjellige vannlevende organismer. Dette gir potensiell risiko for negativ miljøeffekt som følge av konsentrasjonen av disse stoffene i sedimentet.

Resultatet av vurdering av potensiell risiko for helse og miljø – trinn I

Vraket kan ikke friskmeldes på grunn av påviste overskridelser av Tromsø kommunes miljømålsetninger og de mer detaljerte delmål og tiltaks mål gitt i denne rapporten. Forholdet er underbygget av påviste strømforhold, dokumentert forurensning i sedimentet og biota samt gjennom beregnet risikoindeks og risikofaktor. Det er så langt ikke grunnlag for å påstå at transport og spredning fra opphoggingsområdet av Tirpitz kan påvirke områdene rundt i større grad enn bakgrunnsbelastningen.

Risikoen for transport og spredning av forurensninger fra vrakdelene som følge av strømforhold er vurdert som lav, jf. strømforhold, funn i biota og beregnet risikofaktor. Det er vesentlig innenfor nærområdet og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz at den potensielle risikoen for helse og miljø som følge av påviste organiske miljøgifter og metaller i sedimentet og biota, synes å være noe høy. Det er dette arealet som bør ha videre fokus.

Analyser av fiskelever (torsk) har kun påvist relativt lave verdier av organiske miljøgifter, jf. SFT klassene I og II. Mattilsynet vil foreta en vurdering av resultatene fra fiskeundersøkelsen for evt. fastsettelse av kostholdsråd i området.

Ytterligere tiltak

Vi har inndelt behovet for videre tiltak i nær- og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz som følger:

- Behov for mer datainnsamling, fysiske forhold og sedimentet.
- Ytterligere teoretiske betraktninger om potensiell risiko for helse og miljø, trinn II risikovurdering.
- Ytterligere data om reell risiko for helse og miljø, trinn III risikovurdering.

Før det kan konkluderes sikkert om behovet for tiltak mot sedimentforurensningen, og hva dette skal bestå i, bør det gjennomføres ytterligere undersøkelser og avklaringer i fht. SFTs veiledninger og risikoprosessen trinn II og eventuelt trinn III. Dette vil kunne omfatte en konkret avklaring om forurensningen i sedimentet i nær- og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz bidrar til en reell skade og ulempe på miljø og de forhold som eventuelt innebærer uakseptabel risiko for helse (strand, bading, konsum av fisk og skalldyr mv.) De tiltakene som bør iverksettes for å oppnå miljø- og helsemålsetningene bør være kost-effektive.

2 BAKGRUNN OG FORMÅL

Oppryddingen i forurensede sedimenter er et av miljøvernmyndighetenes satsingsområder. Målet er at innen 2005 skal det være utarbeidet fylkesvise tiltaksplaner for de mest forurensede kystområdene, og innen 2009 skal det foreligge tiltaksplaner for de resterende kyst- og fjordområdene. For Tromsø er det utarbeidet tiltaksplan for indre havneområde, samt Tromsøysundet /5/. Det foreligger god dokumentasjon på tilstanden i fjordområdet for øvrig, da det er gjennomført mange resipientundersøkelser i forbindelse med etablering av ulike avløpsutslipp. En del av undersøkelsene omfatter også kartlegging av miljøgifter i sediment og biota. Konklusjoner fra de mest sentrale undersøkelsene er tatt med i vurderingene gitt i denne rapporten.

Tromsø kommune har i mange år vært opptatt av mulige forurensninger fra sjøområdene ved opphoggingsplassen til krigsskipet Tirpitz. Høsten 1999 gjennomførte Tromsø kommune en undersøkelse i området, og det ble påvist forhøyede verdier av enkelte miljøgifter i sedimentet. Denne undersøkelsen omfatter kun 3 stasjoner fra et lite område, noe som gir et begrenset grunnlag for å trekke entydige konklusjoner om hvorvidt vraket er den eneste kilden til de påviste forurensninger. Statens forurensningstilsyn (SFT) ønsket ytterligere dokumentasjon om tilstanden på lokaliteten. Dette som grunnlag for en bedre vurdering av forurensningssituasjonen i området sør for Håkøya, der fortsatt vrakdeler fra opphoggingen av skipet ligger spredt utover sjøbunnen. SFT har derfor iverksatt en ny undersøkelse av sedimentforurensningen. Norconsult har utført og planlagt denne undersøkelsen høsten 2005. Til å prøveta sedimentet og innhenting av biota har vi benyttet firmaet Argus Miljø as.

Kildene til forurensning og forurensningsnivået varierer i de ulike fjordområdene, og behovet for opprydding må derfor vurderes ut fra lokale utfordringer og behov. Undersøkelsen av bunnområdet ved opphoggingsplassen til Tirpitz er en del av det pågående arbeidet med opprydding i forurensede sediment. Det er forutsatt at tiltak skal iverksettes på grunnlag av risiko for forurensning, dvs. sannsynlighet for og negativ potensiell konsekvens av forurensningen på helse og miljø som følge av tilstedeværelsen av miljøgifter i marine sedimenter. Den potensielle konsekvensen av miljøgifter i sedimentet følger av opptak av miljøgifter i marine organismer og mulig over i mennesket, med de negative virkninger dette kan ha for helsetilstanden. I denne rapporten er det utført en risikovurdering som er basert på en teoretisk tilnærming iht. en metode beskrevet i SFTs veiledning /11/.

Vurderingen av potensiell helse- og miljørisiko er knyttet til:

- Hvor giftige de ulike miljøfarlige stoffene er for vannlevende organismer.
- Risiko for helseskade for mennesker ved eksponering av miljøfarlige stoffer.
- Risiko for spredning av miljøfarlige stoffer til mindre forurensede områder.

Risikovurderingen kan ikke benyttes til å trekke konklusjoner om reell belastning på og risiko for helse og miljø, men som et grunnlag for å vurdere videre behov. Arbeidet har omfattet kartlegging av forurensningssituasjonen i sedimentet på opphoggingsplassen ved å ta prøver fra bunnsediment og samle inn marine organismer til kjemisk analyse. I tillegg beskrives tilstanden i området ved hjelp av SFTs ulike klassifiseringsverktøy. Det er gjennomført en trinn I vurdering. Her sammenlignes målte konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer i sediment mot en gitt grenseverdi. Dersom ingen av prøvene i trinn 1 vurderingen overskrider gitte grenseverdier kan en konkludere med at vrakdelene fra Tirpitz utgjør en ubetydelig risiko for miljø og området kan dermed friskmeldes. Dersom en eller flere av grenseverdiene overskrides bør ytterligere klargjøringer foretas i en såkalt trinn II vurdering hvor det beregnes potensiell spredning av miljøfarlige stoffer fra sedimentet og potensiell risiko for human eksponering av miljøfarlige stoffer. I trinn III vurderes reell risiko for helse og miljø ut fra stedsspesifikk kunnskap og prøvetaking.

Det foreligger i denne sammenhengen også resultater fra biotaprøver. Dette er et supplement til det som kreves i forhold til en trinn I undersøkelser.

Kort sammenfattet er formålet med undersøkelsen på opphuggingsplassen til Tirpitz å:

- kartlegge miljøtilstanden i området mht. utvalgte miljøgifter,
- vurdere risiko for spredning av forurensninger fra vrakdelene, og
- gi informasjon om innholdet av miljøgifter i organismer.

Tirpitz sank syd for Håkøya i november 1944 etter et alliert bombeangrep, og etter først å ha blitt slept hit som følge av torpederingen noe tidligere i Altafjorden. Tirpitz var et meget sammensatt krigsskip, bestykket med 2600 mann, et fremdriftsmaskineri basert på tungoljeoljefyrte dampturbiner, dieseldrevne hjelpemotorer, omfattende hydraulikksystemer, ammunisjon og et vell av ulikt maskineri og instrumenter. Bunkerskapasitet var 8297 mt. Vraket sank på 10 – 20 m dyp. I figur 1 nedenfor er Tirpitz fotografert i Altafjorden. Bildene av Tirpitz er hentet fra <http://www.bismarck-class.dk> og brukt med tillatelse fra innhaver av siden John Asmussen.



Figur 1: Tirpitz i Kåfjorden, november 1944.

Allerede i det siste krigsåret ble deler av Tirpitz hogget opp og verdier tatt vare på for gjenvinning. Vraket ble rett etter krigen overtatt av opphuggingsselskapet Høvding Skipsopphogging (hogget alt over vann) som sammen med det tyske selskapet Eisen und Metall (hugget alt under vann) i Hamburg, hogget opp skipet helt frem til 1958. Bilder fra opphuggingen er vist i figur 2. Opphuggingen la ikke vekt på å beskytte miljøet og forurensningen etter vraket av Tirpitz følger av datidens forståelse av forurensning og miljø. Det var to betydelige branner under opphuggingen. Større mengder av restavfall og vrakrester ligger fortsatt spredt over et forholdsvis stort område som følge av kontrollert sprengning, ukontrollerte eksplosjoner av ammunisjon og dumping av ikke nyttbart vrakgods. Det er også vist til at ikke nyttbart avfall fra fraksjonerings-, neddelings- og sorteringsarbeidet ble dumpet i sjøen i området mellom vraket og land, samt på større dyp i lokalområdet. Det skal ikke være dumpet ammunisjon, men det er usikkert. Under opphuggingen var det hele tiden tilstede en tysk sprengstoffekspert som uskadeliggjorde ammunisjonen fortløpende. I dag ligger det også vrakdeler nede i sedimentet /1/.



Figur 2: Opphugging av vraket ble utført i perioden 1949 – ca. 1960.

3 METODIKK FOR FASTSETTING AV POTENSIELL RISIKO FOR FORURENSNING

3.1 Kartlegging av sedimentforurensning

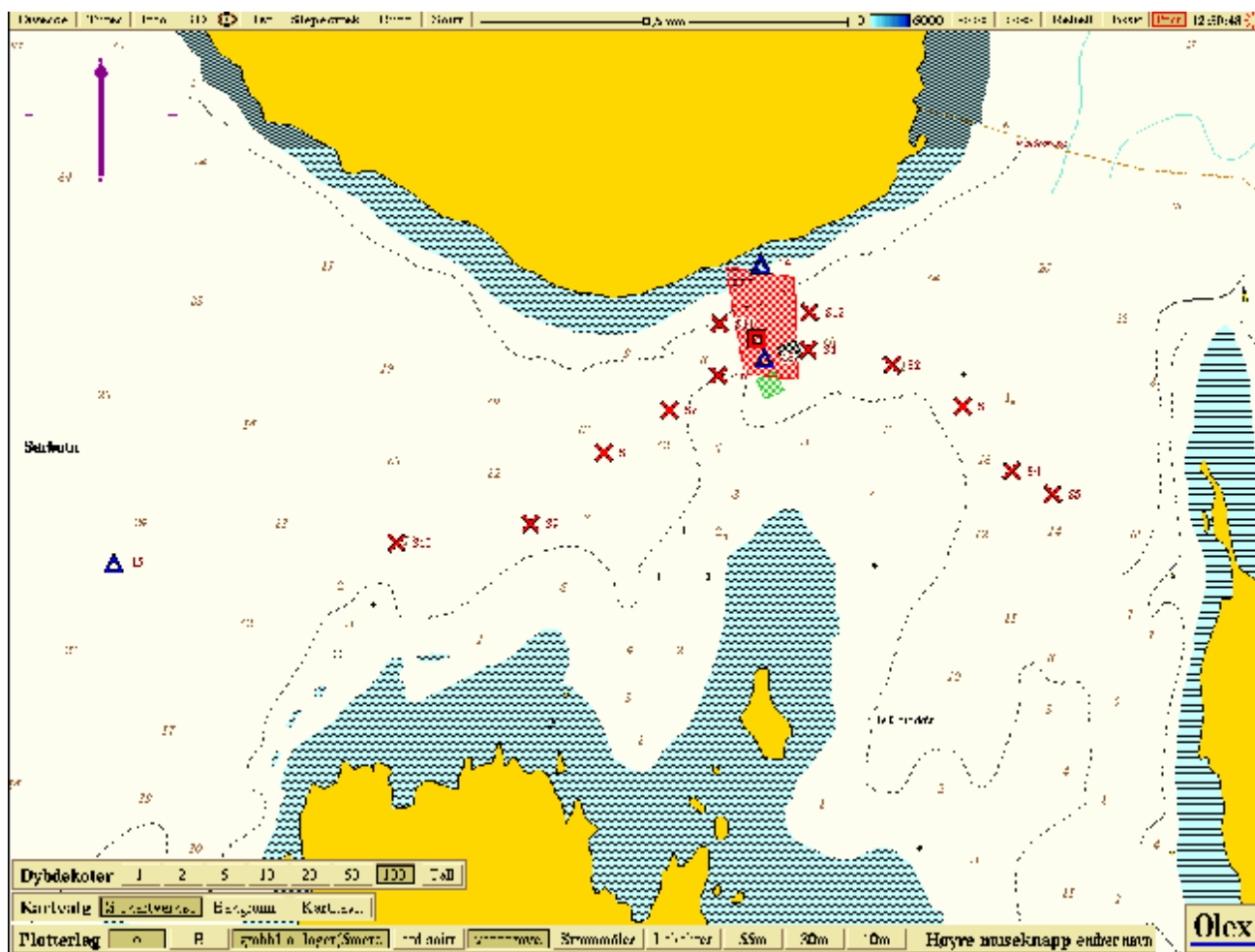
Vrakdelene fra Tirpitz er lokalisert til området sør for Håkøya med en utstrekning i retning mot Håkøybotn i sørvest og lille Grindøy i sør. Området er relativt godt avgrenset. Håkøya ligger mellom Tromsøya og Kvaløya i retning vestover fra Tromsøya. Nord og sør for Håkøya ligger to terskelbasseng, henholdsvis Nordbotn og Sørbotn. Den nordligste terskelen løper nord-syd med utgangspunkt fra nordspissen av Håkøya.. Terskelen er grunn, men ikke sammenhengende. Den vestlige terskelen skiller bassengene Nordbotn og Sørbotn. Denne terskelen som går fra Eidsfjordneset og mot Håkøya (Håkøybrua) er smal og rundt 3 - 5 m dypt. En tredje terskel løper også nord-syd mellom sydspissen av Håkøya og over til Kvaløya. Terskelen har en dybde på mellom 3-4 m, med en smalere dypere kanal. Det er i dette området Tirpitz lå. Største dyp i Nordbotn er 45 - 50 m, mens det i Sørbotn er 32 m. Figurene 1 til 3 viser området i detalj.



Figur 3: Oversiktskart over fjordområdene rundt Håkøya i Tromsø kommune

3.2 Plassering av prøvetakingsstasjoner

Valg av stasjoner for undersøkelsen i 2005 var i hovedsak styrt av de tidligere undersøkelsene i området, samt registrerte strømretninger. Eksakt lokalisering av stasjonene ble gjort under feltarbeidet. Nye stasjoner er vist i figur 4 nedenfor. Oversiktskart med stasjoner fra tidligere undersøkelser og foreliggende undersøkelse er vist i vedlegg 1.



Figur 4: Detaljer og prøvetakingsstasjoner på opphoggingsplassen

- Røde kryss = Stasjonene for sedimentprøver (S1 - S12).
- Blå trekanter = Stasjoner for biotaprøver, haneskjell (13), blåskjell (14) og fisk (15).
- Rødt (rosa) område = område hvor det er gjort visuell registrering av vrakrester, bunnforhold og fauna.
- Grønt rektangel = Område for tidligere innsamling av biotaprøver (Marek 1999)
- Grått rektangel = Område for tidligere innsamling av 3 sedimentprøver - M07, M08, M09 (Marek 1999)
- Blå firkant = Stasjon fra tidligere undersøkelse i Håkøybotn - REF, SB1, S1 og N3 (Akvaplan Niva 2001) Jf. kart i vedlegg 1.

Fisket foregikk i området ved stasjon 15 (blå trekant), jf. figur 4. For detaljer omkring metodikk for innsamling av prøver og observasjoner jf. feltrapport i vedlegg 2.

I alt foreligger det et relativt stort antall sediment- og biotaprøver fra området. Dekningsgraden er akseptabel i forhold til kravet for en trinn I prosess. Prøver av sediment er kun tatt av den øverste delen av sedimentet. Det foreligger ikke dype kjerner fra området, slik at forurensningen i dypet fortsatt er uavklart.

3.3 Prøveprogram og analyser av stoffer

Analyseparametrene ble valgt ut med grunnlag i kjent type forurensningskilde, tidligere undersøkelser i området og iht. TA-2085/2005-*Veiledning for risikovurdering av forurenset sediment*. Justeringer av parametervalg ble gjort i samarbeid med SFT. I følgende kapittel er det gitt en oversikt over type prøver og ulike parametere. Det er også utført toksitetstester. De miljøfarlige stoffene som er vurdert i risikovurderingen er:

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Tirpitz vil med stor sannsynlighet ha inneholdt PAH-forbindelser som kan ha forurenset resipienten. PAH er en stor gruppe av tjærestoffer med stor anvendelse. PAH kan finnes i oljer og dannes ved ufullstendig forbrenning. PAH vil typisk kunne være tilstede i den tunge fyringsoljen, i diesel, i smøreoljer og hydraulikkoljer. Det ble under opphoggingen rapportert om betydelig tungolje på sjøbunnen. Det er forventet at PAH i sedimentet kan ha så lang nedbrytningstid at det fortsatt ville kunne være tilstede i sedimentet. PAH bioakkumuleres i bl.a. muslinger og skjell. Muslinger og skjell har lav omsetningshastighet av PAH og kan derfor benyttes som indikatorarter. Enkeltforbindelser er meget giftig, arvestoffskadelig og kreftfremkallende. PAH kan påvirke reproduksjon hos fisk /9/.

Sum av 16 ulike PAH analyseres i sammenheng med miljøundersøkelser. I risikovurderingen inngår vurderingen av følgende ti PAH-forbindelser: naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, benzo(a)antracen, krysen, benzo(k)fluoranthren, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og benso(ghi)perylene.

Polyklorerte bifenyl (PCB). Disse forbindelsene ble benyttet som isolatormedium og flammehemmere og forekom i transformatoroljer og skipsmaling siden 1929. Det er forventet at PCB i sedimentet kan ha så lang nedbrytningstid at det fortsatt vil være tilstede i sedimentet. Vraket av Tirpitz vil med stor sannsynlighet kunne ha inneholdt PCB-forbindelser. PCB består av en rekke enkeltforbindelser, kalt kongenerer. I miljøundersøkelser er det vanlig å analysere for syv av kongenerene. PCB har et sammensatt helseeffekt, og brytes svært langsomt ned i sedimentet og i biota.

Dioksiner

Kilder i denne sammenheng er industriprosesser og som mulig bestanddel i klororganiske forbindelser. Det er ikke kjent i hvilket omfang slike forbindelser kan komme fra vraket av Tirpitz, men de kan ha vært til stede i ulike oljer. Dioksin skal analyseres for evt. Mattilsynets vurdering av kostholdstråd. Dioksin er lite biologisk nedbrytbart, bioakkumuleres i fettvev (fettløselige), i organsimer og oppkonsentreres i næringskjeden. Kronisk giftighet er påvist i fisk ved lave konsentrasjoner /4/.

THC, Mineraloljer. Mineralolje er ofte en blanding av alkaner og ulike aromatiske forbindelser med svært mange anvendelser. Vraket av Tirpitz har sannsynligvis inneholdt betydelig mengder av THC, og det er forventet at THC kan forekomme i store nok konsentrasjoner i sedimentet, slik at den naturlige nedbrytningen har vært lav.

Tungmetaller. Utfyllende informasjon om tungmetaller ligger på nettstedet for miljøinformasjon, www.miljostatus.no. Det er forventet at Tirpitz må ha kunnet bidra til forurensninger av sedimentet med flere ulike tungmetaller. Dette som følge av maskineri, instrumenter, oljer mv. Det er ikke gitt at slike tungmetaller foreligger i biotilgjengelig tilstand.

Tabell 1. Oversikt over analyser.

Parameter	Fisk (Skrubbe/ torsk)	Blåkjell/ O-skjell	Sediment	Begrunnelse for valg av parameter
Kvikksølv	x	x	x	Sannsynligvis til stede i vraket av Tirpitz. Sannsynligvis lekket ut i miljøet
Kobber		x	x	
Kadmium		x	x	
Bly		x	x	
Krom		x	x	
Sink		x	x	
PCB	x	x	x	Sannsynligvis til stede i vraket av Tirpitz. Sannsynligvis lekket ut i miljøet
PAH	x	x	x	
THC			x	
TOC %<63µm			x	Forurensning er knyttet til de fineste partiklene i sedimentet
Toksisitetstest				
Skeletonema(porevann og org. ekstrakt)			x	Gir informasjon om mulig miljø- og biotapåvirkning
DR_CALUX/ evt. EROD			x	
Dioksin. Sum TE (toksisitets ekvivalenter) 2,3,7,8 -TCDD non-orto PCB	x			

Analyseresultatene er gitt i analyserapporter fra laboratoriet, jf. vedlegg 3 hvor det også er gitt en detaljert beskrivelse av metodikk for bearbeiding og analyser av prøvetatt materiale.

Laboratoriet har for prøver tatt i 2005 oppgitt resultatene i mg/kg tørrvekt. For metaller kan verdiene sammenlignes direkte mot SFTs kriterier som også er gitt som tørrvekt. For organiske forbindelser i biota må resultatene konverteres til våtvekt før en sammenligning mot SFTs kriterier er mulig. Dette er gjort i tabell 12. For organiske forbindelser i prøver tatt før 2005 så er disse gitt som våtvekt (vv) og kan sammenlignes direkte mot SFTs kriterier.

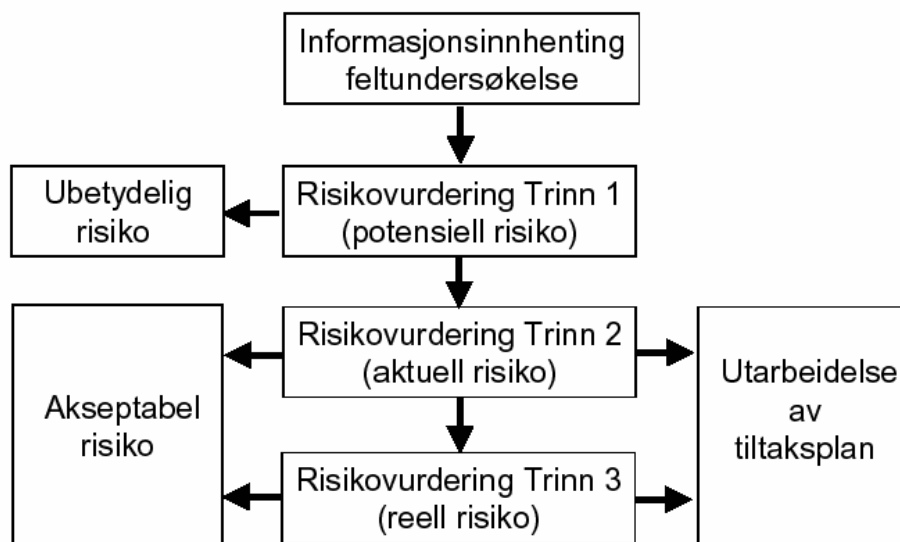
3.4 Potensiell risiko for helse og miljø

3.4.1 Verktøy for vurdering av potensiell risiko for helse og miljø

Verktøyet for potensiell risikovurdering, følger av SFTs veiledninger. I dette tilfellet er analyseresultatet i de enkelte prøvene sammenlignet mot grenseverdi for ubetydelig risiko, trinn 1 iht. SFTs veiledning for risikovurdering av forurenset sediment (Breedveld, G *m. fl* 2005). Prøvene er også klassifisert (skalert) iht. SFT sitt klassifiseringssystem gitt i veiledningen 97:03 /13/.

3.4.2 Prosess i vurdering av potensiell risiko

Veiledningen anbefaler at en risikovurdering bør gjennomføres i tre trinn. Modellen for risikovurdering av forurensede sedimenter er beskrevet i figur 5 nedenfor:



Figur 5: Prosess for vurdering av risiko for forurensning

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 for minst ett av de vurderte stoffene, kan ikke området "friskmeldes" i dette trinnet. Ved hjelp av trinn 1 skal metoden raskt kunne skille ut områder med ubetydelig risiko for forurensningseffekter, fra de som bør vurderes videre.

I **trinn II** vurderes om det foreligger potensiell risiko i det enkelte området ved å ta hensyn til stedsspesifikke forhold. Det beregnes både risiko for spredning og risiko for human eksponering for miljøfarlige stoffer. Videre kan det inkluderes prøvetaking og analyse for å vurdere økotoksitet, biotilgjengelighet og bioakkumulering av miljøgiftene.

Trinn III innebærer en større detaljeringsgrad, hvor datagrunnlaget suppleres med for eksempel måling av spredning, bestemmelse av fordelingskoeffisienter i de aktuelle sedimentene og bestemmelse av innholdet av miljøfarlige stoffer i organismer i området. Trinn III er en bestemmelse av aktuell risiko for helse og miljø.

Ved risikovurdering av sedimentene rundt Tirpitz er det kun benyttet trinn I, supplert med biota undersøkelser og toksitetstester. I tillegg er det gitt noen vurderinger på grunnlag av innsamlet resultat av biotaprøver. Mattilsynet vil vurdere kostholdsråd i forhold til fisk som ble prøvefisket i 2005.

Generelle usikkerheter ved modellen er som følger:

- Beregningene i trinn I og trinn II tar utelukkende utgangspunkt i den påviste sedimentforurensningen.
- Usikkerhet beskrives i fht. potensiell transport og spredning, og potensiell risiko for helse og miljø
- Det følger en del usikkerhet i beregningsmetodikken.
- Det følger med usikkerheter som følge stoffenes tilstand og egenskaper mv.
- Det kan være betydelig usikkerheter som følge av det statistiske grunnlag, arealfordeling av forurensningen og bruk av maks- og middelveier (stoffkonsentrasjoner) i beregningene (områdehomogenitet).
- Det er usikkerheter som følge av undersøkelsesprogrammet.
- Det er usikkerhet som følge av lokale forhold i sjø

3.4.3 Beregning av risikoindeks - Trinn1

I trinn I i den potensielle risikovurderingen blir konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer i sedimentet vurdert mot grenseverdier for disse stoffene. Grenseverdiene er basert på data om stoffenes giftighet for mennesker og forskjellige vannlevende organismer. Basert på konsentrasjonen i sedimentet beregnes også en potensiell risikoindeks som viser overskridelser i fht. grenseverdien. Risikoveiledningen krever at minimum 5 prøver må vurderes for å kunne konkludere om forurensingstilstanden. Dersom minst én prøve overskrider grenseverdien, kan ikke området "friskmeldes" etter trinn I. Grenseverdiene i trinn I er konservative.

Risikoindeksen for det vurderte området beregnes gjennom to trinn, 1 ved først å beregne bidraget for hvert enkelt stoff (RB_{ps}) som vurderes i det aktuelle området;

$$RB_{ps} = \frac{C_{ps}}{G_s}$$

C_{ps} = konsentrasjon av stoff s i prøve p ,

G_s = grenseverdi for stoff s ,

RB-verdiene for alle m stoffene analysert i en prøve p summeres til en risikoindeks for prøven (RI_p).

Gjennomsnittlig RI_p over alle n prøvene utgjør områdets risikoindeks (RI_{om}).

$$RI_{om} = \frac{\sum_{p=1}^n RI_p}{n}$$

For å få en bedre forståelse av risiko har vi introdusert en risikofaktor som er områdets risikoindeks dividert med antall stoffparametere (m) i enkeltprøvene som inngår i vurderingen. Dette som følge av at en risikoindeks med en verdi tilsvarende antall stoffer (m) som er analysert i en prøve viser et område med akseptabel lav risiko for helse og miljø.

Når stoffkonsentrasjonen er lavere enn deteksjonsgrensen, er konsentrasjon benyttet i beregningen satt til halve deteksjonsgrensen.

3.4.4 Kriterier for sediment og biota-forurensning

Det er også lagt til grunn forurensede sedimentklasser og påvirkning i biota slik de fremkommer i SFTs veiledning 97:03 /13/. Dette bl.a. som følge av miljømålsetningen til Tromsø kommune.

4 FORURENSNINGEN VED HÅKØY

4.1 Oppsummering av resipientundersøkelser før 2005

Det er tidligere gjennomført flere resipientundersøkelser i fjordområdene rundt Tromsøya. Hovedtyngden av undersøkelsen omfatter det indre havneområdet, Tromsøysundet og Sandnessundet, og de er utført av Tromsø kommune i forbindelse med avløpsutbygging. I vedlegg 4 er en del tidligere undersøkelser listet opp.

Etter gjennomgang av rapportene har vi valgt ut tre tidligere undersøkelser som vi anser som mest relevant mht. sammenligning og vurdering. Lokalisering av prøvepunkter i tidligere undersøkelser samt parametere som er analysert ble vektlagt. Nedenfor har vi sammenfattet omfanget og resultatet av disse prioriterte undersøkelsene:

- **Miljøgifter i sediment og biologisk materiale: Håkøya, Ørndalen og Tromsdalen (Cuhra M, 2000)**

Tromsø kommune gjennomførte høsten 1999 og våren 2000 undersøkelser av sediment og biota på tre lokaliteter, med henblikk på å utrede innhold av miljøgifter. Hovedmålet med undersøkelsen var å få avklart hvorvidt bioakkumulering av tungmetaller og evt. andre miljøgifter kan nødvendiggjøre regulering av lokalt fiske m.m. Området for opphoggingen av vraket av Tirpitz (Håkøya sør) var en av de tre lokalitetene som ble undersøkt. Undersøkelsen omfattet prøvetaking av sedimentet (0 – 4 cm), og det ble samlet inn tre prøver fra et avgrenset område skravert grått (grått rekatangel) på figur 2 og 3. Det ble utført analyser på tungmetaller (As, Cd, Hg og Pb), PAH og PCB.

Observasjoner under dykking konstaterte at vrak-området hadde stor arealmessig utstrekning, at sjøbunnen bestod av et sediment som var "myk og finkornet", og at det var en rikholdig marin fauna i området. Fra vrakdelene på en dybde fra 10 – 17 m ble det tatt ut individer av haneskjell (*Equipecten sp.*) og O-skjell (*Modiolus sp.*). Det ble også fanget flyndre (*platichtys flesus*) og pyntekrabbe (*Hyas araneus*) i det samme område. Det biologiske materialet ble analysert mht. PAH, PCB og tungmetaller (As, Cd, Hg og Pb) i to biologiske prøver. Det er ikke gitt eksakt lokalisering av hvert prøvepunkt (merket M07, M08 og M09), men det er oppgitt koordinater for en områdeavgrensning hvor prøvene ble hentet. Området er skravert grønt på figur 2 og 3 /1/.

- **Resipientundersøkelse i Tromsøysundet, Sandnessundet, Nordbotn og Sørbotn i forbindelse med kommunal avløpsutbygging (Velvin R. m.fl. 2002).**

Resipientundersøkelsen er gjennomført i forbindelse med planlegging av fremtidige avløpsutslipp i Tromsø kommune og omfatter Tromsøysundet, Sandnessundet, Nordbotn og Sørbotn. Undersøkelsen omfatter kartlegging av dyresamfunn på bløtbunn, hardbunn og i fjæra, organisk belastning, kornfordeling og miljøgifter i sediment, samt miljøgifter i organismer. Det ble også tatt vannprøver for analyse av næringssalter, bakteriologi og hydrografi. Videre ble miljøtilstanden vurdert opp mot fremtidig rensbehov for kommunale avløpsutslipp fra Tromsø.

Undersøkelsen viste generelt lave metallnivåer på alle sedimentstasjoner (tilstandsklasse I-II). Sum PAH-16 var høyest i Tromsøysundet, Nordbotn og Sørbotn og gjennomgående lavere i Sandnessundet. I området mellom Selnes og Sørbotn tyder resultatene på akkumulering av tyngre PAH-forbindelser. For blåskjell viste verdiene av metaller og utvalgte organiske miljøgifter generelt lave nivåer. Tilstanden beskrives som uforandret siden 1991 /16/.

- **Resipientundersøkelse ved Tromsø. Spredning og fortykning av avløpsvann i området. Resultater fra modellforsøk (Næser G. m.fl. 1975)**

Strømregistreringer fra 1975 ble gjort i forbindelse med en omfattende resipientundersøkelse i fjordområdene rundt Tromsøya. Målsettingen med undersøkelsen var å vurdere transport og fortynningsforløpet for avløpsvann, samt kartlegging av gunstige områder for etablering av kommunale avløpsutslipp. Forsøkene med spredning av avløpsvann viste at avløpsvannet stort sett ble ført sydover i Tromsøysundet og nordover i Sandnessundet, og videre ut av området. Det ble ikke tatt prøver av sediment og vann i undersøkelsen.

Strømforholdene i Sandnessundet og Tromsøysundet viser generelt en høy vannutskiftning med forholdsvis kraftig strøm i nordgående og sørgående retning. Topografisk og strømmessig har begge sundene mange fellestrekk. Dette gjelder ikke for områdene rundt Håkøya (Nordbotn og Sørbotn). I rapporten fra 1975 beskrives Nordbotn og Sørbotn som en fjord med liten vannutskiftning og lav strømhastighet. Tendensen er en nettotransport (liten) fra nord til sør i sundet vest for Håkøya. Vrakdelene fra Tirpitz er spredt i området sør for Håkøya, i sørvestlig retning mot Håkøybotn, samt mot Grindøya i sør og øst. De vrakdelene som ligger mot Grindøya kan være eksponert for sterkere strøm enn de som er lokalisert inn mot Sørbotn /8/.

Figur 6: Dominerende strømretning i fjordområdene rundt Tromsøya /9/.

4.2 Resultat av sedimentprøvetaking i 2005

4.2.1 Bunnforhold ved prøvetakingsstasjonene

Feltrapporten og den visuelle registreringen som ble foretatt i området merket som rødt rektangel i kartet over prøvetakingsstasjonene, jf. figur 4 beskriver bunnforholdene. Vrakdelene var i størrelsesorden fra noen cm (sko, granat-deler små metalleder, treverk, kruttstenger etc) til busstørrelse. Disse delene var forvridd metalleder (plater) av skipets struktur med innhold av diverse treverk, rør, bjelker og innredning. Det ble ikke registrert noe kjerneområde hvor selve "hoveddelen" av vraket kunne ha befunnet seg, men det var tydelig at skrot fra opphoggingen av vraket (deler) var spredt over et relativt stort område.

I hele undersøkelsesområdet ble det registrert løs mudderbunn (dynn). Sedimentet var mykt og løst, og farget brunt/sort. Ved stasjon nr. S3 var bunnsedimentet fastere og lysere av farge, og inneholdt sand. De registrerte bunnforholdene tyder på rolige strømforhold og gode sedimentasjonsforhold. Ved å stikke en målestav ned i sedimentet (ca midt i rødt rektangel) ble tykkelsen til mudderlaget målt til 35-40 cm. Mellom vrakdelene ble det registrert en del epifauna, solstjerner (*Crossaster papposus*), haneskjell (*Chlamys islandica*), pyntekrabbe (*Hyas araneus*), kongssnegl (*Buccinum undatum*), sekke dyr (*Ascidacea*) og rur (*Balanus balanus*). Det ble registrert et stort antall infauna, rørbyggende børstemark (*Polychaeta indet*) samt makroalger som sukkertare (*Laminaria saccharina*) og kjerringhår (*Desmarestia aculeata*).

4.2.2 Sedimentprøver - 2005

SFTs fargesystem for tilstandsklasser ligger til grunn for tilstandsklasseinndelingen av sedimentet.

Tabell 2: Fargekoder iht. SFT sitt klassifiseringssystem.

Tilstandsklasser (forurensningsgrad)				
I Ubetydelig	II Moderat	III Markert	IV Sterkt	V Meget sterkt

Det ble tatt ut prøver i 12 stasjoner. I de følgende tabellene er analyseresultatene fra undersøkelsen sammenstilt. Fullstendige analyserapporter med rådata finnes i vedlegg 2. Resultater fra sammenlignbare stasjoner ved sedimentundersøkelse i 1999 og 2001 er angitt i egne tabeller i kapittel 4.2.3 /1/, /16/.

I tabell 3 nedenfor angis nivået av totalt organisk karbon (TOC) i overflatesediment. TOC er normalisert mot andelen finstoff og klassifisert iht. SFTs retningslinjer /7/.

Tabell 3: Analyseresultat for TOC, kornfordeling og tørrstoff

Stasjon	Pelitt (< 0,063 mm)	TOC	TOC, normalisert	Tørrstoff
	%	mg/kg	mg/kg	%
S1	86,9	33,8	36	42,7
S2	82,5	35,9	39	42,8
S3	57,5	26,3	34	48,9
S4	55,5	28,9	37	46,0
S5	72,5	23,7	29	47,0
S6	59,0	18,5	26	60,8
S7	64,5	26,7	33	51,7
S8	84,5	37,2	40	39,2
S9	53,5	40,0	48	43,0
S10	68,9	26,8	32	46,0
S11	80,9	35,0	38	42,3
S12	65,6	24,8	31	48,0

Tabellen ovenfor viser at innholdet av finstoff er relativt høyt, at det er betydelig med organisk materiale i sedimentet og at tørrstoffinnholdet er lavt. Dette forholdet bekrefter og spiller sedimentasjonen og strømforholdene på stedet.

Tabell 4: Metallinnholdet i overflatesedimentet.

Stasjon	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
S1	0,2	46,2	17,4	0,11	28,7	19,9	85
S2	i.d.	51,0	18,7	0,15	31,2	22,8	94
S3	i.d.	36,3	12,5	0,07	22,5	13,9	67
S4	i.d.	40,1	13,7	0,09	25,6	15,4	77
S5	i.d.	39,0	12,7	0,06	24,7	15,5	60
S6	i.d.	29,8	9,4	0,10	18,4	15,4	71
S7	i.d.	40,6	14,4	0,14	25,3	18,8	77
S8	i.d.	52,8	19,8	0,20	32,3	28,6	105
S9	i.d.	54,0	17,8	0,13	33,9	21,2	89
S10	i.d.	41,8	14,3	0,15	27,4	24,6	79
S11	1,5	58,3	45,8	0,31	35,4	58,6	566
S12	i.d.	42,9	19,9	0,60	28,7	43,8	129
Est.LOD	0,2	0,2	0,7	0,01	0,5	0,5	1
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)	30	500	70	1	40	175	700

”-” angir ikke detektert over deteksjonsgrensen (Est.LOD).

Tabell 4 viser at overflatesedimentet ikke er forurensset med tungmetaller utover SFTs klasse II, med unntak av kadmium i stasjon 11 og kobber i stasjon 12. Ingen av prøvene overskrider grenseverdiene for ubetydelig risiko, Trinn 1.

Tabell 5: PAH - forbindelser i overflatesediment.

Stasjon nr.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	Grenseverdi SFT (TA2085/2005)
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
Naftalen	0,06	0,03	0,02	0,03	i.d.	0,01	0,01	i.d.	i.d.	i.d.	0,02	0,02	0,02
Fenantren	0,01	i.d.	0,02	0,02	i.d.	0,05	0,01	i.d.	0,01	0,02	0,03	0,03	0,4
Antracen	i.d.	i.d.	0,02	0,03	i.d.	0,01	0,02	i.d.	0,02	0,04	0,02	0,07	0,007
Fluoranten	0,09	0,03	0,05	0,04	0,01	0,12	0,04	0,20	0,04	0,09	0,67	0,21	0,18
Benz(a)antracen	0,15	0,02	0,05	0,07	0,01	0,04	0,12	0,21	0,15	0,21	0,16	0,50	0,06
Krysen/Trifenylen	0,03	i.d.	0,13	0,03	0,01	0,08	0,13	0,09	0,10	0,19	0,35	0,46	0,82
Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten	0,20	0,19	0,61	0,25	0,08	0,32	0,57	0,51	0,40	0,82	0,90	1,51	0,06
Benzo(a)pyren	0,04	0,04	0,18	0,08	0,02	0,10	0,16	0,09	0,12	0,34	0,26	0,62	0,007
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,12	0,16	0,25	0,24	0,09	0,22	0,29	0,27	0,29	0,71	0,58	1,33	0,006
Benzo(ghi)perylene	0,34	0,44	0,67	0,44	0,20	0,45	0,69	0,91	0,62	1,33	1,40	2,18	0,08
Σ PAH ₁₆	1,19	1,05	2,69	1,47	0,47	1,53	2,89	2,58	2,20	4,61	4,99	8,95	ikke angitt

Tabell 5 viser at overflatesedimentet i det vesentligste er forurensset av PAH, med Benzo(a)pyren og Benzo(ghi)perylene som de viktigste bidragsyttere til forurensning. Det er særlig stasjonene 10, 11 og 12 som utpeker seg som forurensset. Stasjon 11 og 12 ligger tett opp til vest- og østsiden av opphoggingsområdet, mens stasjon 10 ligger et godt stykke i fra opphoggingsområdet og i den vestre delen av Sørbotn.

Tabell 6: Mineralolje og Σ PCB₇ i overflatesediment.

Stasjon	THC mg/kg TS	Σ PCB ₇ mg/kg TS
S1	<5	i.d.
S2	<5	i.d.
S3	<5	i.d.
S4	<5	i.d.
S5	<5	i.d.
S6	<5	0,001
S7	<5	0,002
S8	<5	0,006
S9	<5	i.d.
S10	<5	i.d.
S11	<5	0,044
S12-sediment	<5	0,001
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)	50	0,01

Tabell 6 viser at det ikke er påvist THC i den øverste del av prøvetatt sediment. Det er påvist Σ PCB₇ i SFT klasse III i ett tilfelle, jf. stasjon 11. Ellers er området lite påvirket av PCB-forurensning.

4.2.3 Sedimentprøver tatt før 2005

I de etterfølgende tabellene har vi sammenstilt resultater fra de tidligere undersøkelsene som ble utført i 1999 i området rundt opphoggingsområdet til vraket av Tirpitz /1/, samt resipientundersøkelsen i Tromsøysundet, Sandnessundet, Nordbotn og Sørbotn i forbindelse med kommunal avløpsutbygging /16/.

Tabell 7: Resultater fra tidligere undersøkelser for TOC, kornfordeling og tørrstoff i overflatesediment fra Sørbotn og Nordbotn i oktober 2001 og september 1999.

Stasjon	Pelitt (< 0,063 mm)	TOC	TOC, normalisert	Tørrstoff
	%	mg/kg	mg/kg	%
SB1 (2001)	69	40,8	46,4	35,1
N3 (2001)	61	26,2	33,2	48,4
S1 (2001)	41	16,7	27,3	51,1
REF (2001)	43	11,5	21,7	56,3
M07 (1999)	i.a.	i.a.	i.a.	37,8
M08 (1999)	i.a.	i.a.	i.a.	40,9
M09 (1999)	i.a.	i.a.	i.a.	41,5

i. a = ikke analysert

Prøvene viser et relativt høyt innhold av fine partikler, et varierende innhold av TOC og et lavt innhold av tørrstoff. Resultatene fra undersøkelsen i 2001 ligger på samme nivå som for undersøkelsen i 2005.

Tabell 8. Metallinnhold i overflatesediment (0 - 2 cm) fra Sørbotn og Nordbotn oktober 2001 og september 1999.

Stasjon	As mg/kg TS	Cd mg/kg TS	Cr mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Hg mg/kg TS	Ni mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Zn mg/kg TS
SB1 (2001)	12,9	0,37	i.a	30,8	0,12	46,4	23,3	123
N3 (2001)	7,2	0,18	i.a	22,6	0,06	35,8	16,2	89
S1 (2001)	4,9	0,14	i.a	12,3	0,02	26,2	12,2	60
REF	3,0	0,16	i.a	10,0	0,03	31,0	12,9	58
M07 (1999)	13,8	0,37	i.a	i.a	0,65	i.a	54,2	i.a
M08 (1999)	15,5	0,68	i.a	i.a	3,4	i.a	76,4	i.a
M09 (1999)	8,9	0,31	i.a	i.a	3,1	i.a	64,7	i.a
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)	-	30	500	70	1	40	175	700

i. a = ikke analysert

Tabell 8 viser at det vesentligste av forurensninger i undersøkelsen i 1999 var relatert til kjerneområdet for opphoggingen av vraket av Tirpitz. I M07 - M09 er det påvist kvikksølv med forhøyet verdi, jf. SFT klasser III og IV. Enkeltp prøven med høyest innhold av kvikksølv fra undersøkelsen i 1999 er ca. 6 ganger høyere enn tilfellet for påviste verdier i 2005.

Tabell 9: Innhold av Σ PAH₁₆, BaP og Σ PCB₇ i overflatesediment (0 - 2 cm) fra Sørbotn og Nordbotn 2001 og september 1999. PCB-verdiene for de fire første prøvene er gitt som PCB_{tot}.

Stasjon	Benzo(a)pyren mg/kg TS	Σ PAH ₁₆ mg/kg TS	Σ PCB ₇ mg/kg TS
SB1(2001)	0,207	2,835	0,007
N3(2001)	0,062	0,894	0,002
S1(2001)	0,021	0,283	0,0007
REF	0,013	0,228	0,0006
M07(1999)	1,601	20,975	0,444
M08(1999)	2,560	30,880	0,515
M09(1999)	2,762	40,711	0,092
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)	0,007	ikke angitt	0,01

Tabell 9 viser at kjerneområdet for opphoggingen av vraket av Tirpitz var forurensset med PAH og Σ PCB₇, jf. SFT klasse V. Det ble også påvist noe forhøyet innhold av de samme stoffene i referansestasjonene.

Analyseverdiene fra undersøkelsen i 1999 ligger 5 – 15 ganger høyere enn for resultatene i undersøkelsen i 2005.

4.3 Resultat av biota og toksisitetsprøving

4.3.1 Toksitsprøving og biotaanalyser - 2005

Tabell 10: Resultat av toksisitetsanalyse (EROD) for påvisning av forbindelser med dioksinlignende virkning.

	CYP1A induserbare stoffer (ng TCDD-EQ/g sediment)		
Stasjon	Gjennomsnitt	Min	Max
1	3,4	2,9	3,8
6	2,4	1,1	1,8
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)			<25

I tabell 10 fremkommer det at det ikke er gjort funn av betydning av forbindelser som har dioksinlignende virkning i sedimentet i stasjonene 1 og 6. Disse ligger nokså tett opp mot opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz.

Tabell 11: Analyseresultat av porevannet og sedimentekstraktet - toksisitet for den marine kiselalgen *Skeletonema costatum*.

Stasjon	Porevann		Ekstrakt	
	Veksthemming i ufortynnet prøve (%)	Alger EC ₅₀ (vol. %)	Alger EC ₅₀ g tørrstoff/l	CYP1A induserende ng TCDD-EQ/g sediment
1	95	65	3300	3,2
6	61	88	17500	2,4
Grenseverdi SFT (TA-2085/2005)		>50	>2000	

Tabell 11 viser porevannets toksisitet og toksisitet av et sedimentekstrakt. Det fremkommer av tabellen at det ikke er gjort funn av betydning i stasjonene 1 og 6 som ligger nokså tett opp mot opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz.

Tabell 12: Innholdet av Σ PAH₁₆ og Σ PCB₇ i skjell (blåskjell og haneskjell). Enkeltkomponenter av PAH som er angitt i tabellen tilsvarende de som er klassifisert iht. SFT sitt system (TA 1467-1997), samt der Mattilsynet har grenseverdier.

Prøvemerkning	Benzo(a)pyren mg/kg vv	Σ PAH ₁₆ mg/kg vv	Σ PCB ₇ mg/kg vv	TS %
Stasjon 13 Haneskjell	0,013	0,10	0,0076	15,7
Stasjon 14 Blåskjell	0,02	0,16	0,014	14,5
13 Haneskjell	0,0048	0,034	0,014	16,2

Tabell 12 viser at i prøver av skjell fra stasjonene 13 og 14 som ligger i kjerneområdet for opphoggingen av vraket Tirpitz, er det påvist forhøyede verdier av Benzo(a)pyren, jf. SFT klassene III og IV.

Tabell 13: Innhold av tungmetaller i skjell (blåskjell/haneskjell).

Prøvemerkning	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	TS
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	%
Stasjon 13 Haneskjell	7,9	7,4	5,4	0,17	5,9	1,1	117	15,7
Stasjon 14 Blåskjell	1,2	5,8	13,8	0,09	5,6	5,7	132	14,5
Stasjon 13 Haneskjell	8,0	6,5	5,6	0,12	4,9	1,2	117	16,2
Est.LOD	0,2	0,2	0,7	0,01	0,5	0,5	1	

Tabell 13 viser at i det i stasjonene 13 og 14 er det påvist mindre grad av tungmetaller i skjell (tilstandsklasse I og II). Unntaket er kadmium, der det er påvist en forhøyede verdier i skjell i stasjon 13 og 14, jf. SFT klassen III.

Tabell 14: Innholdet av kvikksølv, Σ PAH₁₆ og Σ PCB₇ i fisk (lever). For øvrige analyserte PAH - og PCB - forbindelsene vises det til analyserapport i vedlegg 2.

Prøvemerkning	Σ PAH ₁₆	Σ PCB ₇	Hg	WHO-TEQ (PCDD/F)	TS
	mg/kg TS			ng/kgTS	%
S15, 1-fisk	0,08	0,09	0,12	i.a.	11,2
S15, 2-fisk	0,51	0,36	0,06	0,0026	8,7
S15, 3-fisk	0,63	0,33	0,02	0,0052	11,5

Tabell 14 viser resultatet av analysert fiskelever (torsk) og det er kun påvist relativt lave verdier av organiske miljøgifter i fiskens lever, jf. SFT klassene I og II. Mattilsynet vurderer om de funn som er presentert i tabellen vil gi behov for kostholdsråd for konsum av torskelever i området.

4.3.2 Biota prøvetatt før 2005

Vi har sammenstilt resultater fra de tidligere undersøkelsene som ble utført i 1999 i området rundt opphoggingsområdet til vraket av Tirpitz /1/, samt resipientundersøkelsen i Tromsøysundet, Sandnessundet, Nordbotn og Sørbotn i forbindelse med kommunal avløpsutbygging /16/.

Tabell 15: Innhold av tungmetall i skjell fra undersøkelsen i 1999.

Prøvemerkning	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv	mg/kg vv
MOH (1999) O-skjell	3,91	0,20	i. a	i. a	0,06	i. a	0,34	i. a
EPH (1999) Haneskjell	3,08	0,88	i. a	i. a	0,05	i. a	0,08	i. a

i. a = ikke analysert

Tabell 15 viser at det ble påvist en forhøyet kadmiumverdi i skjell tatt rett syd for opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz, jf. SFT klasse III.

Tabell 16: Innholdet av Σ PAH₁₆ og Σ PCB₇ i skjell (blåskjell og haneskjell) målt i 1999 og 2001.

Prøvemerkning	Benzo(a)pyren mg/kg vv	Σ PAH ₁₆ mg/kg vv	Σ PCB ₇ mg/kg vv
B6(2001)	0,0018	0,036	0,0014
REF(2001)	0,0019	0,057	0,0016
MOH (1999) O-skjell	0,004	0,034	0,0689
EPH (1999) Haneskjell	0,092	0,918	0,0568

Tabell 16 viser at det ikke ble påvist forhøyede verdier av organiske miljøgifter i referansestasjonene. I skjell tatt rett syd for opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz, ble det påvist forhøyede verdier av PAH og PCB₇, jf. SFTs tilstandsklasser III, IV og V. Til sammenligning er det påvist forhøyede verdier av Benzo(a)pyren i foreliggende undersøkelse, jf. tilstandsklasse III og IV.

I undersøkelsen i 2001/2002 ble det også gjort analyser på metall i grisetang samt PAH, PCB og pesticider i blåskjell. Det ble funnet lavt innhold av metall i grisetang i Nordbotn og Sørbotn. Alle analyser tilsvarte tilstandsklasse I.

5 RISIKOVURDERING

5.1 Miljømålsetninger for marint miljø

Miljømålsetningene for området bør være styrende for den videre innsatsen i å avklare om sedimentforurensningen, gitt arealbruken, bidrar til en uakseptabel risiko for helse og miljø. Tromsø kommune ved kommunestyret vedtok i april 2004 følgende miljømål for sine sjøområder:

- Havneområdet skal ikke overskride tiltaksklasse III (iht. SFTs klassifisering), mens resten av Tromsøysundet skal være innenfor grensen for tiltaksklasse II.

For Sørbotn og Nordbotn samt området der Tirpitz ligger er det ikke vedtatt miljømål, men Tromsø kommune arbeider ut fra målsettingene om at området skal tilfredsstillende SFTs tilstandsklasse II. Dette innebærer følgende:

Forurensede bunnsedimenter skal ikke bidra til å:

- hindre rekreasjon og friluftsliv, båtliv eller fiske, eller
- påføre langsiktige, negative effekter på økosystemet.

I tillegg foreslår Norconsult følgende delmål :

- det skal være trygt å spise fiskekjøtt fra stedegne fiskearter
- Helse- og miljøskadelige stoffer skal ikke medføre skader på stedegen flora og fauna i området.

Følgende tiltaksmål anbefales for opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz:

- Innholdet av miljøgifter i sedimentflaten som eksponeres for flora og fauna skal være så lavt at den reelle risikoen for helse og miljø er akseptabel lav.

5.2 Transport og spredning av forurensning

Det er vist at strømforholdene rundt Håkøya i deler hvor forurensningen fra Tirpitz kunne påvirke resipientene (Nordbotn og Sørbotn) er delvis skjermet av flere terskler. I Nordbotn og Sørbotn er det særlig dårlig vannutskiftning og lav strømhastighet. Tendensen er en begrenset nettotransport fra nord til sør i sundet vest for Håkøya. Disse forholdene er bekreftet ved at bunnsedimentet i kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz og på alle de andre stasjonene (unntatt S3) bestod av løs brunt/svart mudderbunn (dynn) som det var mulig å stikke en målestav 35 - 40 cm inn i. I den grad det fins vrakdelar og forurensning i sedimentet som er eksponert for strømmen i hovedsundet vil disse kunne bidra mer til transport og spredning av forurensning.

Referansestasjonene og stasjonene ved Grindøya og Sørbotn viser kun mindre innbyrdes forskjeller i forurenset sediment og påvirket biota. Den største forskjellen går mellom disse områdene og nærområdet til Tirpitz. Denne undersøkelsen kan indikere at forurensningstransporten fra opphoggingsområdet til Tirpitz nå kan være begrenset, men at det under opphogging var et potensial for transport og spredning av miljøgifter og tungmetaller over et større område.

Det er så langt ikke grunnlag for å påstå at transport og spredning fra opphoggingsområdet av Tirpitz kan påvirke områdene rundt i større grad enn bakgrunnsbelastning.

5.3 Risikovurdering - helse og miljø

Kapitlet leder frem til en konklusjon om potensiell risiko for helse og miljø som følge av funn av miljøgifter og tungmetaller i sediment og biota nær vrakplassen til Tirpitz. I de ulike tabellene presenter vi samlet de funn som er gjort.

5.3.1 Tromsø kommunes målsetninger - sediment

For å vurdere om Tromsø kommunes målsetninger er oppfylt har vi laget en tabell som oppsummerer funn i forhold til SFTs miljøklassifiseringssystem.

Tabell 17: Overskidelser i fht. Tromsø kommunes miljømålsetning.

Området i sjøresipienten	Stasjoner	Tungmetaller	PAH	PCB	THC	Toksisitet
Referanse	4 (S1-01, N3, REF, S5)					?
Grindøy	4 (S1, S2, S3, S4)					
Sørbotn	6 (S6, S7, S8, S9, S10, SB1)					
Nær opphoggsstedet	2 (S11, S12)					?
På opphoggsplatsen	3 (M07, M08, M09)				?	?

Tabell 17 viser at sedimentet i både nærområdet og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz overskrider Tromsø kommunes målsetning. Disse områdene er påvirket av "Tirpitz" forurensningen. Områder med mer referansepreg bryter for færre parametere også målsetningen, men dette skyldes sannsynligvis den generelle forurensningsbelastningen innenfor et større område enn "Tirpitz" forurensningen.

5.3.2 Tromsø kommunens målsetninger - biota.

Tabell 18: Påvirkning av biota.

Området i sjøresipienten	Stasjoner	Tungmetaller	PAH	PCB	THC	Toksisitet
Referanse	1 (REF)					
Grindøy						
Sørbotn	1 (B6)					
Nær opphoggsstedet	2 (MOH-99, O-skjell, EPH-99, Haneskjell)					
På opphoggsplatsen	2 (S14, S14)					

Resultatet i tabell 18 indikerer en forskjell i påvirkning av biota i nærområdet og kjerneområdet, og de mer referansepregede områdene. "Tirpitz" forurensningen synes ikke å ha påvirkning på biota utover nærområdet til og på opphoggsplatsen.

5.3.3 SFTs grenseverdier for sediment (risikovurdering trinn 1)

Målet med risikovurdering trinn 1 er iht. SFTs veiledning å raskt kunne skille områder med ubetydelig risiko fra de som bør vurderes videre. Ved å sammenligne måledata fra sedimentet med en allmenngyldig grenseverdi for akseptabel konsentrasjon og giftighet, vurderes det om sediment utgjør en potensiell risiko. Grenseverdien er bestemt gjennom sedimentets innhold av miljøgifter og giftighet gjennom et utvalg av generelle toksitetstester.

Miljøtilstanden i området er kartlagt mht. utvalgte organiske miljøgifter og tungmetaller i sedimentet og biota. Risikoen for transport og spredning av forurensninger fra vrakdelene som følge av strømforhold er vurdert som lav, jf. strømforhold, funn i biota og beregnet risikofaktor. Det er vesentlig innenfor nærområdet og kjerneområdet for opphoggingen av Tirpitz at den potensielle risikoen for helse og miljø som følge av påviste organiske miljøgifter og metaller i sedimentet og biota, synes å være noe høy.

Resultatet av beregningene av RI_{om} er gitt i tabellen under. I tillegg viser vi forholdet mellom RI_{om} /antall stoffparametere betegnet som risikofaktor. Dette for å tydeliggjøre potensiell risiko for helse og miljø. Videre har vi definert fem ulike områder med økende avstand fra opphoggingsområdet for Tirpitz, og som tilsynelatende er påvirket forskjellig mht. forurensning i sedimentet. Det kan være et litt for lite grunnlag i forhold til å konkludere entydig om opphoggingsplassen og arealet nær opphoggingsplassen, men tendensen synes å være tydelig nok.

Tabell 19: Risikoindeks og risikofaktor.

Området i sjøresipienten	Stasjoner	RI_{om}	Antall stoffparametere	Risiko-faktor	Vurdering av potensiell risiko for forurensning
Referanse	4 (S1-99,N3,REF,S5)	16,6	19	0,9	Ubetydelig
Grindøy	4 (S1, S2,S3,S4)	62,6	19	3,3	Lav
Sørbotn	6 (S6,S7,S8,S9,S10,SB1)	106	19	5,6	Lav
Nær opphoggingsstedet	2 (S11,S12)	285,4	19	15,0	Middels
På opphoggingsplassen	3 M07,M08,M09	1034,9	17	60,9	Middels - Høy

Det foreligger beregninger av risikoindeks fra Tromsø havn. Den er beregnet til RI_{om} -117. Risikofaktor vil være i størrelsesorden 6, gitt at antallet påviste stoffparametere er omkring 20. Dette til sammenligning. Det fremkommer at videre fokus bør være i nærområdet til og i opphoggingsområdet for vraket av Tirpitz.

5.4 Mattilsynets vurdering av fisk og skjell

Mattilsynet foretar en vurdering av resultatene fra undersøkelsen av fisk og skjell. Ved eventuelt for høyt innhold av miljøgifter i fisk og skalldyr gir mattilsynet anbefalinger om å begrense eller ikke spise visse typer sjømat fra forurenset område.

6 BEHOV FOR VIDERE TILTAK

6.1 Behov for ytterligere tiltak

Det er påvist at funn av forurensninger i sedimentet og biota nær opphuggingsplassen til og på opphuggingsplassen for vraket av Tirpitz overskrider de miljømålsetninger som er gitt av Tromsø kommune. I tillegg indikerer den teoretiske beregningen av risikoindeks og risikofaktor at den potensielle risikoen for uakseptabel forurensning er noe for høy. Dette er grunnlaget for anbefalingen om videre tiltak for å klargjøre om den reelle risikoen for forurensning er uakseptabel høy.

Vi har inndelt behovet for videre tiltak i følgende hovedtemaer:

- Behov for mer datainnsamling - fysiske forhold og sedimentet
- Ytterligere teoretiske betraktninger om potensiell risiko for helse og miljø Trinn II
- Ytterligere data om reel risiko for helse og miljø - Trinn III.

Fokus bør være på arealer nær opphuggingsplassen til og på opphuggingsplassen for vraket av Tirpitz.

6.2 Forslag til videre tiltak.

6.2.1 Datainnsamling

Kjerneområdet.

Det bør legges mer vekt på å avgrense kjerneområdet for opphoggingen. Slik avgrensning bør omfatte påvisning av skrot og rester etter opphoggingen, ikke bare begrenset til vraket av Tirpitz, men også i fht. Arbeidsplattformene som ble benyttet under opphoggingen. Dette kan best gjennomføres ved ROV-undersøkelse med videoopptak av bunnforholdene. Beskrivelsen av vrakhauger og evt. større rester etter opphoggingen vil også være viktig informasjon i forhold til evt. kommende tiltak. Vi mener det også vil være fornuftig å kunne avklare om det fortsatt kan være tungolje så vel som andre forurensninger dypere i sedimentet (0-0,5m). Dette bør foretas ved uttak av kjerneprøver til omkring 1 m dyp.

Ved å utnytte naturlig sedimentasjon til forbedring av miljøtilstanden kan det være ønskelig å påvise strømførhold og den naturlige sedimentasjonshastigheten. Det er mulig å ta ut kjerneprøver og gjennom blydatering (radioaktive isotopen ²¹⁰Pb) identifisere den naturlige sedimentasjonshastigheten. Et slikt tiltak vil også bidra til å avklare om det er vrakområdet som bidrar mest til sedimentforurensningen og biotapåvirkningen i Sørbotn.

Nærområdet til opphoggingen

Overgangen mellom nærområdet og kjerneområdet bør avgrenses gjennom en mer detaljert prøvetaking av sedimentet. Dette omfatter ytterligere sediment- og biotaprøver.

Ytterligere data fra kjerneområdet og nærområdet vil være relevant data for videre bruk i fastsettingen av den teoretiske potensielle risikoen, jf. trinn II-betraktningene.

6.2.2 Videre bruk av teoretiske risikobetraktninger

Videre beregninger basert på innhenting av stedsspesifikk informasjon og allerede tilgjengelige analyseresultater i trinn I vil gi en forbedret beskrivelse av potensiell risiko for helse og miljø. En slik beregning vil ytterligere kunne styrke konklusjoner om eventuelt behov for tiltak. I trinn II vurderes det om det foreligger aktuell risiko i det enkelte området ved å ta hensyn til stedsspesifikke forhold. Det beregnes både risiko for spredning og risiko for human eksponering for miljøfarlige stoffer. For å kunne beregne total spredning av miljøfarlige stoffer fra sedimentene F_{total} [mg/m²/år], må de tre bidragene summeres:

- Spredning som følge av biodiffusjon, F_{diff} [mg/m²/år]
- Spredning som følge av oppvirvling fra skip, F_{skip} [mg/m²/år]

- Spredning som følge av opptak i organismer, $F_{org} [mg/m^2/år]$

Modellens beregninger av potensiell risiko for uakseptabel effekt på human helse ivaretar følgende eksponeringsveier:

- Oralt inntak av sediment
- Oralt inntak av overflatevann
- Oralt inntak av partikulært materiale
- Hudkontakt med sediment
- Hudkontakt med overflatevann
- Inntak av fisk og skalldyr

Det blir beregnet en total livsdosis som gir gjennomsnittlig livstid daglig eksponering. Dosisverdiene kan 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. Sammenligningen av beregnet verdi mot MTR human, gir et inntrykk av miljøgiftens bidrag til potensiell human helserisiko. For et mindre område som rundt vraket til Tirpitz kan dette gi en betydelig overvurdering, fordi det kan forventes at befolkningen som hele kan eksponeres slik som modellen forutsetter.

Eksponeringsveiene kan knyttes til aktuell arealbruk eller satte miljømål for et område. I denne risikovurderingen kan aktuell arealbruk i de ulike delområdene benyttes som kriterium for hvilke eksponeringsveier som skal inkluderes. I tabell 20 er eksponering i forhold til mulig aktuell arealbruk vist.

Området i Sørbotn og Nordbotn er i Tromsø kommune definert som grunt område. Begge fjordene er terskelfjorder med forholdsvis lite strøm og langsom vannutskifting. Det er ikke gjennomført registrering av brukerinteressene i området. I følge en kontaktperson i kommunen er det ingen offentlige badeplasser på Håkøya, men øya brukes mye som utfartsområde av spesielt småbarnsfamilier. Det fiskes lite fra båt i Sørbotn og Nordbotn. Både yrkesfiskere og fritidsfiskere drar lengre ut. Håkøybrua er derimot mye brukt som fiskeplass. Av andre brukere kan nevnes kajakkklubben i Tromsø. Kajakpadlere er ofte observert i området.

Tabell 20: Eksponeringsveier for vurdering av potensiell risiko for humanhelse.

Arealbruk	Oralt inntak av sediment	Oralt inntak av overflate vann	Oralt inntak av partikulært materiale	Hudkontakt med sediment	Hudkontakt med overflate vann	Inntak (konsum) av fisk og skalldyr
Ved Tirpitz	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	•	•

i.a. = ikke aktuelt

6.2.3 Dokumentasjon gjennom prøvetaking av vannsøylen og biota

Vi vil ikke anbefale at trinn III i risikovurderingen iverksettes før trinn II er utført. Trinn III vil kunne omfatte prøving for å vurdere økotoksitet, biotilgjengelighet og bioakkumulering av miljøgiftene. Trinn III innebærer en større detaljeringsgrad, hvor datagrunnlaget suppleres med for eksempel måling av spredning, bestemmelse av fordelingskoeffisienter i de aktuelle sedimentene og en bredere fastsetting av innholdet av miljøfarlige stoffer fra Tirpitzopphoggingen i organismer i området.

7 REFERANSER

/1/ Holte B & J. Knutzen, 1990. *Marine resipientundersøkelser i Norbotn, Sandnessundet og ved Ørndalen. Niva-rapport 0-90148*

/2/ Holte B & J. Knutzen, 1992. *Resipientundersøkelse i Tromsøysundet og Sandnessunde, Tromsø kommune. Akvaplan.niva rapport 91247*

/3/ Jørgensen E, R. Velvin & B. Killie 2000. *Miljøgifter i marine sediment og organismer i havneområdene ved Harstad, Tromsø, Hammerfest og Honningsvåg 1997-98. Overvåkningsrapport 786/00. (TA-1697/2000) 123 s.*

/4/ Kolsrud E. & A. Fagerhaug 1998. *Tromsø Havnevesen. Undersøkelse av forurensede marine sediment ved Breivika havn . Notebyrapport 58141-2*

/5/ Larsen L-H, Evenset A, I. A. Berg, N. Skjegstad 2003. *Opprydding av forurenset sediment i Tromsø havn. Kartlegging av kilder til forurensning i Tromsø indre havn og Tromsøysundet. Akvaplan-niva rapport 412.2508.02*

/6/ Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering miljøkvalitet i fjorder og kystvann. SFT-veiledning 97:03.*

/7/ Næser H., T. Audunson, T. McClimans 1975. *Resipientundersøkelse ved Tromsø. Spredning og fortynning av avløpsvann i området. Resultater fra modellforsøk. Vassdrags- og havnelaboratoriet NTH. Sintef rapport: STF60 F75042*

/8/ SFT 2000 *Miljøgifter i norske fjorder. Ambisjonsnivåer og strategi for arbeidet med forurenset sjøbunn. Statens forurensningstilsyn, TA 1974/2000, Oslo. 82 s. ISBN 82-7635-410-05*

/9/ SFT 2003. *Miljøgifter i produkter, data fra 2001. Statens forurensningstilsyn, TA 1978/2003, Oslo. ISBN 82-7655-222-6. 70 s.*

/10/ SFT 2005. *Veiledning for risikovurdering av sediment. Rev. 1 juni 2005. Statens forurensningstilsyn, TA -2085/2005. Oslo. ISBN 82-7655-250-1. 40 s*

/11/ SFT, 2005 Veiledning TA-2086: ” Risikovurdering av forurenset sediment: Bakgrunnsdokument til veileder”

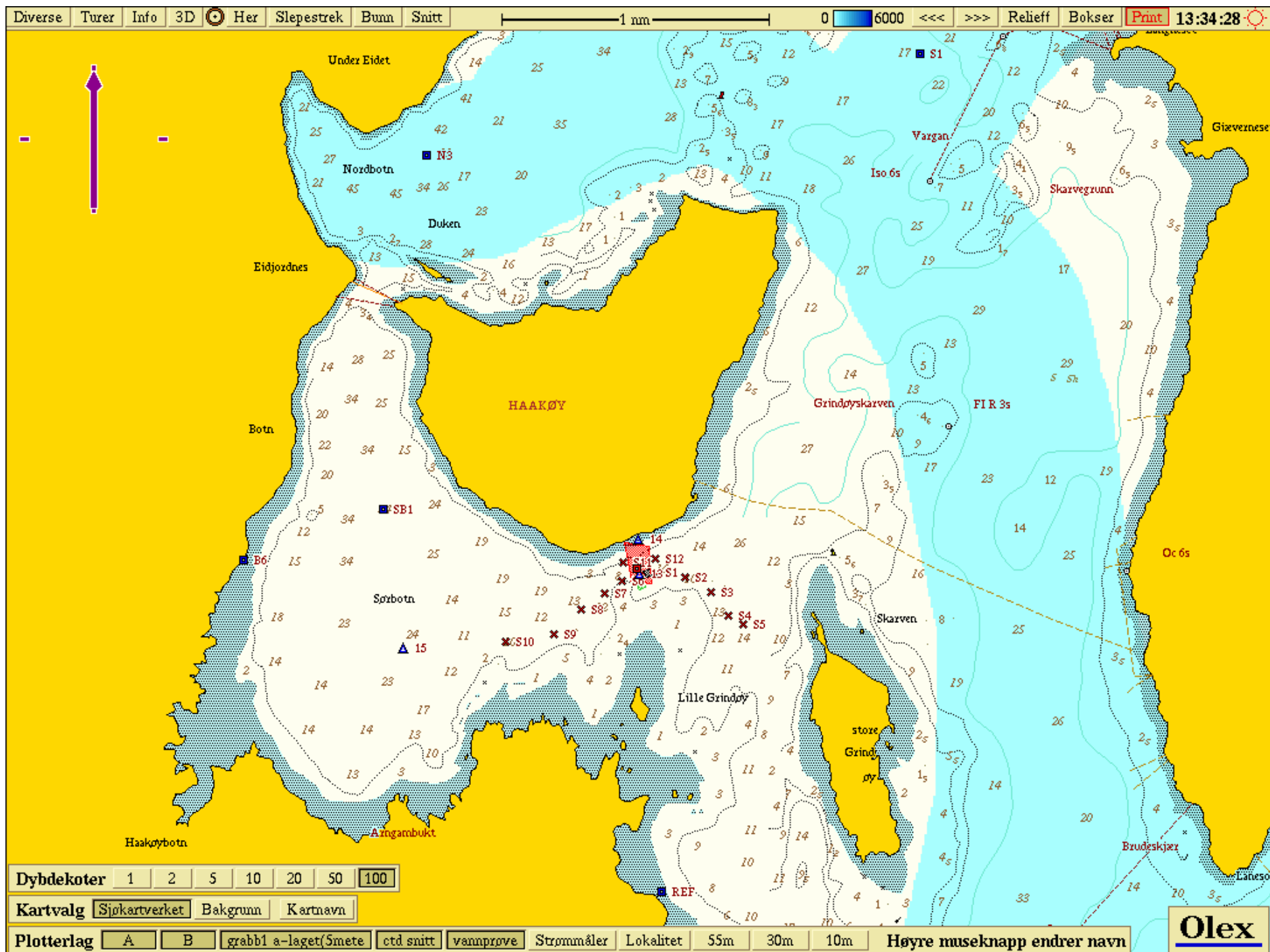
/12/ SFT 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Statens forurensningstilsyn, TA -1467/1997. Oslo.. ISBN 82-7655-367-2. 36 s*

/13/ Tromsø kommune. Tirpitz ved Tromsø. Krigshistorie og opphogging. Mars 2002.

/14/ Velvin R., I. Berg, G.D. Hansen, K. Olsson, H.C. Trannum, T. & M. Caroll 2003. *Resipientundersøkelse i distrikts Tromsø, Tromsø kommune 2002. Akvaplan-niva rapport 412. 2502.*

/15/ Velvin R., L-H. Larsen, M. Caroll, H.C. Trannum, K. Olsson, T. Kroglund & F. Moy 2003. *Resipientundersøkelse i Tromsøysundet, Sandnessundet, Nordbotn og Sørbotn, Tromsø kommune 2001-2002. Akvaplan-niva rapport 412. 2290. 215 s*

VEDLEGG 1



VEDLEGG 2

Feltrapport fra forurensede sedimenter ved vraket Tirpitz, Tromsø kommune

Etter oppdrag fra Norconsult AS har Argus Miljø AS gjennomført feltarbeidet i forbindelse med undersøkelsen av forurensede sedimenter ved vraket Tirpitz, Tromsø kommune.

De som har deltatt i undersøkelsesprogrammet har vært:

Ketil Olsen	Argus Miljø AS	Planlegging og utførelse av feltarbeid og rapportering.
Kristian Klaudiussen	M/S Grindøy	Båtfører
Ole Petter Pedersen	M/S Kameraten	Feltarbeid/Båtfører

Feltarbeidet ble utført av Ketil Olsen og Ole Petter Pedersen og vi takker Kristian Klaudiussen for bistand under feltarbeidet. De kjemiske analysene av sedimentprøvene er utført av Molab as, Mo i Rana og analysene av biotaprøvene er utført av laboratoriet til Molab as, avd. Oslo. Analysene av sediment til toksitest ble utført av Laboratoriet til NIVA, Oslo. Stig Nilsen har tatt U/V-foto ved vraket.

Bodø, den 2. november 2005

Ketil Olsen
Argus Miljø AS

1 Metodebeskrivelse

Feltarbeidet ble utført fra båt og ble gjennomført i to perioder, den 20. – 21. september og 24. oktober – 2. november 2005. Undersøkelsen ble gjennomført av Argus Miljø AS og omfatter følgende elementer:

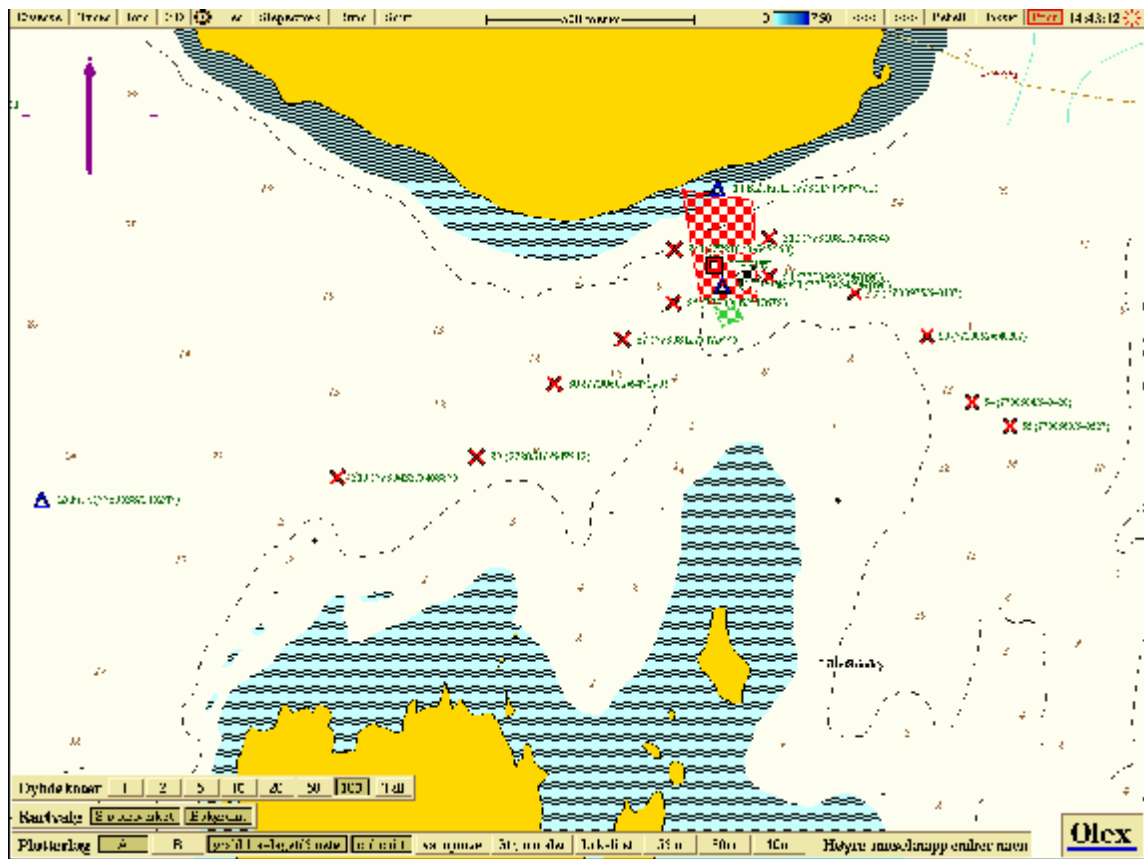
- Innsamling av sediment til analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter
- Innsamling av sediment til toksitest
- Undersøkelse av sedimentets tilstand gruppe 3 parametere
- Innsamling av biotaprøver (skjell)
- Innsamling av fisk til analyse av tungmetaller, organiske miljøgifter og vurdering av kostholdsråd
- Visuell registrering av vrakdelenes spredning, bunnforhold og fauna

1.1 Stasjonsoversikt

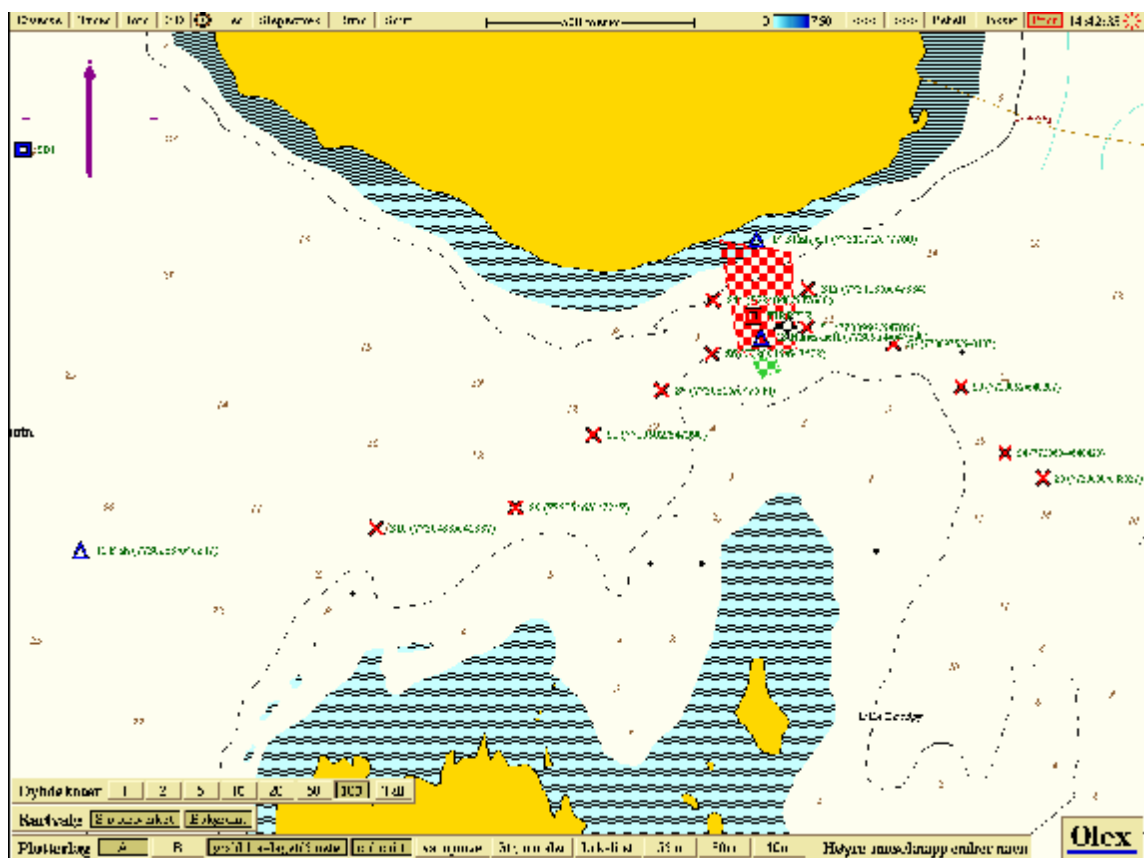
I alt ble det tatt sedimentprøver fra 12 forskjellige prøvetakingsstasjoner. Det ble tatt prøver av sediment til analyse av tungmetaller og miljøgifter ved alle stasjonene (S1-S12) og ved stasjon S1 og S6 ble det i tillegg også tatt sedimentprøver til toksitest. Ved stasjon 13 og 14 ble det hentet inn skjellprøver, henholdsvis haneskjell og blåskjell til analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter. Ved stasjon 15 ble det hentet inn fisk til analyse av tungmetaller, organiske miljøgifter og til vurdering av kostholdsråd. Hver prøvetakingsstasjon ble posisjonert med GPS (Global Positioning System) satellittnavigatør (Tabell nr. 1, Figur nr. 1).

Tabell nr. 1. Stasjonsoversikt over prøvetakingen ved Tirpitz, Tromsø. X, Y koordinatene er oppgitt i EUREF89, UTM sone 33.

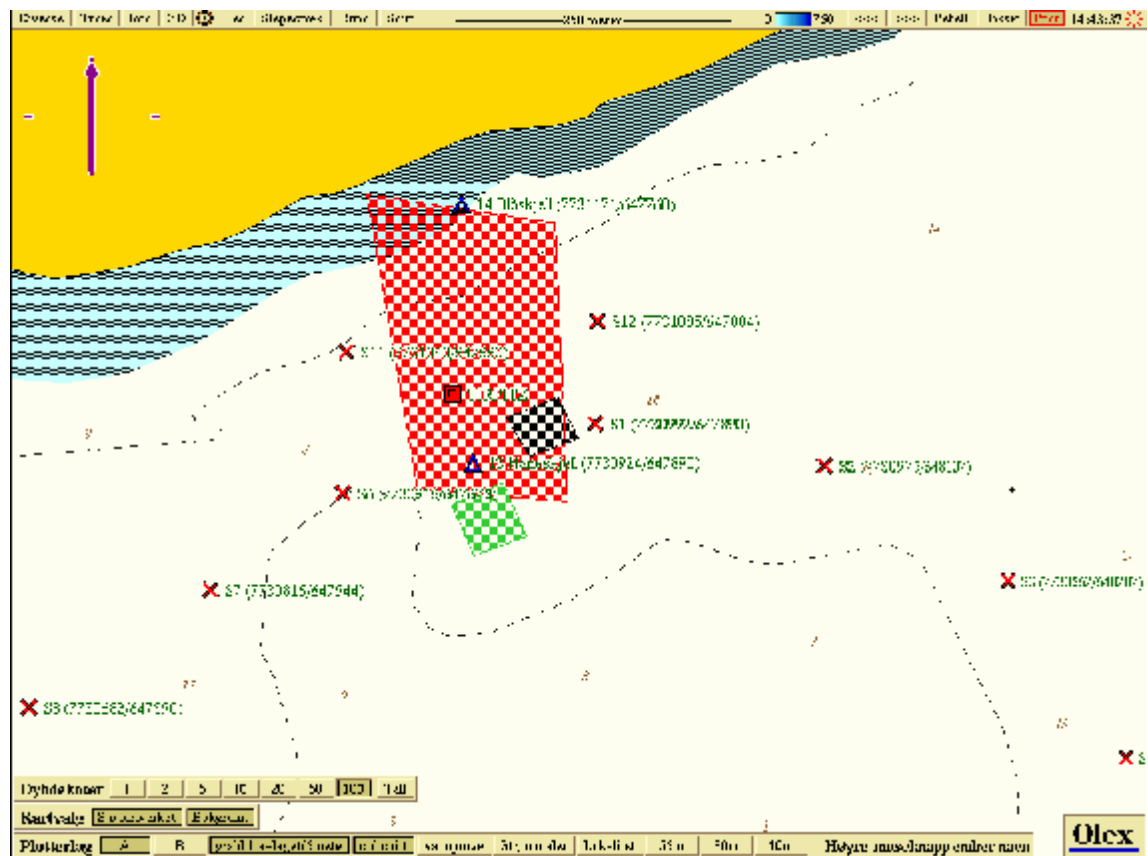
STASJON NR.	STASJONSNAVN	POSISJON	X,Y-KOORDINATER	DYP (M)
1	S1	N:69 38 746 Ø:18 48 720	7730992 647890	16
2	S2	N:69 38 725 Ø:18 49 043	7730975 648107	11
3	S3	N:69 38 668 Ø:18 49 320	7730862 648287	6
4	S4	N:69 38 582 Ø:18 49 509	7730684 648428	12
5	S5	N:69 38 550 Ø:18 49 670	7730660 648527	16
6	S6	N:69 38 711 Ø:18 48 366	7730916 647668	16
7	S7	N:69 38 664 Ø:18 48 179	7730815 647544	12
8	S8	N:69 38 606 Ø:18 47 923	7730682 647390	12
9	S9	N:69 38 511 Ø:18 47 633	7730516 647217	14
10	S10	N:69 38 484 Ø:18 47 112	7730433 646887	11
11	S11	N:69 38 781 Ø:18 48 370	7731040 647660	16
12	S12	N:69 38 796 Ø:18 48 724	7731085 647884	15
13	13 Haneskjell	N:69 38 722 Ø:18 48 549	7730924 647890	16
14	14 Blåskjell	N:69 38 849 Ø:18 48 532	7731171 647760	1
15	15 Fisk	N:69 38 445 Ø:18 46 010	7730538 646247	23



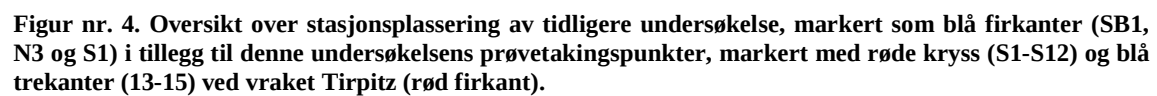
Figur nr. 1. Stasjonsplassering for prøvetaking ved vraket Tirpitz. Røde kryss = Prøvetakingsstasjonene for sedimentprøver (S1 – S12). Blå trekanter = prøvetakingsstasjoner for biotaprøver, haneskjell (13), blåskjell (14) og fisk (15). Rødt rektangel = område hvor det er gjort visuell registrering av vrakrester, bunnforhold og fauna. Grønt rektangel = område for tidligere innsamling av biotaprøver. Sort rektangel = område for tidligere innsamling av sedimentprøver.



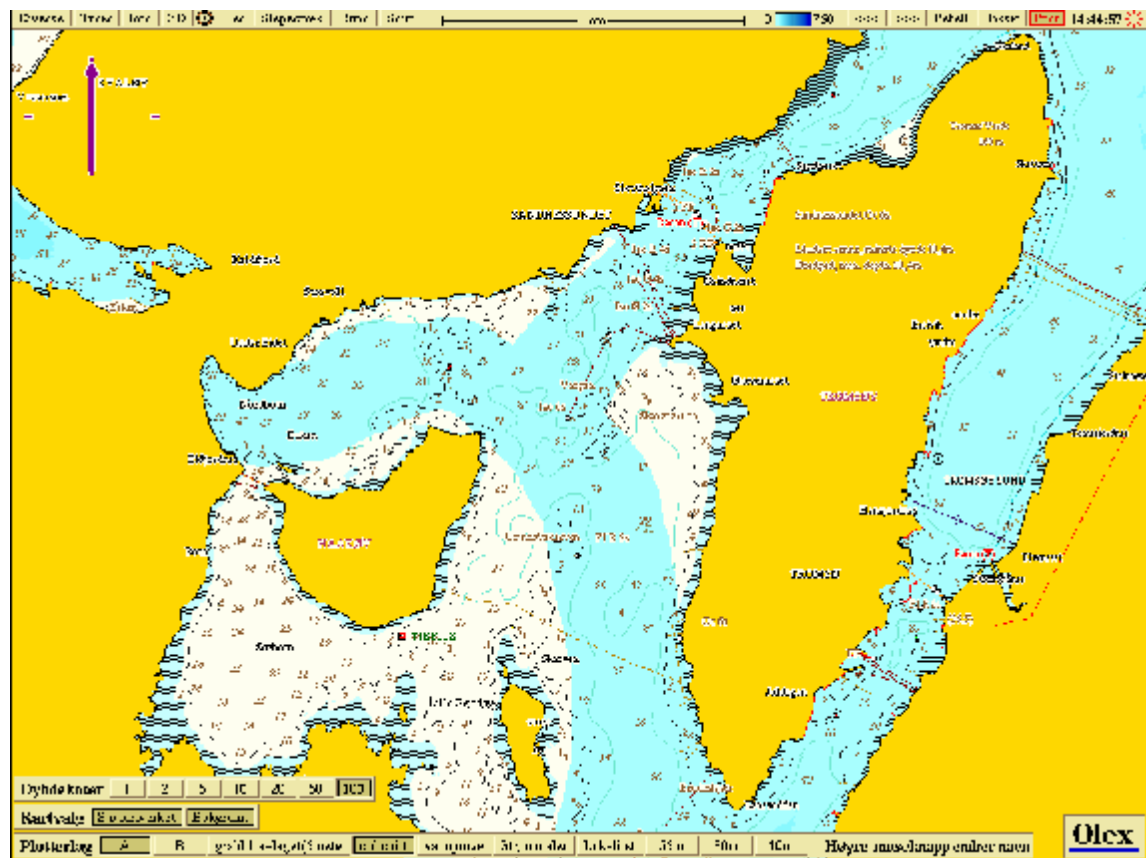
Figur nr. 2. Stasjonsplassering for prøvetaking ved vraket Tirpitz. Røde kryss = Prøvetakingsstasjonene for sedimentprøver (S1 – S12). Blå trekanter = prøvetakingsstasjoner for biotaprøver, haneskjell (13), blåskjell (14) og fisk (15). Rødt rektangel = område hvor det er gjort visuell registrering av vrakrester, bunnforhold og fauna. Grønt rektangel = område for tidligere innsamling av biotaprøver. Sort rektangel = område for tidligere innsamling av sedimentprøver. Blå firkant (SB1) = stasjon fra tidligere undersøkelse i Håkøybotn.



Figur nr. 3. Oversikt over tidligere stasjonsplassering for innsamling av biotapprøver (grønt rektangel) og sedimentprøver (sort rektangel) ved vraket Tirpitz (rød firkant).



Figur nr. 4. Oversikt over stasjonsplassering av tidligere undersøkelse, markert som blå firkanter (SB1, N3 og S1) i tillegg til denne undersøkelsens prøvetakingspunkter, markert med røde kryss (S1-S12) og blå trekanter (13-15) ved vraket Tirpitz (rød firkant).



Figur nr. 5. Vraket Tirpitz. Oversikt. Vrakets plassering er markert som rød firkant.

1.2 Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført i to perioder, den 20. – 21. september og 24. oktober – 2. november 2005. I september ble sedimentprøver og biotaprøver (haneskjell og blåskjell) samlet inn til analyse av tungmetaller og miljøgifter. I oktober og november ble det gjort fiske etter flyndre og torsk i ni dager ved flere stasjoner ved vraket. Det ble fanget torsk som ble sendt inn til analyse av tungmetaller, organiske miljøgifter og til vurdering av kostholdsråd. Ved dykking ble det gjort en visuell registrering av vrakdelenes spredning, bunnforhold, flora og fauna.

1.3 Bunnprøver

Sedimentprøver

Det ble tatt bunnprøver fra prøvetakingsstasjonene S1-T12 med en Van Veen-grabb med åpning på 250 cm².

Sedimentprøver

Ved hver stasjon (S1-S12) ble det tatt sedimentprøver til analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter. Hver prøve bestod av en blandeprøve av 3 replikater av de 5-10 øverste cm av sedimentet. Blandeprøven ble deretter overført til prøveposer i plast fra Molab. Prøvene ble forseglet med strips og oppbevart i kjøleskap til de neste dag ble sendt til analyselaboratoriet.

Sedimentprøver til Toksitest

Ved hver av stasjonene S1 og S6 ble 5 liter sediment til toksitest samlet inn og overført til hver sin 5 l plastbøtte. Bøttene med sediment ble forseglet med armert tape og oppbevart i kjøleskap til de neste dag ble sendt til analyselaboratoriet.

Vurdering av sedimentprøver, gruppe 3 parameter

Lukt, gassbobler, farge, konsistens og mengde innhold i grabbprøvene ble registrert og vurdert i henhold til kriterier satt i "Veileder for utfylling av søknad for tillatelse for etablering av fiskeoppdrettsvirksomhet" (Fiskeridirektoratet).

Biotaprøver

Skjellprøver

Ved stasjon 13 og 14 ble det ved dykking samlet inn henholdsvis haneskjell og blåskjell til analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter. Det ble samlet inn ca. 30 haneskjell og ca. 50 blåskjell. Skjellprøvene ble overført til prøveposer i plast fra Molab og frosset ned til de neste dag ble sendt til analyselaboratoriet.

Fisk

Det ble fisket med garn etter fisk i ni dager. Det ble ikke fanget flyndre, men det fanget torsk som ble sendt inn til analyse av tungmetaller, organiske miljøgifter og til vurdering av kostholdsråd. Etter at fisket ble tatt ombord i båten ble den sløyd. Leveren fra 6 stk. torsk ble tatt ut og lagt i aluminiumsfolie fra Molab. Hver lever ble singelfrosset i aluminiumsfolie til de neste dag ble sendt til analyselaboratoriet.

Forsendelse

Alle prøvene, både sediment- og biotaprøver ble sendt i isoporkasser med kjøleelement, og sendt til analyselaboratoriet med postens ”ekspress over natten”- løsning.

Skjell - og fiskeprøvene ble sendt til Molab as avd. Oslo, sedimentprøvene til analyse av tungmetaller og miljøgifter ble sendt til Molab as Mo i Rana, mens sedimentprøvene til toksitest ble sendt til NIVA, Oslo.

2 Resultater

Visuell registrering av vrakdelenes spredning, bunnforhold, flora og fauna

Visuell registrering ble foretatt i området merket som rødt rektangel i kartet over prøvetakingsstasjonene (Figur nr. 1). Vrakdelene lå spredt omkring i undersøkelsesområdet. Vrakdelene var i størrelsesorden fra noen cm (sko, granater, små metalleder, treverk, kruttstenger etc) til størrelse stor som en buss. Disse delene var forvridde metalleder (plater) av skipets struktur med innhold av diverse treverk, rør, bjelker og innredning. Det ble ikke registrert noe kjerneområde hvor selve "hoveddelen" av vraket kunne befinne seg, men at vraket var spredt over et stort område.

I hele undersøkelsesområdet ble det registrert løs mudderbunn (dynn). Ved å stikke en målestav ned i sedimentet (ca midt i rødt rektangel) ble tykkelsen til mudderlaget målt til 35-40 cm. Mellom vrakdelene ble det registrert endel epifauna, solstjerner (*Crossaster papposus*), haneskjell (*Chlamys islandica*), pyntekrabbe (*Hyas araneus*), kongssnegl (*Buccinum undatum*), sekkedyr (*Ascidacea*) og rur (*Balanus balanus*). Det ble registrert et stort antall infauna, rørbyggende børstemark (*Polychaeta indet*) samt makroalger som sukkertare (*Laminaria saccharina*) og kjerringhår (*Desmarestia aculeata*).

Sedimentprøver

Ved alle stasjonene fikk vi opp mykt og løst brunt/sort sediment bortsett fra ved stasjon nr. S3 der vi fikk opp et noe fastere sediment som var lysere av farge og som også inneholdt sand. Ved stasjon S1 – S12 varierer resultatene for hver av prøvene fra tilstand 1 – tilstand 3, der tilstand 2 og tilstand 3 dominerer prøvene.

Tabell nr. 2. Grabbprøver hentet ved *Tirpitz*. Stasjonsnr. S1 –S5. Skjema for utfylling av visuelle og kjemosensoriske parametere i forbindelse med vurdering av sedimentprøver, hentet fra side 29 i ”Veileder for utfylling av søknad for tillatelse for etablering av fiskeoppdrettsvirksomhet” (Fiskeridirektoratet).

Gruppe	Parameter	Poeng	Grabbprøve nr.						Indeks	Til-stand	
			1	2	3	4	5				
1	Fauna	Ja (1)	1	1		1	1		4		
		Nei (1)									
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1										A	
3	Gassbobler	Nei (0)	0	0	0	0	0				
		Ja (4)									
	Farge	Lys/Grå (0)			0						
		Brun/Sort (2)	2	2		2	2				
	Lukt	Ingen (0)			0	0	0				
		Noe (2)	2	2							
		Sterk (4)									
	Prøve Volum	< ¼ full (0)									
		¾ - ¼ (2)			2						
		¾-full (4)	4	4		4	4				
	Konsistens	Fast (0)									
		Myk (2)			2						
		Løs (4)	4	4		4	4				
	SUM		12	12	4	10	10				48
	Tilstand grabbprøve		3	3	1	2	2				
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3											

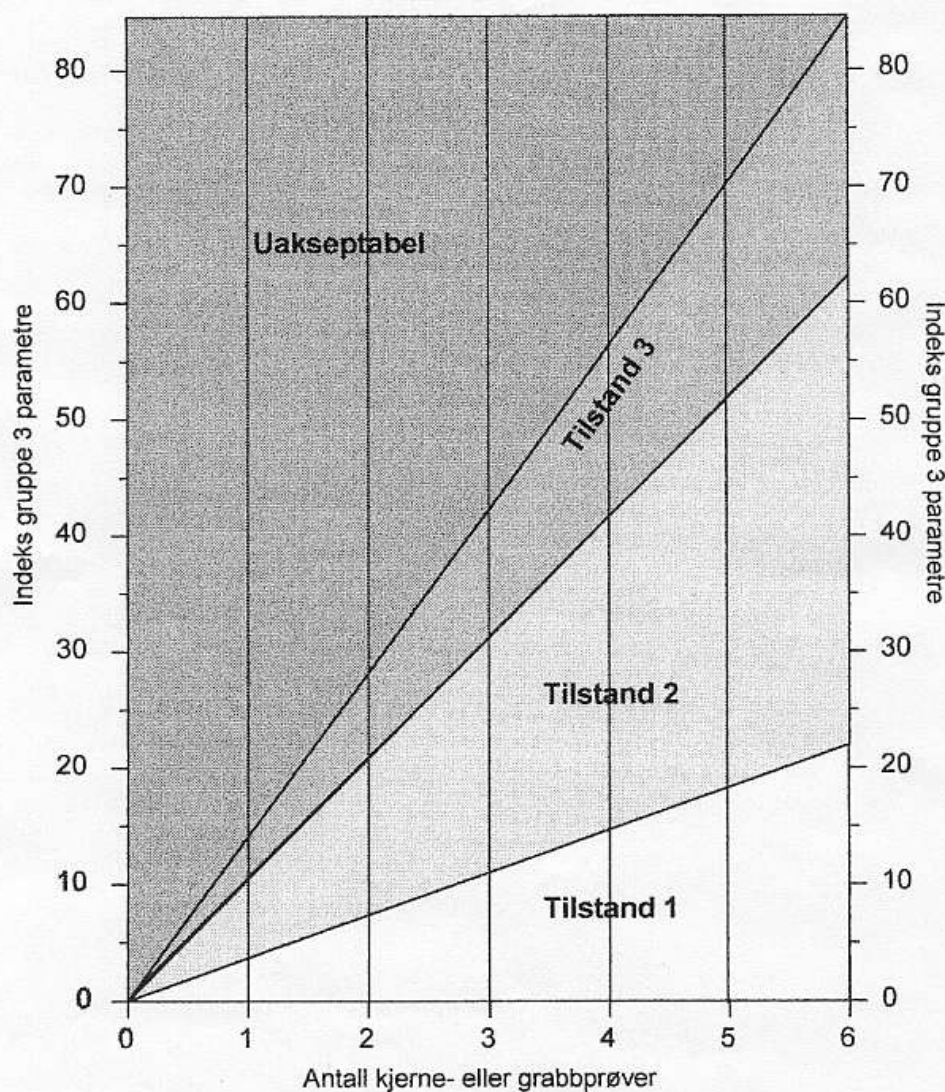
Gruppe	Parameter	Poeng	Grabbprøve nr.						Indeks	Tilstand		
			6	7	8	9	10					
1	Fauna	Ja (1)	1	1	1				3			
		Nei (1)										
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1										A		
3	Gassbobler	Nei (0)	0	0	0	0	0					
		Ja (4)										
	Farge	Lys/Grå (0)										
		Brun/Sort (2)	2	2	2	2	2					
	Lukt	Ingen (0)										
		Noe (2)	2	2	2		2					
		Sterk (4)				4						
	Prøve Volum	< ¼ full (0)										
		¾ - ¼ (2)										
		¾-full (4)	4	4	4	4	4					
	Konsistens	Fast (0)										
		Myk (2)	2		2		2					
		Løs (4)		4		4						
	SUM			10	12	10	14	10				56
	Tilstand grabbprøve			2	3	2	3	2				
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3												

Gruppe	Parameter	Poeng	Grabbprøve nr.						Indeks	Til-stand		
			6	7	8	9	10					
1	Fauna	Ja (1)	1	1	1				3			
		Nei (1)										
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1										A		
3	Gassbobler	Nei (0)	0	0	0	0	0					
		Ja (4)										
	Farge	Lys/Grå (0)										
		Brun/Sort (2)	2	2	2	2	2					
	Lukt	Ingen (0)										
		Noe (2)	2	2	2		2					
		Sterk (4)				4						
	Prøve Volum	< ¼ full (0)										
		¾ - ¼ (2)										
		¾-full (4)	4	4	4	4	4					
	Konsistens	Fast (0)										
		Myk (2)	2		2		2					
		Løs (4)		4		4						
	SUM			10	12	10	14	10				56
	Tilstand grabbprøve			2	3	2	3	2				
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3												

Gruppe	Parameter	Poeng	Grabbprøve nr.						Indeks	Tilstand
			11	12						

Gruppe	Parameter	Poeng	Grabbprøve nr.						Indeks	Til-stand	
			11	12							
1	Fauna	Ja (1)	1	1					2		
		Nei (1)							0		
	SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1										A
3	Gassbobler	Nei (0)	0	0							
		Ja (4)									
	Farge	Lys/Grå (0)									
		Brun/Sort (2)	2	2							
	Lukt	Ingen (0)									
		Noe (2)	2	2							
		Sterk (4)									
	Prøve Volum	< ¼ full (0)									
		¾ - ¼ (2)	2	2							
		¾-full (4)									
	Konsistens	Fast (0)									
		Myk (2)									
		Løs (4)	4	4							
	SUM		10	10							20
	Tilstand grabbprøve		2	2							
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3											

Diagram for vurdering av sedimentets tilstand ut fra gruppe 3 parametre (gass, farge, lukt, konsistens, tykkelse slamlag/grabb prøvevolum)



Figur nr. 2. Diagram for vurdering av sedimentets tilstand ut fra visuelle og kjemosensoriske undersøkelsesparametre (gass, farge, lukt, konsistens, prøvevolum grabb), hentet fra "Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse for fiskeoppdrettsvirksomhet".

Referanse

Fiskeridirektoratet, Statens dyrehelsetilsyn, Statens forurensningstilsyn, Direktoratet for naturforvaltning og Kystdirektoratet. 1998. Veileder for utfylling av søknad for tillatelse for etablering av fiskeoppdrettsvirksomhet.

VEDLEGG 3

		Adresse: Molab as P.b. 124, Blindern 0314 OSLO Telefon: 22 06 73 30 Telefax: 22 06 73 31 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
Kunde: NORCONSULT AS Att: Marit Elveos POSTBOKS 1376 8001 BODØ		RAPPORT Sediment- og biotaprøver samlet nær vraket av "Tirpitz"		
		Ordre nr.: 22935	Antall sider + bilag: 8	
		Prosjekt./Rapport referanse: 22935-Norconsult-Tirpitz	Dato: 14.11.2005	
Gradering: Fortrolig	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført av: Tove Kristin Torstensen	Signatur:	

Innledning

Følgende prøver er registrert til analyse

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Parameter
1-sediment	KO-003391	TM ¹ , PCB ² , PAH ³ , THC ⁴ , TOC ⁵
2-sediment	KO-003392	
3-sediment	KO-003393	
4-sediment	KO-003394	
5-sediment	KO-003395	
6-sediment	KO-003396	
7-sediment	KO-003397	
8-sediment	KO-003398	
9-sediment	KO-003399	
10-sediment	KO-003400	
11-sediment	KO-003401	
12-sediment	KO-003402	
1-skjell	KO-003403	TM ¹ , PCB ² , PAH ³
2-skjell	KO-003404	
3-skjell	KO-003405	
1-fisk	KO-003406	Hg, PCB ² , PAH ³ , dioxin ⁶
2-fisk	KO-003407	
3-fisk	KO-003408	

- 1) TM = tungmetaller (Hg, Cu, Cd, Pb, Cr, Zn, Ni)
- 2) PCB i henhold til PCB-7 (7-dutch)
- 3) PAH i henhold til EPA-16
- 4) THC = total hydrokarboner
- 5) TOC <63µm og 2 µm kornfordeling
- 6) Dioxin = 2,3,7,8-TCDD og dioksinlignende PCB

Lagring av prøver

Sedimentprøvene ble lagret mørkt ved 4 °C. Prøvene ble homogenisert før prøveuttak.

Skjellprøvene ble lagret ved -20 °C. Prøvene ble tint umiddelbart før prøvopparbeidelse. Etter tining ble skallet fjernet og mykdelene homogenisert før prøveuttak.

Eksperimentelt

i) Sedimenter

Vanninnhold (tørrestoff) ble bestemt som vekttap etter tørking ved 105 °C.

Tungmetaller

Prøvematerialet ble tørket ved 40 °C og oppsluttet i henhold til NS 4770. Metallinnhold ble bestemt med ICP-AES. Hg ble bestemt med CV-AAS.

Organiske parametre

Det ble foretatt en kombinert opparbeiding. Prøvematerialet ble tilsatt et sett av internstandarder og ekstrahert med en løsemiddelblanding i ultralyd og på ristebord. Den organiske fasen ble isolert, tørket og konsentrert. Delprøver til de enkelte analyseparametrene ble tatt ut fra fellesekstraktet. Etter eventuell opprensning (clean-up) ble samtlige delprøver analysert med kombinert gasskromatografi /massespektrometri (GC/MS).

PCB og PAH ble bestemt med GC/MS operert i selected ion monitoring (SIM) modus.

THC ble bestemt med GC/MS operert i full scan modus. Analysen dekker upolare og semipolare forbindelser ("kromatograferbare" forbindelser) i kokepunktområdet 80- ca 500°C (tilsvarende hydrokarboner i karbontallsområde C₆-C₃₅).

ii) Skjell

Tungmetaller

Prøvematerialet ble tørket ved 40 °C og oppsluttet i henhold til NS 4770. Metallinnhold ble bestemt med ICP-AES. Hg ble bestemt med CV-AAS.

Organiske parametre

Det ble foretatt en kombinert opparbeiding. Prøvematerialet ble tilsatt et sett av internstandarder og ekstrahert med en løsemiddelblanding i ultralyd og på ristebord. Den organiske fasen ble isolert, tørket og konsentrert. Delprøver til de enkelte analyseparametrene ble tatt ut fra fellesekstraktet. Etter eventuell opprensning (clean-up) ble samtlige delprøver analysert med kombinert gasskromatografi /massespektrometri (GC/MS).

PCB og PAH ble bestemt med GC/MS operert i selected ion monitoring (SIM) modus.

iii) Fisk

Hg-bestemmelse

Prøvematerialet ble oppsluttet i henhold til HS 4770 på våt prøve. Tørrestoff ble bestemt separat. Hg ble bestemt med CV-AAS.

Organiske parametre

Prøven ble homogenisert med "ultra-mikser", og deretter opparbeidet slik som beskrevet for skjell.

Resultater**i) Sediment**

Funnet konsentrasjon av THC (hydrokarboninnhold), sum PAH og sum PCB. Resultatene er angitt som mg/kg tørrstoff. Fordelingen av de enkelte PAH- og PCB-forbindelsene er gitt i vedlegget.

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	THC	Sum PAH	Sum PCB
		mg/kg TS		
1-sediment	KO-003391	<5	1,19	<0,01
2-sediment	KO-003392	<5	1,05	<0,01
3-sediment	KO-003393	<5	2,69	<0,01
4-sediment	KO-003394	<5	1,47	<0,01
5-sediment	KO-003395	<5	0,47	<0,01
6-sediment	KO-003396	<5	1,53	<0,01
7-sediment	KO-003397	<5	2,89	<0,01
8-sediment	KO-003398	<5	2,58	<0,01
9-sediment	KO-003399	<5	2,20	<0,01
10-sediment	KO-003400	<5	4,61	<0,01
11-sediment	KO-003401	<5	4,99	0,04
12-sediment	KO-003402	<5	8,95	<0,01

Kommentarer til THC

Samtlige prøver inneholdt elementært svovel (S8). Dette er vanlig å påvise i marine sedimenter.

Prøvene inneholdt "kromatograferbare" organiske forbindelser, med unntak av prøve 4-sediment utgjorde dette 70-130 mg/kg i hver av prøvene. Forbindelsene er trolig naturlig forekommende, bl.a. ble det observert forbindelser med terpenoid/steroidstrukturer. Dette er vanlig forekommende nedbrytningsprodukter. Det ble ikke positivt identifisert oljerelaterte forbindelser.

Prøve 4-sediment var spesiell med relativt høyt innhold av "kromatograferbare" forbindelser (1500-2000 mg/kg), bl.a. fenoler, fettsyrer og estere av disse, samt forbindelser med terpenoid/stereoidstrukturer. Alle kan regnes som nedbrytningsprodukter. Det ble ikke positivt identifisert oljerelaterte forbindelser.

Det bemerkes at det i prøve 5-sediment ble påvist en bromert forbindelse; sannsynlig struktur er tribromtrimetylbenzen. Beregnet konsentrasjon var ca 0,5 mg/kg. Funnet må betegnes som overraskende, vi kjenner ikke til mulige kilder.

Metallresultater:

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
1-sediment	22935-3391	0,2	46,2	17,4	0,11	28,7	19,9	85
2-sediment	22935-3392	-	51,0	18,7	0,15	31,2	22,8	94
3-sediment	22935-3393	-	36,3	12,5	0,07	22,5	13,9	67
4-sediment	22935-3394	-	40,1	13,7	0,09	25,6	15,4	77
5-sediment	22935-3395	-	39,0	12,7	0,06	24,7	15,5	60
6-sediment	22935-3396	-	29,8	9,4	0,10	18,4	15,4	71
7-sediment	22935-3397	-	40,6	14,4	0,14	25,3	18,8	77
8-sediment	22935-3398	-	52,8	19,8	0,20	32,3	28,6	105
9-sediment	22935-3399	-	54,0	17,8	0,13	33,9	21,2	89
10-sediment	22935-3400	-	41,8	14,3	0,15	27,4	24,6	79
11-sediment	22935-3401	1,5	58,3	45,8	0,31	35,4	58,6	566
12-sediment	22935-3402	-	42,9	19,9	0,60	28,7	43,8	129
Est.LOD		0,2	0,2	0,7	0,01	0,5	0,5	1

”-” angir ikke detektert over deteksjonsgrensen (Est.LOD).

TOC, kornfordeling og tørrstoff

Deres prøvemerking	Pelitt (< 0,063 mm) %	TOC mg/g	TOC, normalisert mg/g	Tørrstoff %
1-sediment	86,9	33,8	36	43
2-sediment	82,5	35,9	39	43
3-sediment	57,5	26,3	34	49
4-sediment	55,5	28,9	37	46
5-sediment	72,5	23,7	29	47
6-sediment	59,0	18,5	26	61
7-sediment	64,5	26,7	33	52
8-sediment	84,5	37,2	40	39
9-sediment	53,5	40,0	48	43
10-sediment	68,9	26,8	32	46
11-sediment	80,9	35,0	38	42
12-sediment	65,6	24,8	31	48

Alle verdier er oppgitt på tørrstoffbasis.

Analysene er utført på siktefraksjon mindre enn 2mm, ref NS 9423.

Analysen utføres vha Eltra elementanalysator.

Normalisert TOC = målt TOC(mg/g) + 18 x (1-F),
hvor F = andel finstoff(pelitt), gitt ved % pelitt/100.

ii) Skjell

Funnet konsentrasjon av sum PAH og sum PCB. Resultatene er angitt som mg/kg tørrstoff. Fordelingen av de enkelte PAH- og PCB-forbindelsene er gitt i vedlegget.

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Sum PAH	Sum PCB
		mg/kg TS	
1-skjell	KO-003403	0,6	0,05
2-skjell	KO-003404	1,1	0,09
3-skjell	KO-003405	0,2	0,08

Metallresultater:

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1-skjell	22935-3403	7,9	7,4	5,4	0,17	5,9	1,1	117
2-skjell	22935-3404	1,2	5,8	13,8	0,09	5,6	5,7	132
3-skjell	22935-3405	8,0	6,5	5,6	0,12	4,9	1,2	117
Est.LOD		0,2	0,2	0,7	0,01	0,5	0,5	1

iii) Fisk

Funnet konsentrasjon av sum PAH og sum PCB. Resultatene er angitt som mg/kg tørrstoff. Fordelingen av de enkelte PAH- og PCB-forbindelsene er gitt i vedlegget.

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Sum PAH	Sum PCB
		mg/kg TS	
1-fisk	KO-003406	0,08	0,09
2-fisk	KO-003407	0,51	0,36
3-fiskl	KO-003408	0,63	0,33

Metallresultater:

Deres prøvemerking	Molab prøvemerking	Hg
		mg/kg
1-fisk	22935-3406A	0,12
2-fisk	22935-3407B	0,06
3-fisk	22935-3408C	0,02
Est.LOD		0,01

Vedlegg

Fordeling av de enkelte PCB-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	1-Sediment	2-Sediment	3-Sediment	6-Sediment	7-Sediment	8-Sediment
	KO-3391 pcb	KO-3392 pcb	KO-3393 pcb	KO-3396 pcb	KO-3397 pcb	KO-3398 pcb
PCB 28	-	-	-	-	-	-
PCB 52	-	-	-	-	-	-
PCB 101	-	-	-	-	-	-
PCB 118	-	-	-	-	-	-
PCB 153	-	-	-	-	0,001	0,003
PCB 138	-	-	-	-	0,001	0,003
PCB 180	-	-	-	0,001	-	-
Sum PCB	-	-	-	0,001	0,002	0,006

Fordeling av de enkelte PCB-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	4-sediment	5-sediment	9-sediment	10-sediment	12-sediment	11-Sediment
	KO-3394 pcb	KO-3395 pcb	KO-3399 pcb	KO-3400 pcb	KO-3402 pcb	KO-3401 pcb
PCB 28	-	-	-	-	-	-
PCB 52	-	-	-	-	-	-
PCB 101	-	-	-	-	-	0,006
PCB 118	-	-	-	-	-	0,002
PCB 153	-	-	-	-	-	0,012
PCB 138	-	-	-	-	-	0,018
PCB 180	-	-	-	-	0,001	0,006
Sum PCB	-	-	-	-	0,001	0,044

Fordeling av de enkelte PCB-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	1-fisk	2-fisk	3-fisk	1-skjell	2-skjell	3-skjell
	KO-3406 pcb	KO-3407 pcb	KO-3408 pcb	KO-3403 pcb	KO-3404 pcb	KO-3405 pcb
PCB 28	-	-	-	-	-	-
PCB 52	0,006	-	-	-	-	-
PCB 101	0,035	0,052	0,064	0,008	0,003	0,002
PCB 118	0,03	0,048	0,078	0,003	0,003	-
PCB 153	-	0,211	0,148	0,014	0,008	-
PCB 138	-	-	-	0,015	0,008	-
PCB 180	0,021	0,049	0,042	0,009	0,073	0,082
Sum PCB	0,092	0,36	0,33	0,049	0,095	0,084

= ikke påvist

Kvantifiseringsgrensen for enkelt PCB forbindelser: 0,001-0,01 µg/g

Fordeling av de enkelte PAH-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	1-Sediment	2-Sediment	3-Sediment	6-Sediment	7-Sediment
µg/g	KO-3391 PAH	KO-3392 PAH	KO-3393 PAH	KO-3396 PAH	KO-3397 PAH
Naftalen	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01
Acenaftylen	0,01	-	0,02	0,01	0,01
Acenaften	-	-	-	0,01	-
Fluoren	-	-	-	0,01	-
Fenantren	0,01	-	0,02	0,05	0,01
Antracen	-	-	0,02	0,01	0,02
Fluoranten	0,09	0,03	0,05	0,12	0,04
Pyren	0,13	0,12	0,61	0,11	0,79
Benz(a)antracen	0,15	0,02	0,05	0,04	0,12
Krysen/Trifenylen	0,03	-	0,13	0,08	0,13
Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten	0,20	0,19	0,61	0,32	0,57
Benzo(a)pyren	0,04	0,04	0,18	0,10	0,16
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,12	0,16	0,25	0,22	0,29
Dibenz(ah)antracen	0,02	0,03	0,07	0,02	0,06
Benzo(ghi)perylene	0,34	0,44	0,67	0,45	0,69
Sum PAH	1,19	1,05	2,69	1,53	2,89

Fordeling av de enkelte PAH-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	8-Sediment	11-Sediment	4-Sediment	5-Sediment	9-Sediment
µg/g	KO-3398 PAH	KO-3401 PAH	KO-3394 pah	KO-3395 pah	KO-3399 pah
Naftalen	-	0,02	0,03	-	-
Acenaftylen	-	0,02	-	-	0,01
Acenaften	-	-	-	-	-
Fluoren	-	-	-	-	-
Fenantren	-	0,03	0,02	-	0,01
Antracen	-	0,02	0,03	-	0,02
Fluoranten	0,20	0,67	0,04	0,01	0,04
Pyren	0,25	0,47	0,14	0,03	0,41
Benz(a)antracen	0,21	0,16	0,07	0,01	0,15
Krysen/Trifenylen	0,09	0,35	0,06	0,01	0,10
Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten	0,51	0,90	0,25	0,08	0,40
Benzo(a)pyren	0,09	0,26	0,08	0,02	0,12
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,27	0,58	0,24	0,09	0,29
Dibenz(ah)antracen	0,06	0,11	0,06	0,01	0,03
Benzo(ghi)perylene	0,91	1,40	0,44	0,20	0,62
Sum PAH	2,58	4,99	1,47	0,47	2,20

Fordeling av de enkelte PAH-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	10-Sediment	12-Sediment	1-skjell	2-skjell	3-skjell
µg/g	KO-3400 pah	KO-3402 pah	KO-3403 PAH	KO-3404 PAH	KO-3405 PAH
Naftalen	-	0,02	0,04	0,06	0,02
Acenaftylen	0,03	0,05	-	-	-
Acenaften	-	-	-	-	-
Fluoren	-	-	-	-	-
Fenantren	0,02	0,03	0,01	0,07	-
Antracen	0,04	0,07	-	0,02	-
Fluoranten	0,09	0,21	0,09	0,25	0,02
Pyren	0,77	1,74	0,11	0,11	0,03
Benz(a)antracen	0,21	0,50	0,05	0,09	0,02
Krysen/Trifenylen	0,19	0,46	0,06	0,08	0,02
Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten	0,82	1,51	0,13	0,15	0,04
Benzo(a)pyren	0,34	0,62	0,08	0,14	0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,71	1,33	-	0,05	-
Dibenz(ah)antracen	0,06	0,22	-	0,01	-
Benzo(ghi)perylene	1,33	2,18	0,08	0,11	0,02
Sum PAH	4,61	8,95	0,65	1,12	0,21

Fordeling av de enkelte PAH-komponentene. Konsentrasjon er gitt i mg/kg

Prøve ID	1-fisk	2-fisk	3-fisk
µg/g	KO-3406 pah	KO-3407 pah	KO-3408 pah
Naftalen	0,01	0,51	0,52
Acenaftylen	-	-	-
Acenaften	-	-	-
Fluoren	-	-	-
Fenantren	-	-	0,04
Antracen	0,06	-	0,08
Fluoranten	-	-	-
Pyren	-	-	-
Benz(a)antracen	-	-	-
Krysen/Trifenylen	-	-	-
Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten	-	-	-
Benzo(a)pyren	-	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-	-	-
Dibenz(ah)antracen	-	-	-
Benzo(ghi)perylene	-	-	-
Sum PAH	0,08	0,51	0,63

= ikke påvist

Kvantifiseringsgrensen for enkelt PAH forbindelser: 0,01µg/g

Krysen/Trifenylen kromatograferer sammen. Krysen hører med blant de 16 EPA-utvalgte forbindelsene. Benzo(b)/(j)/(k)fluoranten kromatograferer sammen. Benzo(b)+(k)fluoranten hører med blant de 16 EPA-utvalgte forbindelsene.

Resultat av toksisitetstester av sedimentprøver

To sedimentprøver (merket prøve 1 og prøve 2) er undersøkt med hensyn til toksisitet i henhold til SFTs veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter.

Testene omfattet:

- toksisitet av porevann med den marine kiselalgen *Skeletonema costatum*,
- toksisitet av organisk ekstrakt av sedimentet med *S. costatum*
- bestemmelse av EROD i fiskeceller eksponert for organisk ekstrakt av sedimentet.

1. Metodikk

Sedimentprøvene ble oppbevart nedkjølt til 4 °C. Før uttak av delprøver ble vann over sedimentoverflaten sugd av og prøvene homogenisert med en malingsrører.

1.1 Organisk ekstraksjon

Etter homogenisering ble ca. 150 mL sediment overført til glødet glass for bestemming av tørstoffinnhold og til organisk ekstrahering. Upolare miljøgifter (som løser seg i organisk løsemiddel) ble ekstrahert fra sedimentene ved "Accelerated Solvent Extraction" (ASE). ASE-betingelsene var som følger: sedimentet var fordelt på 3-4 celler. Temperaturen var 100°C og trykket 2000 psi. Ekstraksjonen ble gjort ved hjelp av sykloheksan og diklormetan (1:1 v/v-forhold) i 3 statiske sykluser og aceton og diklormetan (1:1 v/v-forhold) i 1 statisk syklus. Ekstraksjonstiden per syklus var 5 minutter.

Ekstraktet ble etterpå tørket og dampet inn til 9 ml. En tredjedel av ekstraktet, dvs. 3 ml, ble så ble inndampet til tørrhet vha. N₂-gass og innholdet løst i 2 ml ultra-ren dimetylsulfoksid (DMSO) ved hjelp av ultralyd.

De DMSO-løste ekstraktene fra hver stasjon ble benyttet i tokstesten med fiske-celler. Til tokstester med *Skeletonema* ble ekstraktene i diklormetan benyttet direkte.

1.2 Ekstraksjon av porevann

Sedimentet ble sentrifugert ved ca. 10 000 g i 45 minutter. Supernatanten ble dekantert og overført til plastflasker som ble oppbevart frosset (- 20 °C).

Algetest av porevann

Testen av porevann ble utført i henhold til ISO 10253 "Marine algae growth inhibition test with *Phaeodactylum tricornutum* and *Skeletonema costatum*". Porevannet ble filtrert gjennom glassfiberfilter (Wathman GF/C) og tilsatt konsentrerte stamløsninger av vekstmedium i henhold til ISO 10253. Porevannet ble fortynnet til en geometrisk serie av seks konsentrasjoner fra 5.6 % til 100 % i det samme vekstmediet laget fra sjøvann fra 60 m i Ytre Oslofjord (salinitet 35 g/l). Fortynningsserien ble podet med 5·10⁶ celler/l av *S. costatum* fra en eksponentielt voksende kultur. Testen ble utført med tre replikater for hver konsentrasjon og seks kontrollreplikater. Veksten ble fulgt ved telling med en Coulter Multisizer etter 24 og 48 timer. Algenes spesifikke veksthastighet ble beregnet for hver replikat kultur fra økningen i celletetthet i løpet av to døgn. Veksthastigheten ble

normalisert som prosent av kontrollkulturen og plottet mot logaritmen for konsentrasjon. EC₅₀-verdien (den konsentrasjon som ga 50 % hemming av veksthastigheten i forhold til kontrollkulturene) ble beregnet ved grafisk interpolering.

1.3 Algetest av organisk ekstrakt

Ulike mengder organisk ekstrakt (1-50 µl) ble pipettert til glass og løsningsmiddelet dampet inn. Deretter ble det tilsatt 10 ml av en kultur av *S. costatum* i sjøvann tilsatt ISO 10253 vekstmedium til hvert glass. Det ble brukt tre replikater for hver dose og seks kontrollreplikater. Veksthastigheter og EC₅₀ ble beregnet som for testen av porevann. EC₅₀-verdien uttrykt som µl ekstrakt/ml kultur ble omregnet til mg sediment (tørrvekt)/l vann med hjelp av mengden vått sediment som var ekstrahert, sedimentprøvens tørrstoffinnhold, totalt volum av ekstraktet og dosen av ekstrakt som ga 50 % vekstinhibering.

1.4 Bestemmelse av EROD i fiskleverceller

Sedimentene ble ekstrahert vha. ASE og løsemiddelbyttet til DMSO. DMSO ekstrakter har blitt innkubert med primærceller av regnbueørret i 72t (NIVA SOP C2 og SOP C3) og CYP1A-mediert EROD aktivitet bestemt vha. enzymatisk målinger i cellene (NIVA SOP C6). Resultatet av to forsøk med tre replikater er oppgitt som dioksinekvivalenter (TCDD-EQ) i forhold til biologisk aktivitet av TCDD. TCDD ekvivalenter er normalisert i forhold til mengde sediment ekstrahert (tørrvekt).

2. Resultat

2.1 Algetest av porevann

Porevannskonsentrasjoner opp til 32 % av prøve 1 og 56 % av prøve 2 hadde en svakt stimulerende effekt på algeveksten. I ufortynnet porevann var vekstinhiberingen ca. 95 % i prøve 1 og ca. 60 % i prøve 2. EC₅₀-verdiene ble beregnet til 65 % for prøve 1 og 88 % for prøve 2.

2.2 Algetest av organisk ekstrakt

Algeveksten ble fullstendig inhibert ved ekstrakt doser tilsvarende 8.6 g/l av prøve 1 og 25 g/l av prøve 2. EC₅₀-verdiene ble beregnet til 3.3 g tørrstoff/l for prøve 1 og 17.5 g/l for prøve 2.

2.3 EROD i fiskleverceller

Prøve	CYP1A induserbare stoffer (ng TCDD-EQ/g sediment)		
	Gjennomsnitt	Min	Max
1	3,4	2,9	3,8
2	2,4	1,1	1,8

3. Sammenfatning

Prøve 1 viste noe høyere toksisitet enn prøve 2 både i porevannstestene og i det organiske ekstraktet. Prøve 1 hadde også noe høyere innhold av CYP1A-induserende stoffer.

Prøve	Porevann		Ekstrakt	
	Veksthemming i ufortynnet prøve (%)	Alger EC ₅₀ (vol. %)	Alger EC ₅₀ g tørrstoff/l	CYP1A induserende ng TCDD-EQ/g sediment
1	95	65	3300	3.4
2	61	88	17500	2.4

Oslo 28.10.2005

Torsten Källqvist

ELEMENT	SAMPLE	A-KO-3406 Torskelever	B-KO-3407 Torskelever
fettinnhold	%	44	37,6
2,3,7,8-TetraCDD	pg/g	0,78	1,6
1,2,3,7,8-PentaCDD	pg/g	<0,39	<0,63
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	pg/g	<0,21	<0,58
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	pg/g	1,6	2,2
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	pg/g	0,24	0,73
1,2,3,4,678-HeptaCDD	pg/g	2,6	2,1
Oktaklordibensdioxin	pg/g	<2,6	<3,9
2,3,7,8-TetraCDF	pg/g	7,3	13
1,2,3,7,8-PentaCDF	pg/g	1,3	2,5
2,3,4,7,8-PentaCDF	pg/g	1	2,6
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	pg/g	0,73	1,4
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	pg/g	0,66	1,4
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	pg/g	0,28	<0,47
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	pg/g	0,87	2,1
1,2,3,4,678-HeptaCDF	pg/g	0,65	1,8
1,2,3,4,789-HeptaCDF	pg/g	<0,38	<0,84
Oktaklordibensfuran	pg/g	<0,83	<2,5
WHO-TEQ (PCDD/F)	pg/g	2,6	5,2
PCB 77	pg/g	450	800
PCB 81	pg/g	21	36
PCB 105	pg/g	19000	50000
PCB 114	pg/g	570	1800
PCB 118	pg/g	54000	160000
PCB 123	pg/g	910	2500
PCB 126	pg/g	270	860
PCB 156	pg/g	5900	19000
PCB 157	pg/g	1900	5700
PCB 167	pg/g	6100	15000
PCB 169	pg/g	65	260
PCB 189	pg/g	1000	2300
Sum PCB (TEQ(WHO))	pg/g	39	120

VEDLEGG 4

TIDLIGERE UNDERSØKELSER I FJORDOMRÅDET UTENFOR TROMSØ

1. Den første marine undersøkelsen under ”Statlig program for overvåkning” ble gjennomført i 1982 -84 i for overvåkning av miljøutvikling i Tromsøysundet og Norbotn (Oug *m.fl.* 1985).
2. Undersøkelse på harbunnsamfunn på kaipåler i Tromsø sentrum (Jakola *m.fl.* 1980).
3. Undersøkelser av bløtbunnsamfunn og hvordan det påvirkes i havområdene rundt Tromsø som er belastet med organisk tilførsel via avløpet (Holte *m.fl.* 1985 og 1997)
4. Marine resipientundersøkelser i Norbotn, Sandnessundet og ved Ørndalen i 1992 (Holte *m.fl.* 1990)
5. Resipientundersøkelse i Tromsøysundet og Sandnessundet i 1991-92 (Holte *m.fl.* 1992)
6. Undersøkelse av forurensede marine sediment, Breivika havn i 1998 (Kolsrud *m.fl.* 1998)
7. Miljøgifter i marine sediment og organismer i havneområdene ved Harstad, Tromsø, Hammerfest og Honningsvåg 1997-98. (TA-1697/2000)
8. Kartlegging av kilder til forureninsning i Tromsø indre havneområde og Tromsøysund 2002 – 2003 (Larsen L-H *m.fl.* 2003). Arbeidet inngår i arbeidet med fylkesvise tiltaksplaner (fase 1).
9. Miljøgifter i sediment og biologisk materiale: Håkøya, Ørndalen og Tromsdalen (Cuhra M, 2000)
10. Resipientundersøkelse i distrikts Tromsø - avløpsutslipp (Velvin R. *m.fl.* 2002)
11. Resipientundersøkelse i Tromsøysundet, Sandnessundet, Norbotn og Sørbotn – avløpsutslipp (Velvin R. *m.fl.* 2002).

I tillegg er det gjennomført flere mindre undersøkelser utenfor Ørndalen avfallsfylling og Tromsdalen avfallsfylling, samt lokale strømregistreringer og hydrografiske målinger i Tromsøysundet og Sandnessundet i forbindelse med kommunal avløpsplanlegging.

Rådgivere med solide ressurser

Norconsult AS utfører tverrfaglige ingeniør- og konsulent-tjenester nasjonalt og internasjonalt. Selskapet, som er eiet av ansatte, har 700 medarbeidere med hovedkontor i Sandvika og 26 andre kontorer i Norge og i utlandet.

Selskapet leverer tjenester gjennom alle faser av et prosjekt, fra de tidligste forstudieprosjekter via planlegging og prosjektering til byggeledelse, drift og vedlikehold. Årlig utføres om lag 2500 store og små oppdrag.

Norconsult tilbyr sine tjenester gjennom følgende kompetanseområder:

- **Bygg og anlegg**
- **Elektroteknikk**
- **Energi**
- **Industri**
- **Informasjons- og kommunikasjonsteknologi**
- **Management Consulting**
- **Maskinteknikk**
- **Miljø og kommunalteknikk**
- **Olje og gass**
- **Samferdsel og arealplan**
- **Undergrunnsanlegg**

Avdelingskontor - Bodø

Norconsult AS
Notveien 17, 8013 Bodø
Tel. 75 56 58 00, Fax. 75 56 58 01
E-mail: firmapost@norconsult.no
www.norconsult.no

Hovedkontor

Norconsult AS
Vestfjordgaten 4, 1338 Sandvika
Tel. 67 57 10 00, Fax. 67 54 45 76
E-mail: firmapost@norconsult.no
www.norconsult.no