



RAPPORT LNR 5274-2006

Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Farsund: fase 2, trinn 2



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

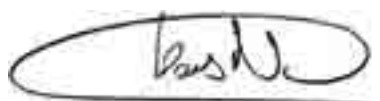
Postboks 1264 Pirsenteret
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Farsund: fase 2, trinn 2.	Løpenr. (for bestilling) 5274-2006	Dato 12.09.2006
	Prosjektnr. Undernr. O-25397	Sider Pris 65
Forfatter(e) Hans C. Nilsson Kristoffer Næs	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

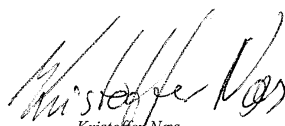
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag: I Norge utarbeides det nå tiltaksplaner for forurensede sedimenter i havner og fjordområder, deriblant Farsundsområdet. Det er begrunnet i at tidligere undersøkelser av sedimenter, fisk og skalldyr har vist høye konsentrasjoner av miljøgifter. Myndighetene har derfor utarbeidet kostholdsråd for området. Tiltaksområdet som er vurdert i denne rapporten, omfatter Lundevågen, det bynære området samt byfjordområdet. I forbindelse med tiltaksplanene for Farsund er sedimentene prøvetatt på nytt og det er gjennomført en risikovurdering. Risikovurderingen er knyttet til fare for spredning, risiko for økosystemet og human risiko (i hovedsak ved inntak av fisk og skalldyr fra området). Vurderingen er gjort i hht SFTs veileder, men det er også gjennomført stedsspesifikke målinger knyttet til bindingsstyrken av PAH til sedimentpartikler og til vurderinger av vannutskiftingen i Lundevågen. På alle stasjoner var det en overskridelse av akseptabel risiko, men i varierende grad. Det eksisterer imidlertid ikke grenseverdier som kan bedømme overskridelsene nærmere. Resultatene fra de stedsspesifikke målingene viser at risikoen som de forurensede sedimentene representerer, i hovedsak kan knyttes til innholdet av PCB. Særlig gjelder det området ved Kommunekaia i Lundevågen, området ved Naudodden småbåthavn og området ved Engøy. I disse områdene er tiltak foreslått. Etter videre undersøkelser i området ved Kommunekaia og Naudodden småbåthavn kunne PCB-forurensingen knyttes til aktive kilder ved både Kommunekaia (sement i kaia) og Naudodden (maling på båthus og fylling mellom båthus og asfalt). Det bør utvikles et program som overvåker forurensningsutviklingen både i områder hvor fysiske tiltak gjennomføres og områder hvor en forbedring overlates til naturlig sedimentasjon.

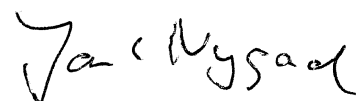
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Farsund 2. Sedimenter 3. Miljøgifter 4. Risiko 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Farsund 2. Sediments 3. Micropollutants 4. Risk assessment
---	---



Hans C Nilsson
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jarle Nygaard
Ansvarlig

O-25397

**Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan
for forurensede sedimenter i Farsund: fase 2, trinn 2.**

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Fylkesmannen i Vest-Agder v/Miljøvernnavdelingen og er en sammenstilling av NIVA Rapport l.nr. 5116 samt kompletterende undersøkelser utført i 2005 og 2006.

Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært Dag Petter Sødal, Jon Egil Vinje og Solvår Reiten.

Det har vært en referansegruppe for prosjektet som foruten Dag Petter Sødal og Jon Egil Vinje, også har omfattet Svein Harry Samuelsen, Elkem Aluminium Lista og Anders Grimnes, Farsund kommune.

Alle analysene er gjennomført ved NIVAs laboratorium.

Hans Nilsson gjennomførte feltarbeidet og har vært ansvarlig for rapporten og prosjektet i sin helhet. Anders Grimnes takkes for innsamling av supplerende prøver. Kristoffer Næs har vært ansvarlig for utarbeidelse av tiltaksplanen.

Alle takkes for innsats.

Oslo, 12. september 2006

Hans C Nilsson

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Området	8
1.3 Kostholdsråd	9
1.4 Risikoveilederen	10
1.4.1 Trinn 1	11
1.4.2 Trinn 2	11
1.4.3 Trinn 3	11
2. Materiale og metoder	12
2.1 Prøvetaking	12
2.2 Kjemiprøver	12
2.2.1 Sedimentprøver (overflate)	12
2.2.2 Sedimentprøver (kjerner)	12
2.2.3 Analyser (kjemiprøver)	13
2.2.4 Fast-fase-ekstraksjon (POM-SPE)	14
2.3 Sedimentprofilfotografering (SPI)	15
2.4 Risikoanalyse – Gjennomføring og begrensninger	17
2.4.1 Trinn 1	17
2.4.2 Trinn 2	17
2.4.3 Trinn 3	17
3. Resultater og diskusjon	18
3.1 Sedimentkjemi	18
3.2 Sedimentprofilfotografering (SPI)	19
3.3 Hydrografi	20
3.4 Tilstandsklasser for miljøgifter	21
3.5 Kjerneprøver	23
3.6 PCB ₇ -profil	24
4. Risikoanalyse	25
4.1 Trinn 1	25
4.2 Trinn 2	26
4.2.1 Spredning	27
4.2.2 Human helse	29
4.2.3 Økologisk risiko	29
4.3 Trinn 3	32
4.3.1 Spredning	32
4.3.2 Human helse	33
4.3.3 Økologisk risiko	33
4.4 Risikoanalyse - Engøy	36
4.5 Oppsummering av risikoberegningene	37
4.5.1 Trinn 1	37
4.5.2 Trinn 2	37

4.5.3 Trinn 3	37
4.5.4 Faktorer som er viktige i beregningen av risiko	37
5. Miljømål	38
5.1 Langsiktige forvaltningsmål	38
5.2 Lokale tiltaksmål	38
6. Supplerende undersøkelser - sporing av PCB-kilder	40
6.1 Bakgrunn	40
6.2 Materiale og metoder	40
6.2.1 Prøvetaking	40
6.2.2 Prøvetaking med SPMD	40
6.2.3 Analyser	40
6.3 Resultater og diskusjon	41
6.3.1 Sedimentprøver (overflate)	41
6.3.2 Sedimentprøver (kjerner)	42
6.3.3 SPMD	43
6.3.4 Sement	43
6.3.5 Fylling	44
6.3.6 Maling	44
6.3.7 PCB ₇ -profil	45
7. Tiltaksplan	46
8. Referanser	49
9. Vedlegg	50
9.1 Rådata	51
9.2 Risikoanalyse trinn 1	65

Sammendrag

I Stortingsmelding 'Rent og rikt hav' fra 2002 ble det fokusert på en helhetlig forvaltning av kyst- og havområdene. Miljøgifter er her vurdert som en trussel for de marine næringene og forurensede sedimenter er en del av dette trusselbildet. I den sammenheng utarbeides det nå tiltaksplaner i 17 prioriterte områder, deriblant Farsundsområdet. Dette er begrunnet i at tidligere undersøkelser av sedimenter og fisk/skalldyr fra Farsundsområdet viste høye konsentrasjoner av miljøgifter. På grunnlag av disse resultatene, har myndighetene utstedt kostholdsråd for hele fjordområdet inklusive Lyngdalsfjorden. Tiltaksområdet som er vurdert i denne rapporten omfatter Lundevågen, det bynære området samt byfjordområdet.

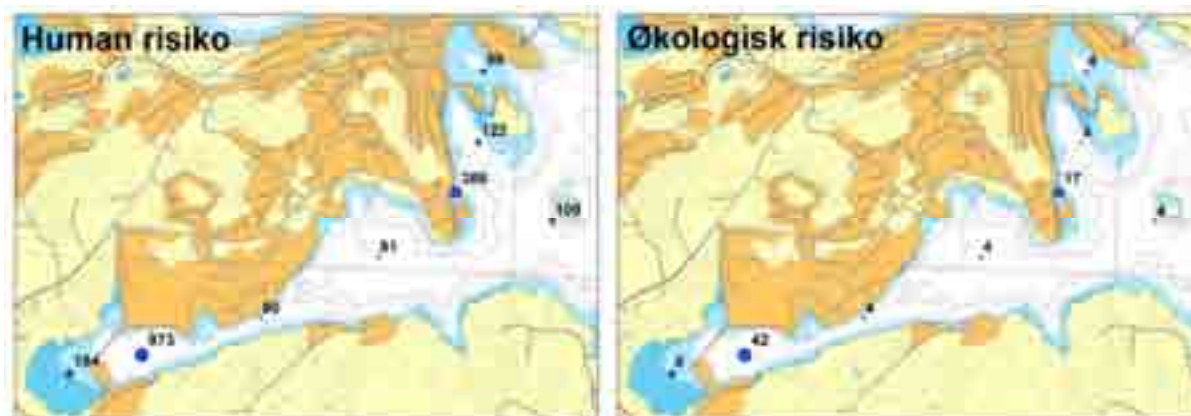
SFT har nylig fått utarbeidet en veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter til bruk i prioritering av fjordområder for eventuelle tiltak. Her deles arbeidet inn i tre trinn hvor de to første bygger på bruk av grenseverdier og allmenngyldige konstanter for fordeling av miljøgifter mellom vann og sedimenter og for opptak i organismer. Trinn tre åpner for risikovurderinger basert på stedsspesifikke målinger. I Farsundsområdet er det gjennomført stedsspesifikke målinger knyttet til bindingsstyrken av PAH til sedimentpartikler og til vurderinger av vannutskiftingen i Lundevågen.

Risikovurderingene er knyttet til fare for spredning, risiko for økosystemet og human risiko (i hovedsak ved inntak av fisk og skalldyr fra området). Vurderingene er basert på et 100-talls nye og eksisterende prøver av sedimenter i hele tiltaksområdet hvor innholdet av tungmetaller, TBT (tributyltinn), PAH, PCB og olje er målt.

På alle stasjoner var det en overskridelse av akseptabel risiko, men i varierende grad. Det eksisterer imidlertid ikke grenseverdier som kan bedømme overskridelsene nærmere. Resultatene fra de stedsspesifikke målingene viser at risikoen som de forurensede sedimentene representerer, i hovedsak kan knyttes til innholdet av PCB. Særlig gjelder det området ved Kommunekaia i Lundevågen, området ved Naudodden småbåthavn og området ved Engøy.

Etter videre undersøkelser i området ved Kommunekaia og Naudodden småbåthavn kunne PCB-forurensingen knyttes til aktive kilder ved både Kommunekaia (sement i kaia) og Naudodden (maling på båthus og materiale i fylling mellom båthus og asfalt).

Gjennomsnittlig human og økologisk risiko er vist i figurene nedenfor.



Figuren viser gjennomsnittlig human og økologisk risiko for forskjellige delområder beregnet etter SFTs risikoveileder. Tallene angir antall ganger risikoen overskrider grenseverdiene.

Ut fra risikovurderingene og miljømål er det foreslått tiltak i forskjellige delområder av tiltaksområdet som vist i tabellen nedenfor.

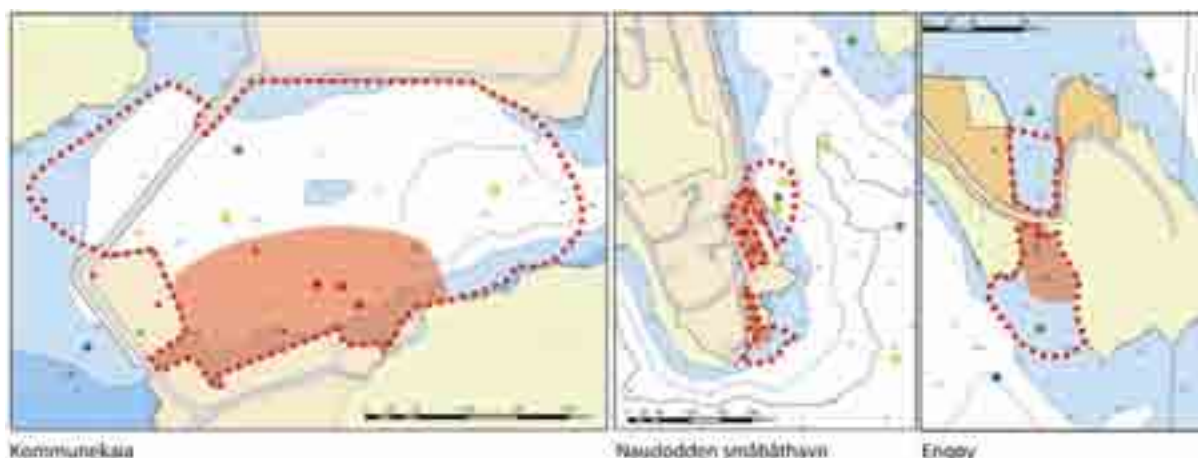
Område	Delområde	Tiltak
Lundevågen	Verneområdet	a) Naturlig forbedring b) Tildekking av et begrenset areal innenfor bro
	Kommunekaia	a) Ombygging kai* b) Mudring og tildekking
	Sentrale Lundevågen	a) Naturlig forbedring
Byområdet	Nordre/søndre havn	a) Naturlig forbedring**
	Engøy slipp	a) Fjerning av masser i sjø og på land*** b) Tildekking***
	Naudodden småbåthavn	a) Fjerning av maling og forurenset fylling b) Mudring og tildekking
Byfjorden		a) Naturlig forbedring

* Rehabilitering av ca. 1/3 av kaiarealet allerede i gang

** Eventuelle utbyggingsaktiviteter bør ha som mål å forbedre lokale forhold

***Allerede gjennomført på land

En nærmere detaljering av områder foreslått for fysiske tiltak er vist nedenfor. Disse er: Kommunekaia (107 000 m²), Naudodden småbåthavn (11 800 m²) og Engøy (8 000 + 3 500 m²). SFTs klasser for miljøtilstand i sediment med hensyn på PCB₇ er vist som farge på prikkene i figurene. Blå farge: ubetydelig forurenset, grønn: moderat forurenset, gul: markert forurenset, oransje: sterkt forurenset, rød: meget sterkt forurenset). Små prikker representerer eldre data og store prikker nye data. Grenser for tiltaksområdene er markert med prikket linje og områder der fjerning av forurensede sedimenter er foreslått er markert rødt. Mellom prikket linje og område markert med rødt, er det foreslått tildekking.



Det bør utvikles et program som overvåker forurensningsutviklingen i området. Dette bør dekke både områder hvor fysiske tiltak gjennomføres og områder hvor endringen drives av naturlig forbedring.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I Stortingsmelding nr. 12 'Rent og rikt hav' fra 2002 ble det fokusert på en helhetlig forvaltning av kyst- og havområdene. Miljøgifter er vurdert som en trussel for de marine næringene og forurensede sedimenter er en del av dette trusselbildet. Med SFTs rapport om miljøgifter i norske fjorder som utgangspunkt, tar stortingsmeldingen for seg forurensede sedimenter og behov for en nasjonal plan for tiltak basert på fylkesvise tiltaksplaner. Dette var starten på en stor satsing for å tilrettelegge for lokalt tilpassede tiltak som skal redusere trusselen fra forurensede sedimenter mot bruk og utvikling av fjord- og kystområder. En klar forutsetning for dette er at det sørges for kildekontroll når det gjelder landbaserte tilførsler slik at en opprydding i sedimentene får en langsiktig effekt. Det ble likeledes forutsatt at tiltak skal være samfunnsøkonomisk lønnsomme.

'Rent og rikt hav' legger rammene for arbeidet med opprydding i forurensede sedimenter i norske fjorder. I meldingen er de fylkesvise tiltaksplanene presentert som det helhetlige grepet som skal sikre lokal forankring. SFT har i samråd med fylkesmennene valgt ut 17 fjordområder som det skal lages tiltaksplaner for innen 2005. Av disse ligger følgende to områder i Vest-Agder:

- Kristiansandsfjorden
- Farsund

Arbeidet med tiltaksplanene er delt i to faser. Rapport fra fase 1 i det aktuelle området ble utført av Fylkesmannen 5. november 2003 og omfattet inndeling og beskrivelse av fjordområdene samt en sammenstilling av eksisterende kunnskap om problemomfang, forurensningskilder og interessekonflikter.

1.2 Området

Byfjorden er sjøområdet mellom Noresundbroa og de åpne havområdene utenfor fjordsystemet (**Figur 1**). Lundevågen er en lukket fjordarm som går mot vest fra Byfjorden. Byfjorden er i likhet med fjordene innenfor en terskelfjord med begrenset vannutskiftning. Vannutskiftningen er likevel betydelig bedre her enn i de dype fjordene innenfor Noresundbroa. Terskeldypet mot de åpne havområdene er 20-25 m, mens hoveddelen av fjorden er 50-100 m dyp. Et lite, lokalt basseng har dyp ned til 110 m



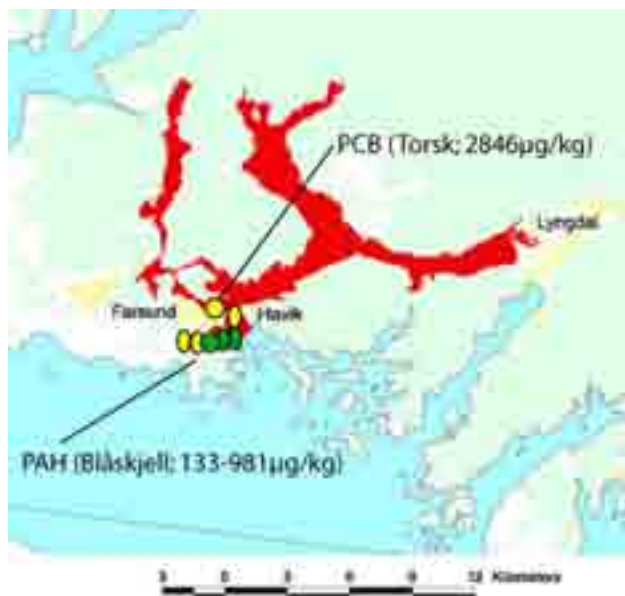
Figur 1. Kart over området med stedsnavn.

I Byfjorden inngår også havneområdet i Farsund. Dette er til dels en poll mellom Farøy og Engøy, dels området langs fastlandet syd og vest for Engøy. Området på begge sider av Farøy har periodevis sterk strøm. Ytre del av Lundevågen har god vannutskiftning mot Byfjorden. Omtrent midt i vågen ligger en terskel på 10-15 m dyp og med et 28 m dypt basseng innenfor. Helt innerst i vågen ligger et større grunnvannsområde. Dette er delvis avsnævret med en vegfylling. Elkem Aluminium Lista tar inn 4.500 m³/time kjølevann fra ca 2 m dyp innerst i Lundevågen. Vannet slippes ut på utsiden av Listalandet. Denne kontinuerlige utpumpingen fra Lundevågen har en størrelse som kan påvirke utskiftingsforholdene i fjordarmen.

1.3 Kostholdsråd

Tidligere undersøkelser av sedimenter og fisk/skalldyr har vist høye konsentrasjoner av miljøgifter i området ved Farsund. På grunnlag av resultater fra undersøkelser av fisk og skalldyr har Mattilsynet fastsatt kostholdsråd for hele fjordområdet inkl. Lyngdalsfjorden gjeldende fra år 2000 samt omsetningsrestriksjoner fra 2002. I dette området er kostholdsråd knyttet til nivået av PCB og PAH i fisk og skalldyr fanget og samlet inn i Lundevågen og Byfjorden (Næs m. fl. 2000).

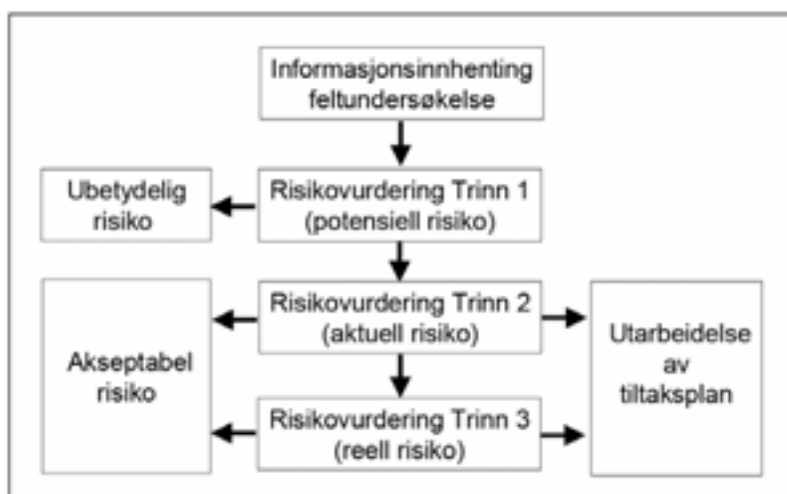
Området med kostholdsråd er vist med rødt på kartet i **Figur 2**. Konsum av lever fra fisk fanget i Framvaren, Åptafjorden, Lyngdalsfjorden, Lundevågen og Byfjorden frarådes. Området avgrenses i sydøst av en linje mellom odden øst for Skjoldnes og odden sydvest for Havik i Spind. Konsum av skjell fanget innenfor samme område som fiskelever frarådes.



Figur 2. Området med kostholdsråd. Kilde: Statens næringsmiddeltilsyn basert på Statens forurensningstilsyn. Prøvetakingen som ligger til grunn for kostholdsrådet er markert i figuren. Runde symboler (fisk) og ovale symboler (blåskjell) viser henholdsvis hvor fiskeprøver og blåskjellprøver er innsamlet (Næs m. fl. 2000). Symbolfarge = tilstandsklasse (Molvær m. fl. 1997).

1.4 Risikoveilederen

Veilederen for risikovurdering av forurensede sedimenter er utarbeidet til bruk ved prioritering av fjordområder for eventuelle tiltak (Breedveld m. fl. 2005). Risikovurderingen gjøres trinnvis der hvert trinn er mindre konservativt enn det foregående, hvilket hindrer at unødig innsats brukes på områder som utgjør en ubetydelig risiko for miljøet, og som innledningsvis blir friskmeldt. Hovedstrukturen for risikovurderingssystemet er angitt i **Figur 3**.



Figur 3. Hovedstrukturen for risikovurderingssystemet (Breedveld m. fl. 2005).

1.4.1 Trinn 1

Trinn 1 har som siktemål å skille områder med ubetydelig risiko fra de som bør vurderes videre. Ved å sammenligne måledata fra sedimentet med allmenngyldige grenseverdier for akseptable konsentrasjoner og giftighet, vurderes det om sedimentene utgjør en **potensiell risiko**. Grenseverdiene omfatter både sedimentets innhold av miljøgifter og giftighet gjennom et utvalg generelle toksisitetstester. Toksisitetstester er inkludert i trinn 1 for å dekke risikobidraget fra toksiske stoffer som ikke er kjemisk identifisert. Som grunnlag for trinn 1, er det behov for minimum 5 overflateprøver i hvert område. Dersom en eller flere av grenseverdiene overskrides i en eller flere av prøvene, er den potensielle risikoen som sedimentene representerer ikke ubetydelig og trinn 2 i risikovurderingen bør gjennomføres.

1.4.2 Trinn 2

Trinn 2 er en mer omfattende prosess og har som mål å vurdere om sedimentet utgjør en **aktuell risiko** ut fra stedlige forhold. Trinn 2 omfatter tre uavhengige vurderinger:

- A. Risiko for spredning
- B. Risiko for human helse
- C. Risiko for økosystemet

Risiko for spredning vurderes ut fra beregnet miljøgifttransport fra sediment til vannmassene via diffusjon og bioturbasjon, oppvirvling som følge av vannstrømmer, bølger og skipstrafikk og spredning gjennom opptak i organismer.

Risiko for human helse vurderes ut fra hvordan et risikoområde brukes: rekreasjon, fangst av fisk og skalldyr osv. Eksponeringsveier er via konsum av fisk og skalldyr, samt inntak av og kontakt med sediment og vann. Dette benyttes for å beregne en livstidsbelastning som sammenlignes med maksimal akseptabel risiko for human helse.

Risiko for økosystemet vurderes ut fra estimert eksponering i forhold til grenseverdier for effekter i vann og sediment. I tillegg anbefales det at vurderingsgrunnlaget styrkes ved gjennomføring av 2 helsedimenttester, test på effekter på atferd og overlevelse, og test på bioakkumulering ved eksponering direkte for sedimentet.

Tolkning og vektlegging av delresultatene fra trinn 2 (spredning, human risiko og økologisk risiko) vil være avhengig av miljømålet for området samt nåværende og planlagt bruk. Tolkningen skiller sedimentområder med akseptabel risiko fra de som det må utarbeides tiltaksplan for. Dersom man ikke allerede velger å gå til utarbeidelse av tiltaksplan etter trinn 2, kan trinn 3 gjennomføres.

1.4.3 Trinn 3

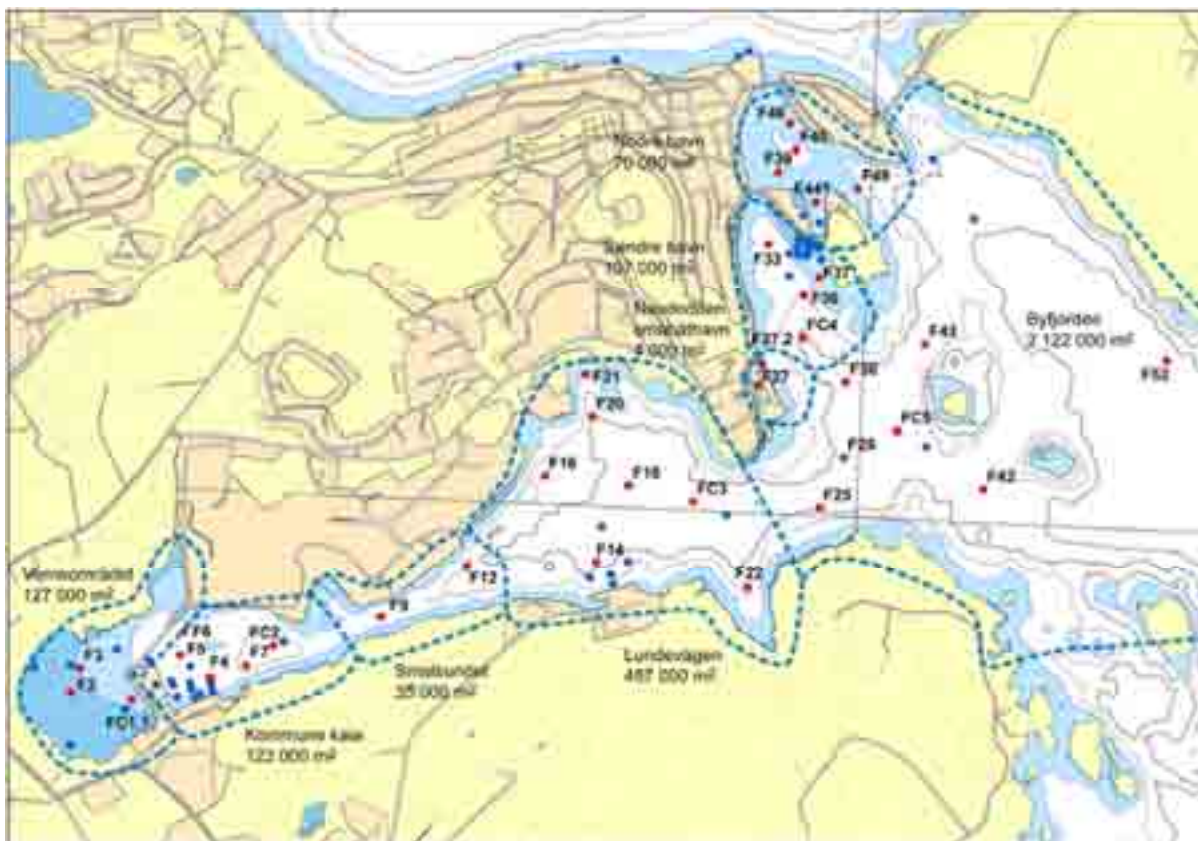
Trinn 3 omfatter utvidede målinger lokalt for å verifisere og presisere de beregningene som er gjort i trinn 2. Dette brukes for å klargjøre om den **reelle risiko** er lik eller lavere enn den som er estimert i trinn 2. Innholdet i trinn 3 vil måtte skreddersys til den enkelte situasjon. Følgende elementer kan for eksempel inngå i trinn 3 vurderingen:

- Måling av spredning og transport, f.eks. sedimentfeller, diffusjonskammer.
- Bestemmelse av fordelingskoeffisienter (sediment/porevann) i de aktuelle sedimentene.
- Bestemmelse av miljøgiftinnhold i organismer.
- Numerisk modellering av transport og opptak i næringskjeden.
- Bunnfaunastruktur, sårbarhet og biodiversitet.

2. Materiale og metoder

2.1 Prøvetaking

Feltarbeidet ble gjennomført fra 7. til 10. november 2004 fra 'O/F Munin' tilhørende Fiskeridirektoratet/Region Skagerrak. Stasjonsplasseringen er vist i **Figur 4**. Posisjoner, vanddyb og sedimentforhold for alle stasjoner i denne undersøkelsen er gitt i **Tabell 1**.



Figur 4. Stasjonsplassering. Blå stasjoner ble rapportert i fase 1. Stasjoner merket med rødt ble prøvetatt og analysert i denne undersøkelsen. Inndeling i delområder er utført i hht. hydrografi og til resultater fra kjemianalyse (se resultatdelen).

2.2 Kjemiprøver

2.2.1 Sedimentprøver (overflate)

Sedimentprøvene ble tatt med en Van Veen grabb (0,026 m²). De øverste 2 cm av sedimentlaget ble skrapet av med en skje. Aksepterte prøver fra grabben hadde vann over sedimentoverflaten slik at man kunne fastslå at overflaten var inntakt.

2.2.2 Sedimentprøver (kjerner)

Kjerner ble tatt med en kjerneprøvetaker (0,001 m²). Kjernene ble snittet i 2 cm tykke sjikt. Dypeste snitt som ble analysert var 20 til 22 cm ved stasjon FC 2.

2.2.3 Analyser (kjemiprøver)

Analysevariablene omfatter kornfordeling (vektprosent partikler finere enn 63 µm), totalt organisk karbon (TOC), kadmium (Cd), kopper (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn), tribetyltinn (TBT), polyklorerte bifenyl (PCB₇, syv enkeltforbindelser med IUPAC nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, enkeltforbindelsene naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antrasen, fluoranten, pyren, benzo(a)antrasen, chrysen+trifenylen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(ac/ah)antrasen, benzo(ghi)perylene). I resultatpresentasjonen for tilstandsklasser vil Σ PCB₇ betegne summen av de syv enkelte PCBene ganget med to i henhold til praksis fra SFT (Molvær m. fl. 1997), mens Σ PAH representerer summen av PAH-forbindelsene gitt i rådata minus naftalen (disyklisk forbindelse). Benzo(j)fluoranten inkluderer verdien for benzo(k)fluoranten. Andel finstoff ble bestemt ved våtsikting og TOC ved hjelp av en CHN-elementanalysator etter at karbonater var fjernet i syredamp. Metallene (bortsett fra kvikksølv) ble bestemt på ICP etter oppløsning i salpetersyre. Kvikksølv ble bestemt med kalddampeteknikk. Ekstraksjon av PCB og PAH i sedimentene ble gjort ved en teknikk kalt "Accelerated Solvent Extraction". Metoden baserer seg på ekstraksjon av vått sediment med en blanding av organiske løsningsmidler (diklormetan:cyklohexan i forhold 1:1) under høyt trykk og temperatur. Prøveekstraktene ble rensset med bl.a. gel permeasjonskromatografi for analyse. De klororganiske komponentene bestemmes med GC/ECD mens PAHene ble analysert ved hjelp av GC/MSD. TBT bestemmes ved at prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjonskromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gaskromatografi og atomemisjons-deteksjon GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden. Oljekomponenter (THC) bestemmes ved at prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med en blanding av n-pentan og metanol. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for fjerning av svovel og polare forbindelser. Ekstraktet analyseres på en kapillærkolonne i gaskromatograf med flammeionisasjonsdetektor (GC/FID). Oljeinnholdet bestemmes ut fra alkanområdet C10-C40 ved sammenlikning med indre standard.

Tabell 1. SFTs klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske miljøgifter i sedimenter (Molvær m.fl. 1997).

Variable	Tilstandsklasser				
	I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Bly (mg Pb/kg)	< 30	30 – 120	120 – 600	600 – 1500	> 1500
Kadmium (mg Cd/kg)	< 0,25	0,25 – 1	1 – 5	5 – 10	> 10
Kobber (mg Cu/kg)	< 35	35 – 150	150 – 700	700 – 1500	> 1500
Kvikksølv (mg Hg/kg)	< 0,15	0,15 – 0,6	0,6 – 3	3 – 5	> 5
Sink (mg Zn/kg)	< 150	150 -700	700 – 3000	3000 – 10000	> 10000
TBT (µg/kg)	< 1	1 – 5	5 – 20	20 – 100	> 100
Σ PAH (µg/kg)	< 300	300 – 2000	2000 – 6000	6000 – 20000	> 20000
Σ PCB ₇ (µg/kg)	< 5	5 – 25	25 – 100	100 – 300	> 300

2.2.4 Fast-fase-ekstraksjon (POM-SPE)

Ved væske/væske-ekstraksjon bestemmes totalt innhold av PAH i sedimenter (se ovenfor), mens POM-SPE-analysen (Plastic polyoxymethylene – solid phase extraction) gir den løste fraksjonen. Biotilgjengeligheten av PAH i sedimentet reduseres ved adsorpsjon til organisk stoff og spesielt til sot ("Black carbon"; Corneliessen og Gustafsson 2004). Fordelingskoeffisienten K_{OC} er derfor ikke en konstant og den ikkeadsorberte (biotilgjengelige) fraksjonen av PAH kan være betydelig lavere enn den som kan beregnes med K_{OC} -verdier fra risikoveilederen.

Partikkeladsorpsjon og biotilgjengelighet av PAH ble analysert med fast-fase-ekstraksjon av POM utført i henhold til Cornelissen og Gustafsson (2004).

Følgende analyse ble utført på sedimenter innsamlet fra 3 stasjoner i Lundevågen (F4, F13 og F18). To g sediment (vått) og 1 g POM ble overført til flasker og tilsatt 315 ml destillert vann. I tillegg ble en flaske kun tilsatt POM og vann (blank). Deretter ble alle flaskene satt på ristebord. Etter 28 døgn (likevekt i trefase-systemet: partikler \Leftrightarrow vann \Leftrightarrow POM) ble sediment og vann helt av slik at kun POM var igjen i flasken. Denne ble tatt ut med en pinsett og skylt forsiktig i destillert vann. Deretter ble POM overført til et glødet begerglass før 40 ml Sykloheksan og internstandard (200 ng av deutererte PAH-komponenter) tilsatt. Glasset ble så satt i ultralydbad i 30 minutter, før det ble satt i ro over natten. Deretter ble glødet Na_2SO_4 tilsatt for å fjerne vann fra vaskingen. Sykloheksanekstraktet ble dekantert over i et inndampingsrør før ekstraktet ble dampet inn til 200 μ l før analyse på GC-MS (gasskromatografi og massespektrometri). Deteksjonsgrensen var 2 ng/POM.

Av resultatene fra POM-analysene vil man kunne gi et estimat for stedeegne fordelingskoeffisienter for likevekten sediment \Leftrightarrow vann (K_d). Dette er basert på følgende (Jonker og Koelmans 2001):

$$Q_{tot} = C_s M_s + C_w V_w + C_p M_p$$

hvor: Q_{tot} er total mengde av en gitt PAH i systemet (μ g).
 C_s er konsentrasjonen av forbindelsen i sedimentet (μ g/kg tørrvekt).
 M_s er massen av det tilsatte sedimentet (kg tørrvekt)
 C_w er konsentrasjonen i vannet (μ g/L; ukjent)
 V_w er volumet av vann tilsatt (L)
 C_p er konsentrasjonen i POM'en (μ g/kg; analysert)
 M_p er massen av POM (kg)

Man har følgende fordelingskoeffisienter i systemet:

$$K_d = C_s/C_w; K_p = C_p/C_w$$

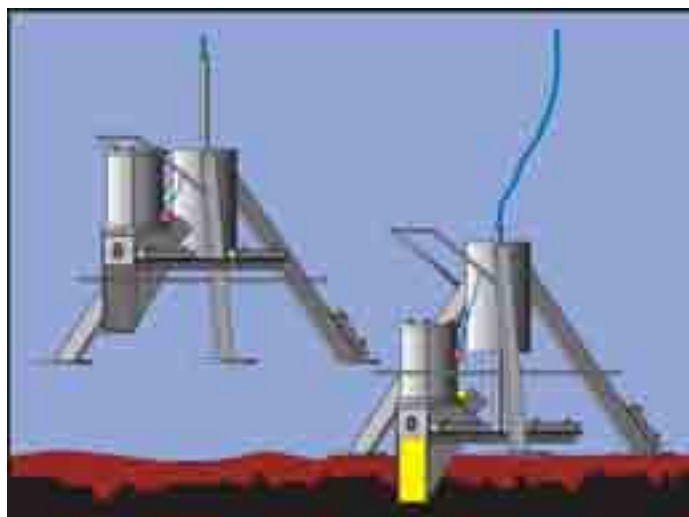
Man kan derfor uttrykke:

$$K_d = \frac{1}{M_s} \left(\frac{K_p Q_{tot}}{C_p} - M_p K_p - V_w \right)$$

Verdier for K_p for flere PAHer er gitt av Jonker og Koelmans (2001). Disse forfatterne påviser også at K_p er proporsjonal med stoffenes oktanol: vann-fordelingskoeffisient (K_{ow}). Denne sammenhengen er gitt ved ligningen: $\log K'_p = 0,72 \times \log K_{ow} + 0,39$. Man kan dermed regne ut K'_p for de øvrige PAHene.

2.3 Sedimentprofilfotografering (SPI)

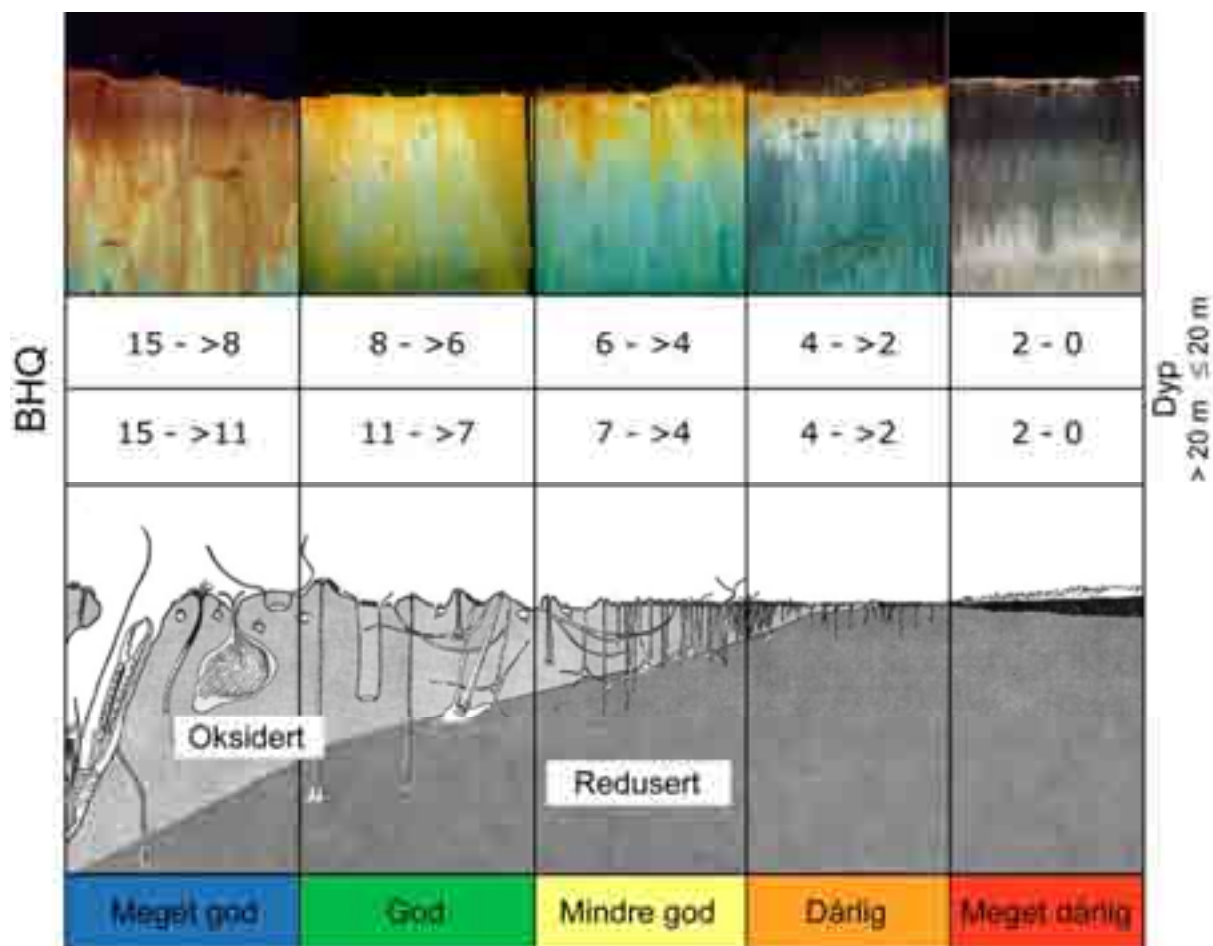
NIVA har tatt i bruk en ny metode for kartlegging og klassifisering av marin bløtbunn ved hjelp av sedimentprofilkamera (Sediment Profile Imaging; SPI).



Figur 5. Prinsippkisse for SPI-kamera. (Venstre: Kamera og rigg over bunnen. Høyre: Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og bildet eksponeres).

Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de 20 øverste cm av sedimentet. Bildet (17,3 cm bredt og 25 cm høyt) tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben (**Figur 5**). Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses 20 cm ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil hvilket til sammen utgjør prismet. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger i overflatesedimentet.

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunaganger og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. Indeksen (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks), varierer på en skala mellom 0 og 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson & Rosenbergs klassiske modell for faunaens suksjonsstadium. Fra denne modellen kan bunnmiljøet klassifiseres i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (**Figur 6**).



Figur 6. Miljøstressgradient, inndelt i miljøkvalitetsindeksen (BHQ-indeks) for marine sedimenter med en klassifisering tilpasset EUs vannrammedirektiv (Nilsson og Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004).

2.4 Risikoanalyse – Gjennomføring og begrensninger

Risikoanalyse av sedimenter har blitt utført trinnvis etter risikoveilederen. Beregningene er utført med begrensninger i forhold til risikoveilederen som vist i kap. 2.4.1, 2.4.2 og 2.4.3. For beregninger av risiko har kun data innsamlet i denne undersøkelsen blitt benyttet. Analyser av risiko er utført for hver enkelt stasjon i alle trinn og for de forskjellige områdene i trinn 2 og 3 (**Figur 3**).

2.4.1 Trinn 1

- Toksitetester er ikke utført.

2.4.2 Trinn 2

- Normalisering av øvrige data og/eller grenseverdien er utført ved å multiplisere K_d -verdien i veilederen med % TOC i prøven i henhold til bakgrunnsdokumentet til risikoveilederen (Breedveld m.fl. 2005).
- $63\mu\text{m}$ -fraksjonen er blitt benyttet siden $2\mu\text{m}$ fraksjonen er svært kostbar og vanskelig å måle, jf. anbefalinger gitt i risikoveilederen. Dette vil dermed være en konservativ fremgangsmåte siden en større del av sedimentet beregnes (fsusp) å virvle opp i forbindelse med skipsanløp. Fraksjonen $63\mu\text{m}$ inkluderer $2\mu\text{m}$ fraksjonen + $2\text{--}63\mu\text{m}$ fraksjonen, som vanligvis er en betydelig større del av sedimentet enn kun $2\mu\text{m}$ fraksjonen. En høyere del oppvirvlet sediment i vannet vil gi høyre konsentrasjoner av miljøgifter i vann og en høyere risiko for spredning (se note **Tabell 3**).
- Hersedimenttoksitetester er ikke utført.
- Bioakkumuleringsforsøk er ikke utført.
- Oppholdstid for sjøvann i de forskjellige bassengene er beregnet gjennom NIVAs fjordmodell (Bjerkeng 1994).

2.4.3 Trinn 3

- Bestemmelse av steds spesifikke fordelingskoeffisienter (K_d) for PAH ved 3 stasjoner (F4, F13 og F18). Disse K_d -verdiene er brukt ved andre stasjoner normalisert til TOC.
- Normalisering av øvrige data og/eller grenseverdier er utført gjennom å multiplisere K_d -verdien i veilederen med % TOC i prøven i henhold til bakgrunnsdokumentet til risikoveilederen (Breedveld m. fl. 2005).
- $63\mu\text{m}$ -fraksjonen er benyttet i stedet for $2\mu\text{m}$ -fraksjonen.
- Hersedimenttoksitetester er ikke utført.
- Bioakkumuleringsforsøk er ikke utført.
- Oppholdstid for sjøvann i de forskjellige bassengene er beregnet gjennom NIVAs fjordmodell (Bjerkeng 1994).

3. Resultater og diskusjon

3.1 Sedimentkjemi

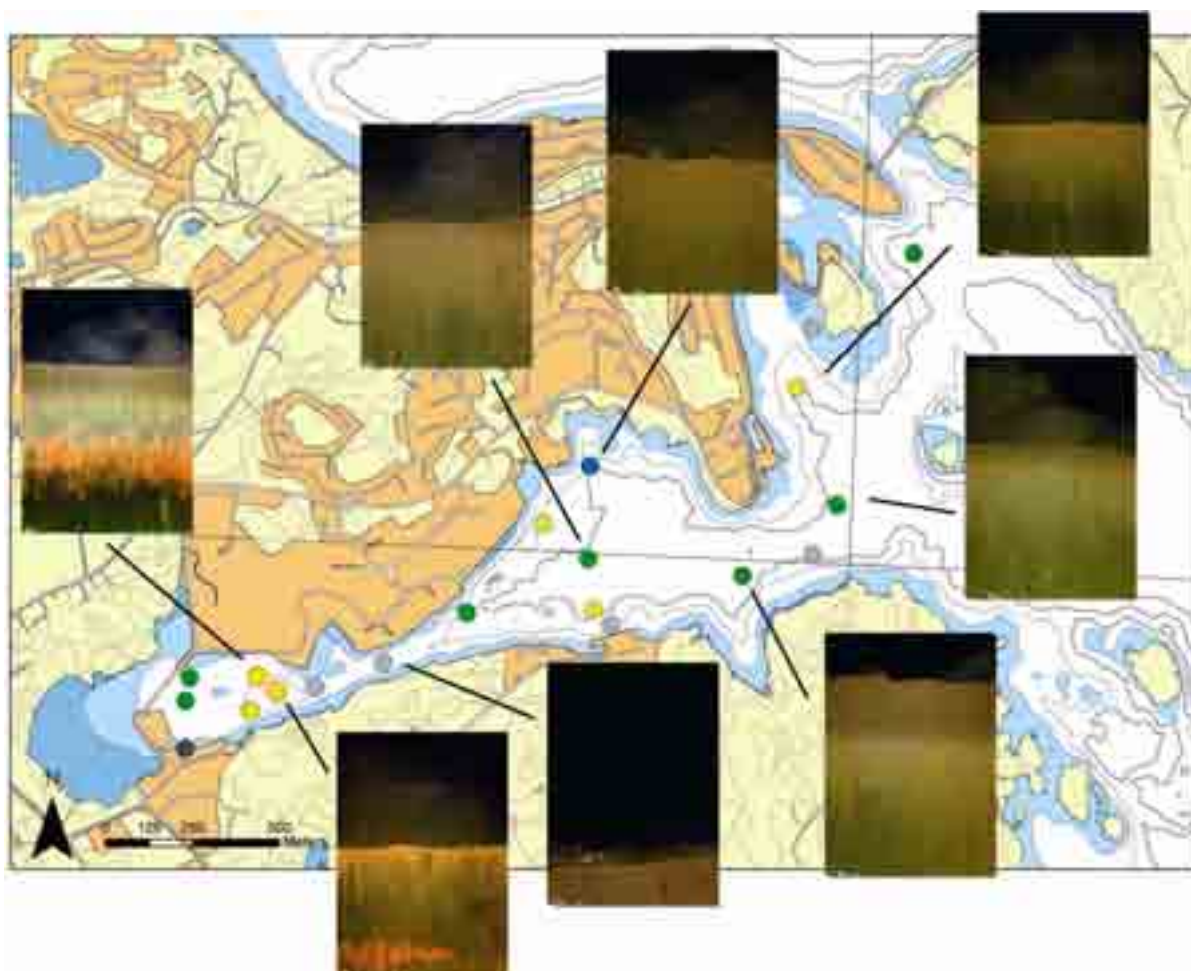
Posisjoner, vanddyb, sedimentforhold og analyse av SPI-bilde er gitt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Posisjoner, vanddyb, sedimentforhold og beskrivelse av analyse av sedimentprofilbilde.

Stasjon	Felldata				H2S	Kjemidata			SPI			
	Latitude	Longitude	Dyp (m)	Sedimentstruktur		TTS%	Korn <63µm	TOC%	RPD	BHQ-index	Tilstandsklasse	Habitat
F2	58,07968	6,77412	0,5	sand		78,0	2	0,11				
F3	58,08032	6,77452	2,0	sand		63,0	10	2,11				
F4	58,08017	6,78082	15,0	silt, leire		46,0	43	2,57				
F5	58,08073	6,77927	17,0	silt, leire		50,0	68	2,28	3,7	8		2
F6	58,08133	6,77943	15,0	silt, leire		52,0	40	1,32	3,8	7		2
F7	58,08052	6,78245	15,0	silt, leire		29,0	65	5,68	2,7	6		3
F8	58,08118	6,78558	15,0	sand, skjell								Skjellgrus
F9	58,08188	6,78885	19,0	sand, skjell		54,0	20	2,50				Skjellgrus
F10	58,08193	6,78982	17,0	sand, skjell								
F11	58,08262	6,79358	25,0	sand, skjell								
F12	58,08323	6,79285	22,0	silt, leire		29,0	82	4,66	3,9	9		2
F13	58,08303	6,79988	25,0	silt, leire								Skjellgrus
F14	58,08343	6,79905	31,0	silt, leire		33,0	65	4,38	4,2	8		3
F15	58,08472	6,79868	32,0	silt, leire					4,0	8		2
F16	58,08560	6,79645	24,0	silt, leire		53,0	62	1,81	2,7	6		3
F17	58,08417	6,80352	35,0	silt, leire								
F18	58,08543	6,80047	33,0	silt, leire		28,0	91	4,73				
F19	58,08642	6,80137	33,0	leire								
F20	58,08713	6,79862	20,0	silt, leire		31,0	52	4,86	4,3	10		1
F21	58,08820	6,79823	9,0	sand, skjell		59,0	14	3,15				
F22	58,08292	6,80630	20,0	sand, silt, leire		51,0	22	3,20				
F23	58,08442	6,80623	25,0	sand, silt, leire					4,6	9		2
F24	58,08655	6,80317	31,0	silt, leire								
F25	58,08502	6,80963	37,0	leire		33,0	57	4,56				Skjellgrus
F26	58,08543	6,80695	40,0	sand, silt, leire								
F27	58,08807	6,80650	5,0	silt, leire	X	29,0	39	8,64				
F27.2	58,08862	6,80666	8,0			19,2	31	11,70				
F28	58,08520	6,81260	38,0	leire								
F29	58,08632	6,81072	40,0	silt, leire		30,0	68	4,14	3,0	8		2
F30	58,08823	6,81070	37,0	leire		31,0	46	4,83				
F31	58,08957	6,80785	20,0	sand, skjell								
F32	58,09082	6,80762	20,0	sand, skjell		64,0	12	1,75				
F33	58,09167	6,80677	14,0	sand, silt, leire								
F34	58,08612	6,81553	37,0	leire								
F35	58,08995	6,80968	14,0	sand, skjell								
F35	58,08995	6,80968	16,0	sand, silt, leire								
F36	58,09042	6,80855	19,0	sand, skjell		70,0	10	0,73				
F37	58,09087	6,80925	4,0	sand								Skjellgrus
F39	58,09352	6,80713	8,3	silt, leire		61,0	14	1,77				
F40	58,09430	6,80590	5,3	sand								
F41	58,08418	6,82260	37,0	leire, skjell								
F42	58,08562	6,81743	43,0	silt, leire		27,0	85	5,33				
F43	58,08925	6,81443	33,0	leire		33,0	70	3,45				
F44	58,09280	6,80897	4,0	sand, silt, leire		62,0	18	2,51				
F45	58,09408	6,80795	9,0	sand, silt, leire		49,0	22	3,63				
F46	58,09475	6,80762	5,0	sand, silt, leire		56,0	14	2,82				
F47	58,09507	6,80570	5,0	sand								
F48	58,08838	6,82052	25,0	silt, leire								
F49	58,09317	6,81098	7,0	sand, silt, leire		20,0	25	11,50				
F50	58,09162	6,81782	63,0	silt, leire								
F51	58,09288	6,81407	37,0	leire					3,0	1		2
F52	58,08903	6,82602	65,0	silt, leire		28,0	80	5,50				
F53	58,08940	6,82200	52,0	silt, leire								
F54	58,09378	6,81705	33,0	sand, silt, leire		60,0	8	1,08				
FC1.1	58,07955	6,77703	2,0	sand		74,0	6	0,46				
FC2	58,08105	6,78372	26,0	silt, leire		20,0	95	3,35	1,8	6		3
FC3	58,08507	6,80357	35,0	silt, leire		20,5	89	5,31				
FC4	58,08932	6,80858	27,0	silt, leire		46,0	48	2,58	2,5	7		3
FC5	58,08703	6,81322	40,0	silt, leire		19,7	88	5,35				
FC6	58,08518	6,83040	105,0	leire, skjell								

3.2 Sedimentprofilfotografering (SPI)

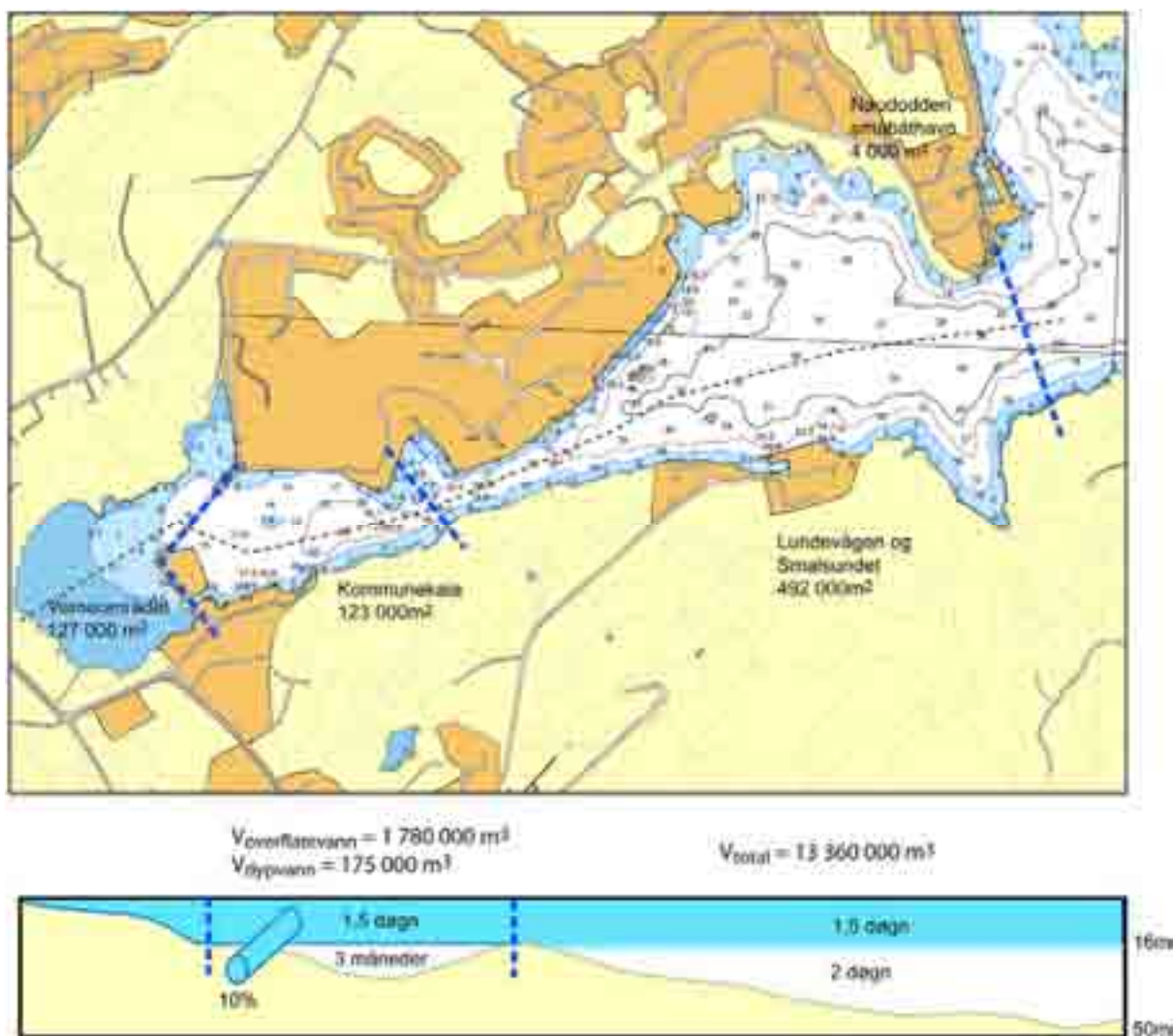
På totalt 20 stasjoner ble det tatt 4 sedimentprofilbilder per stasjon for å kunne gi en karakterisering av bløtbunnsfauna og kvantifisering av bioturbasjon i området (**Figur 7**). I de dypere delene av Lundevågen og Byfjorden ble bløtbunnsfauna og sedimentforholdene klassifisert som meget gode til gode i henhold til BHQ-indeksen. I de grunnere områdene og innerst i Lundevågen (Kommunekaia) ble bløtbunnsfaunaen klassifisert som mindre god. I gjennomsnitt er det bioturberte laget ca. 3 cm dypt. Ved to stasjoner i kommunekaioområdet ble et oransje sjikt (sannsynligvis industrislam) observert på 7-16 cm dyp.



Figur 7. Tilstandsklasser av bløtbunnsfauna i henhold til BHQ-indeksen (**Figur 6**, Rosenberg m. fl. 2004) og sedimentprofiler fra Farsund. Oransje ring rundt klassefarge = oransje sjikt. Grå symboler representerer sandbunn.

3.3 Hydrografi

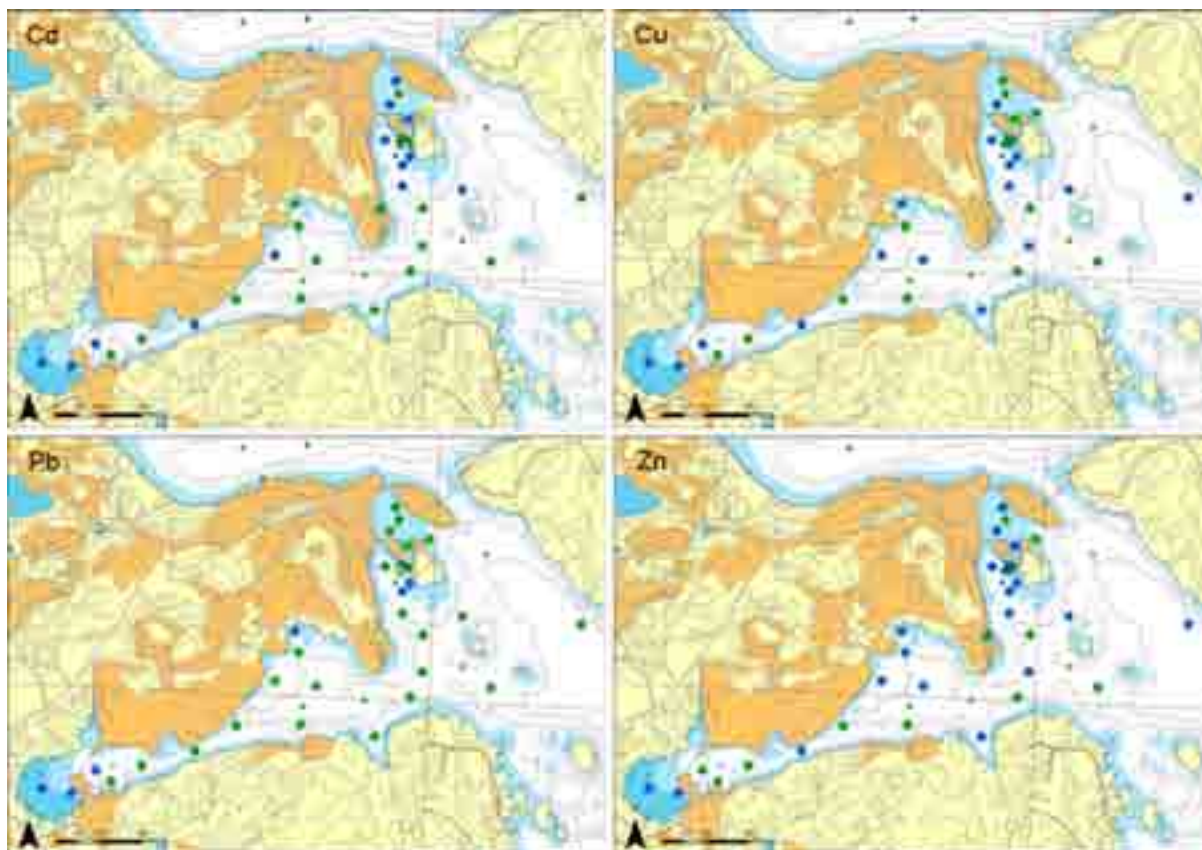
Oppholdstid for sjøvann i de forskjellige bassengene i Lundevågen er beregnet etter NIVAs fjordmodell (Bjerkeng 1994). I **Figur 8** vises de forskjellige bassengene Lundevågen, Kommunekaia og Verneområdet og hvilken oppholdstid vannmassene har. Oppholdstiden for vann i ytre del av Lundevågen beregnes til mellom 1 til 3 døgn, mens oppholdstiden for vann i indre Lundevågen påvirkes av terskelen. Dette medfører at vann under terskeldyp på ca. 16 m har en oppholdstid på ca. 3 måneder.



Figur 8. Vannvolum og oppholdstid for vann i de forskjellige bassengene samt dybdeforhold i Lundevågen. Påvirkningen fra pumping av kjølevann til aluminiumsverket beregnes til ca. 10 % av den totale vannutskiftningen i det indre bassenget (Kommunekaia).

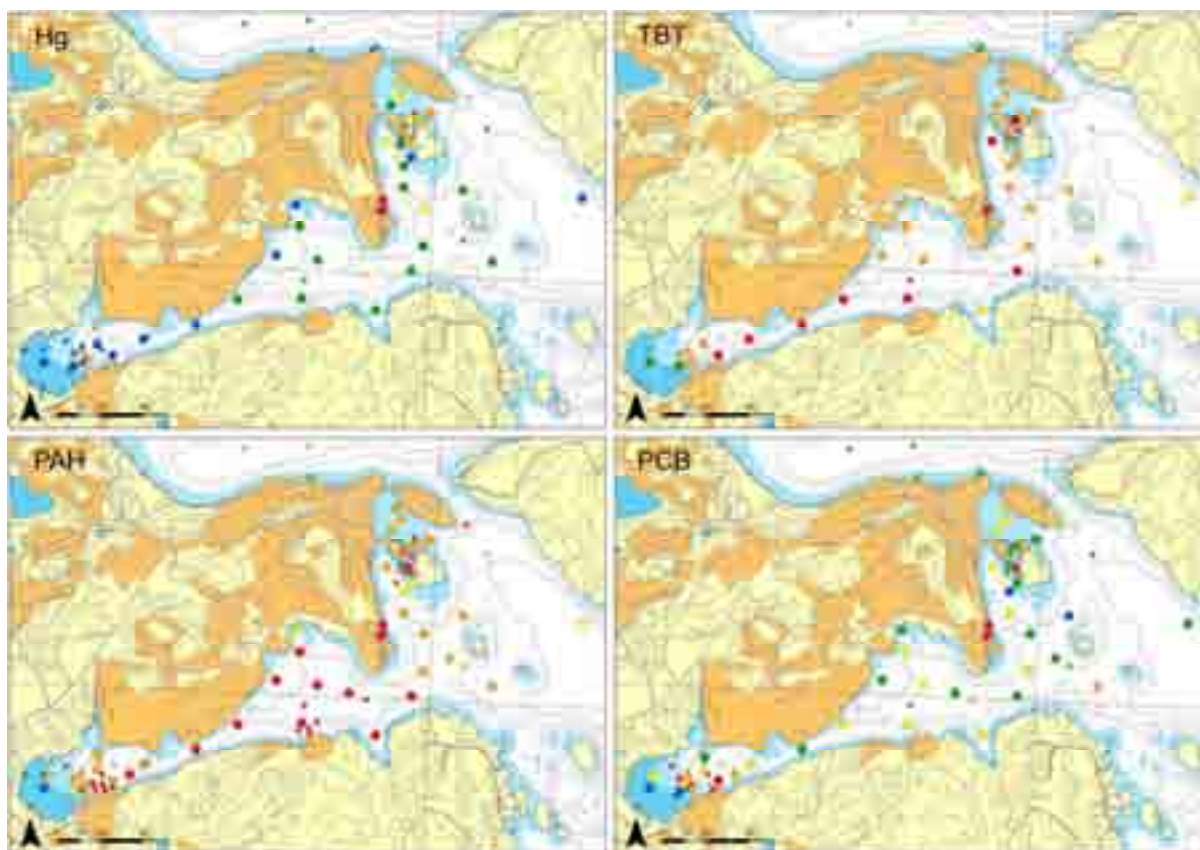
3.4 Tilstandsklasser for miljøgifter

I Vedlegg 9.1 vises rådata av sedimentanalyser. Den geografiske fordelingen i området og tilstandsklassifisering av metallene kadmium, kopper, bly og sink er vist i **Figur 9**. Generelt var innholdet av metaller høyest nær byområdet og Naudodden småbåthavn. Markert forurenset av kadmium er enkelte stasjoner i området rundt Engøy. Markert forurenset sediment av kopper ble observert kun ved Naudodden småbåthavn. Markert forurenset sediment av bly ble observert ved Naudodden småbåthavn og Engøy. Det ble kun observert ubetydelig til moderat forurensete sedimenter av sink.



Figur 9. Fordeling av kadmium (Cd), kopper (Cu), bly (Pb) og sink (Zn) i overflatesedimentet (0-2cm) i Farsundsområdet basert på SFTs klassifisering av miljøkvalitetskriterier (**Tabell 1**. Molvær m. fl. 1997). Store symboler: nye data, små symboler: eldre data.

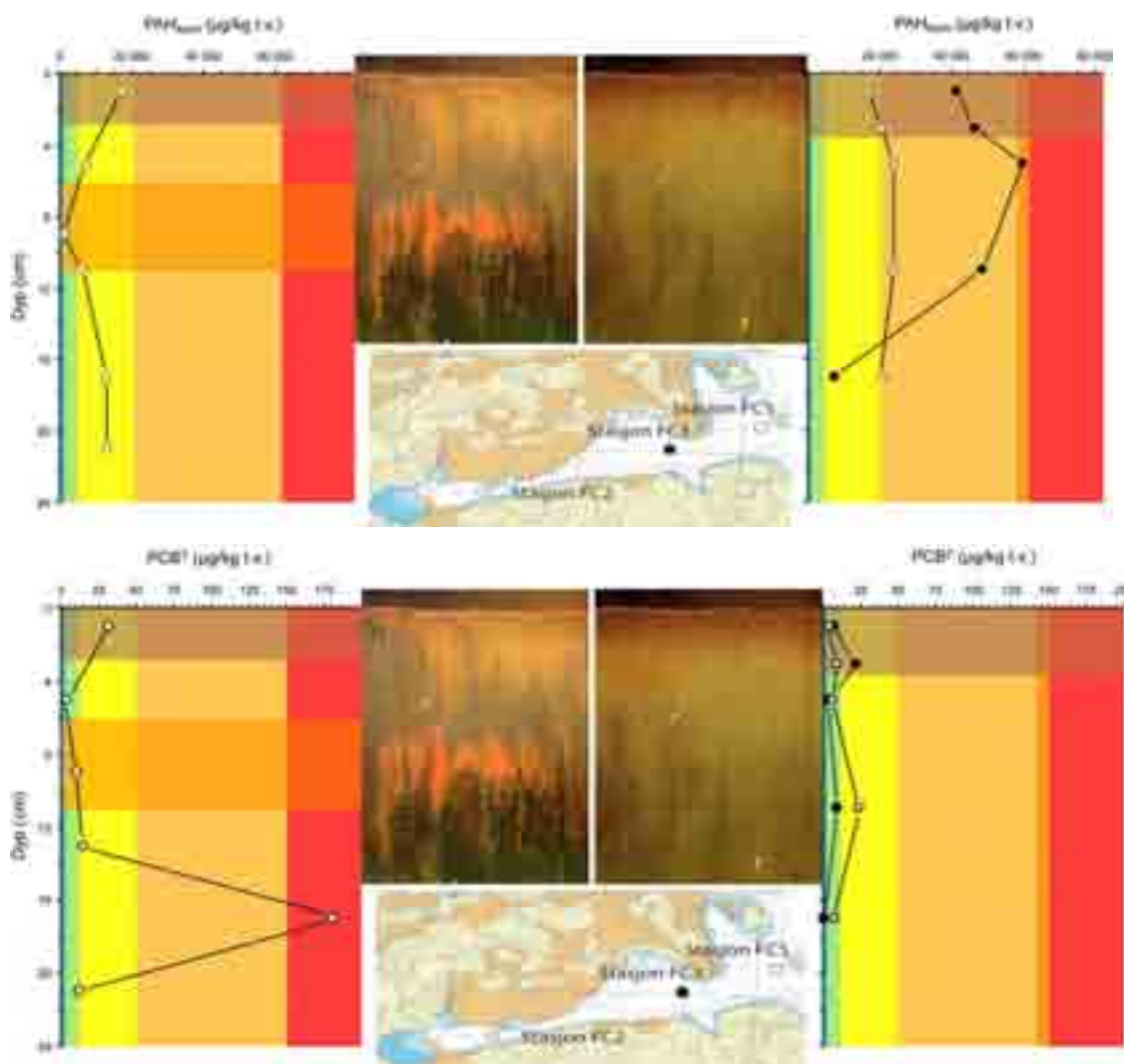
Den geografiske fordelingen i området og tilstandklassifisering av kvikksølv, tributyltinn (TBT), sumPAH og PCB₇ er vist i **Figur 10**. Av metallene hadde kvikksølv de høyeste konsentrasjonene (meget sterkt forurenset). Høye konsentrasjoner av kvikksølv ble observert rundt Engøy og Naudodden småbåthavn. Høye konsentrasjoner (markert til meget sterkt forurenset) av tributyltinn ble observert i hele området med unntak av det vernede området innerst i Lundevågen. Høye konsentrasjoner (markert til meget sterkt forurenset) av PAH ble observert i hele området med unntak av området innerst i Lundevågen. Høye konsentrasjoner (sterkt til meget sterkt forurenset) av PCB₇ ble observert fremfor alt ved Kommunekaia og Naudodden småbåthavn. Tidligere har like høye konsentrasjoner av PCB₇ blitt observert ved Engøy.



Figur 10. Fordeling av kvikksølv (Hg), tributyltinn (TBT), sumPAH og PCB₇ i overflatesedimentet (0-2cm) i Farsundsområdet basert på SFTs klassifisering av miljøkvalitetskriterier (**Tabell 1**. Molvær m. fl. 1997). Store symboler: nye data, små symboler: eldre data.

3.5 Kjerneprøver

I **Figur 11** vises PAH og PCB₇-konsentrasjonen i sedimentet ved stasjon FC2 nær Kommunekaia (6 snitt: 0-2, 4-6, 8-10, 10-12, 16-18 og 20-22 cm) og stasjon FC3 i sentrale Lundevågen og FC5 Byfjorden (5 snitt: 0-2, 2-4, 4-6, 10-12 og 16-18 cm). Et oransje sjikt ble observert nede i sedimentet på stasjon FC2 mellom 6 og 9 cm dyp (Analyse av SPI-bildet). I området har det tidligere blitt beregnet en sedimentasjonsrate på ca. 4 mm per år (Næs og Bjerkeng 2003). Dette antyder at det oransje sjiktet ble dannet for ca. 15 år siden (6 cm dyp fra overflaten).



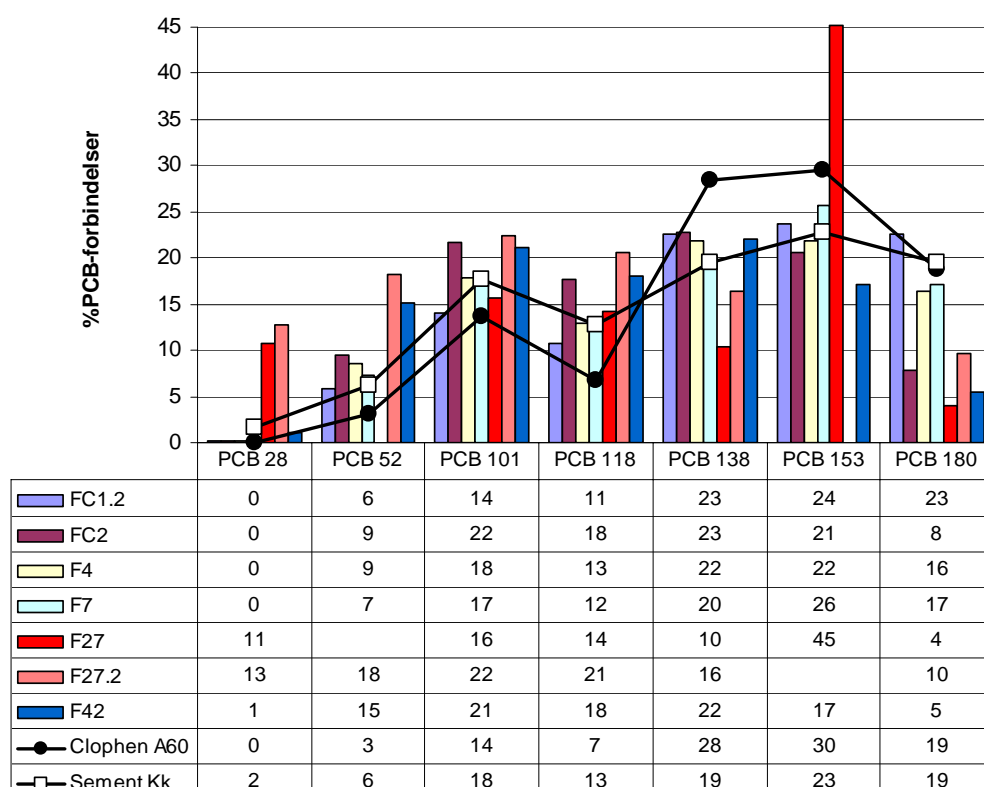
Figur 11. Fordelingen av PAH og PCB₇ fra de 3 stasjonene FC2, FC3 og FC5 i forskjellige snitt i sedimentet sammenlignet med et SPI-bilde (FC2 til venstre og FC3/FC5 til høyre). Vertikalt fargede bånd i diagrammet = SFTs tilstandsklasser (**Tabell 1**, Molvær m. fl. 1997). Horisontale fargebånd i diagrammet indikerer middeldypet av den aktive biologiske sonen (RPD) og det oransje sjiktet (FC2).

Ved stasjon FC2 avtar konsentrasjonen av både PAH og PCB₇ i det oransje sjiktet ved 6 til 11 cm dyp. Dette sjiktet kan delvis ha fungert som et dekke og/eller fortynning av eldre mer kontaminert sediment. Hva dette sjiktet konkret inneholder, er ikke kjent (inneholder dog ikke PAH eller PCB₇), men skyldes trolig utslipp til området. Tilsvarende sjikt ble observert nærmere nordlige kai i bukta (se **Figur 7**).

I kjernen fra stasjon FC3 i Lundevågen ble maks. PAH-konsentrasjonen observert i 4-10 cm dyp og PCB₇ maks. i 2-4 cm dyp. I kjernen fra stasjon FC5 i Byfjorden ble maks. PAH-konsentrasjon observert i 4-6 cm dyp og PCB₇ maks. i 10-12 cm dyp. Resultatene fra Kommunekaia (FC2) tyder på at tilførselen av PCB₇ har avtatt i forhold til hva den var før det oransje sjiktet ble dannet, men ikke i forhold til et tidspunkt svarende til ca. 20 cm sedimentdyp. Det gjelder ikke for PAH. Ved stasjonene FC3 og FC5 kan dog en avtagende PCB₇- og PAH-konsentrasjon observeres mot sedimentoverflaten.

3.6 PCB₇-profil

I forbindelse med fase 1-undersøkelsen ble det observert at PCB-profilen i 3 enkelprøver tatt ved Engøy slipp er lik handelsproduktet Clophen 60 (Vinje og Sødal 2003). Ikke noen av prøvene fra foreliggende undersøkelse har tilsvarende profil. Fremfor alt er det stasjonene F27 og F27.2 ved Naudodden småbåthavn og F42 i Byfjorden som skiller seg ut fra PCB-profilen for Clophen 60. Det er god overensstemmelse mellom PCB-profilen fra sementprøven (Sement Kk) på undersiden av Kommunekaia og de to nærliggende stasjonene F4 og F7 (**Figur 12**). Dette tyder på at sementen i kaia kan være kilden til de høye sedimentkonsentrasjonene ved kommunekaiområdet. PCB ble ikke målt i kaia ved Naudodden småbåthavn.

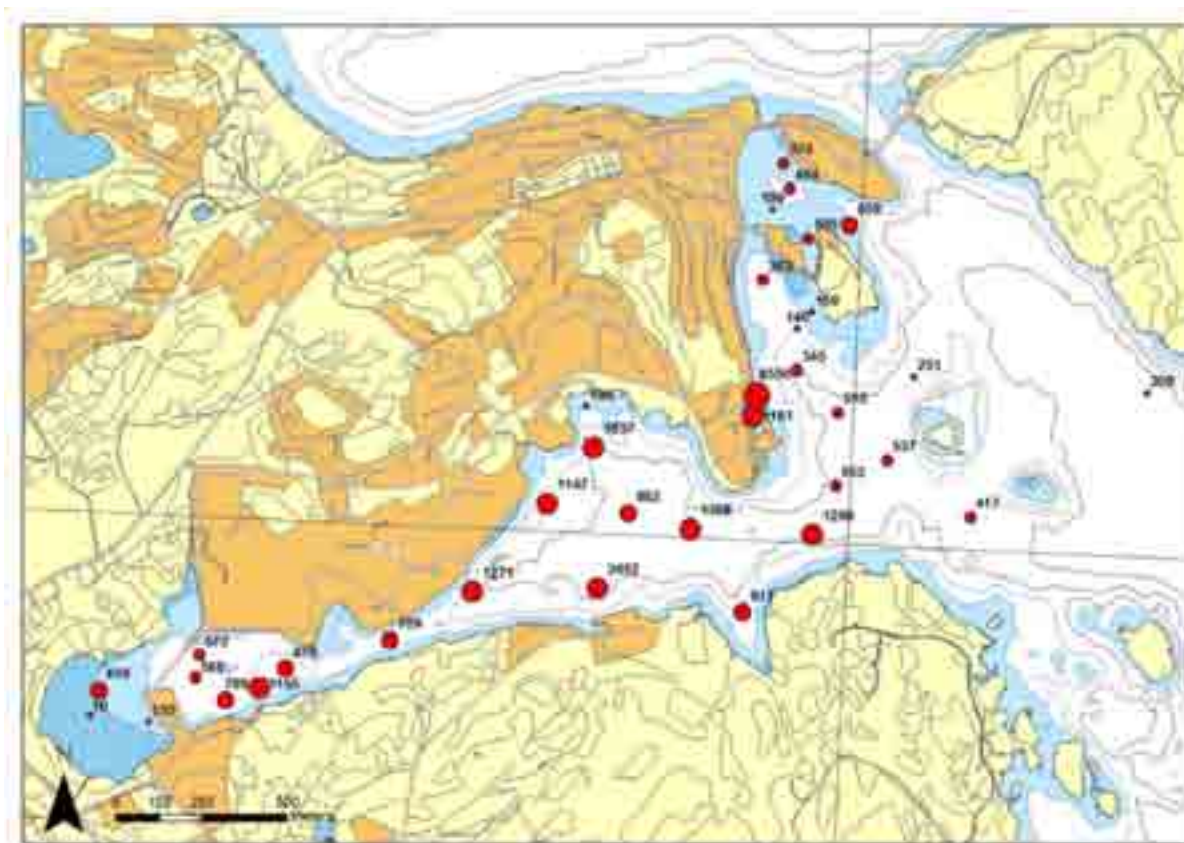


Figur 12. PCB₇-profiler (%PCB₇-forbindelser) i diagram og tabellform fra 7 stasjoner med de høyeste PCB₇-konsentrasjonene i denne undersøkelsen. Profilen for handelsproduktet Clophen 60 og fra en blandprøve av sementen fra undersiden av Kommunekaia er også vist. I rapporten fra fase 1 (Vinje og Sødal 2003) viste det seg at profilen fra Clophen 60 samsvarte med profilen av PCB ved Engøy.

4. Risikoanalyse

4.1 Trinn 1

I **Figur 13** vises summen av de forskjellige stoffenes risikobidrag (RIp = Risiko Indeks per prøve) beregnet ut fra risikoveilederen. (I **Vedlegg 9.2** vises de enkelte stoffenes risikobidrag). Risikoanalysen i trinn 1 henviser til 2 problemområder og et mer generelt problem med hensyn på høye verdier av TBT og PAH i hele området. Den høyeste overskridelsen er observert ved den lille småbåthavna på Naudodden (RIp = 6550) og den laveste verdien er observert i Verneområdet (RIp = 10).



Figur 13. Beregnet total risikoindeks fra analyserte prøver i denne undersøkelsen. Tallet angir antall ganger den totale risikoen overskrider grenseverdien for de forskjellige stoffene som er analysert på de forskjellige stasjonene. Størrelsen på punktet illustrerer størrelsen på risikobidraget (delt inn i 5 klasser; 0-300, 300-600, 600-1000, 1000-2500 og >2500).

4.2 Trinn 2

Tabell 3 viser inngangsdata for beregninger av trinn 2 og 3 i hht risikoveilederen. I trinn 2 (3) beregnes og analyseres risiko for spredning, human helse og økologi.

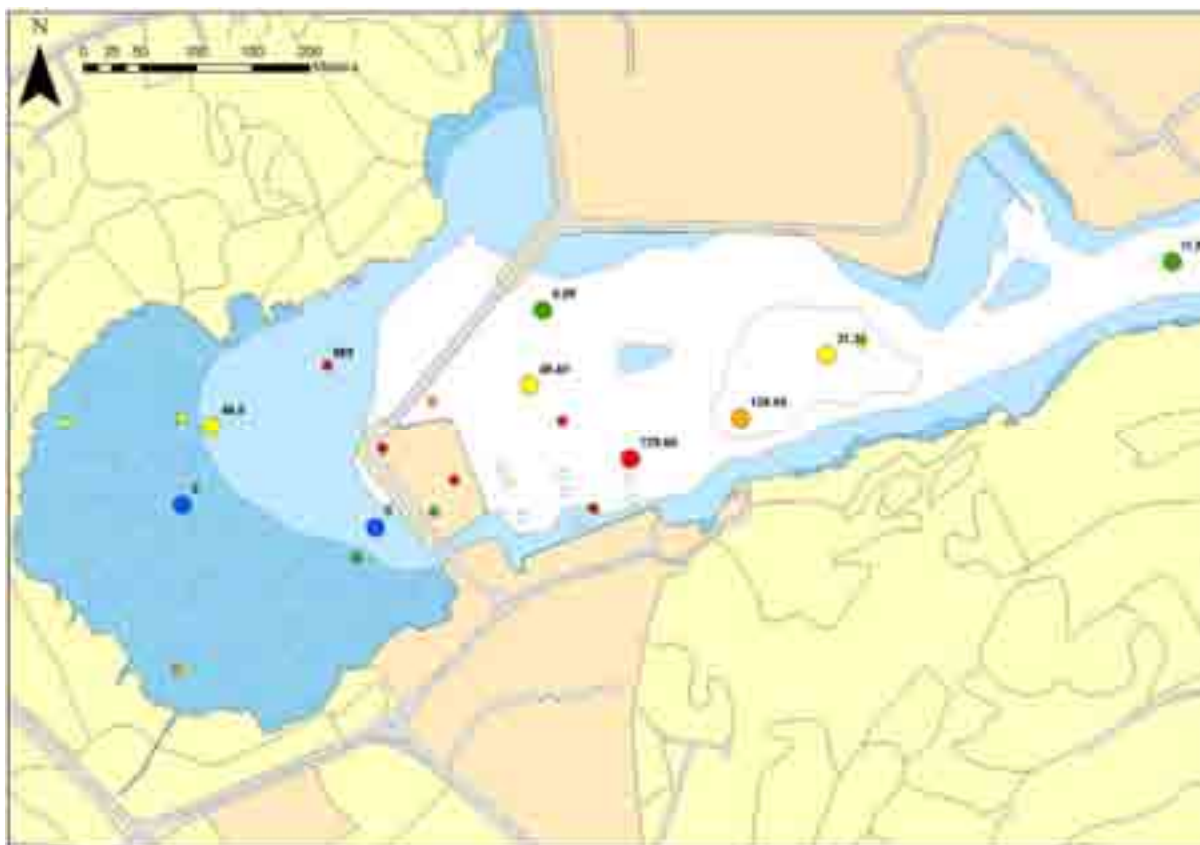
Tabell 3. Inngangsdata for risikoanalyse for respektive stasjoner.

Risikoområde	Stasjon	fsusp (<2µm)*	dsjø (m)	TOC %	Nskip skipsanløp	Ased (m ²)	tr (oppholdstid: år)	Oralt inntak sed.	Oralt inntak vann	Oralt inntak part.mtrl.	Hudkont sed.	Hudkont vann	Inntak av fisk
Verneområdet	FC1.1	0,06	2	0,5	0	127 000	0,004	1	1	1	1	1	1
	F2	0,02	0,5	0,1	0	127 000	0,004	1	1	1	1	1	1
	F3	0,10	2	2,1	0	127 000	0,004	1	1	1	1	1	1
Kommunekaia	F4	0,43	15	2,6	250	123 000	0,308	0	0	0	0	0	1
	F5	0,68	17	2,3	0	123 000	0,308	0	0	0	0	0	1
	F6	0,40	15	1,3	0	123 000	0,308	0	0	0	0	0	1
	F7	0,65	15	5,7	0	123 000	0,308	0	0	0	0	0	1
	FC2	0,90	26	3,4	0	35 000	0,005	0	0	0	0	0	1
Smalsundet	F9	0,20	19	2,5	0	35 000	0,004	0	1	1	0	0	1
	F12	0,82	22	4,7	250	457 000	0,005	0	1	1	0	0	1
Lundevågen	F14	0,65	31	4,4	0	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F18	0,91	33	4,7	0	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F22	0,22	20	3,2	0	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	FC3	0,89	35	5,3	0	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F16	0,62	24	1,8	250	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F20	0,52	20	4,9	0	457 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F21	0,14	9	3,2	0	457 000	0,004	1	1	1	1	1	1
Naudodden havn	F27	0,39	5	8,6	1	4 000	0,308	0	1	1	0	1	1
	F27.2	0,31	8	11,7	0	4 000	0,308	0	1	1	0	1	1
Byfjorden	F25	0,57	37	4,6	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F29	0,68	40	4,1	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F30	0,46	37	4,8	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F42	0,85	43	5,3	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F43	0,70	33	3,5	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	F52	0,80	65	5,5	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
	FC5	0,88	40	5,4	0	2 122 000	0,005	1	1	1	1	1	1
Søndre havn	F33	0,12	14	1,8	1	107 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F36	0,10	19	0,7	0	107 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F37	0,08	4	1,1	0	107 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	FC4	0,48	27	2,6	0	107 000	0,005	0	1	1	0	1	1
Nordre havn	F39	0,14	8	1,8	0	70 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F44	0,18	4	2,5	0	70 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F45	0,22	9	3,6	0	70 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F46	0,14	5	2,8	1	70 000	0,005	0	1	1	0	1	1
	F49	0,25	7	11,5	0	70 000	0,005	0	1	1	0	1	1

*63µm-fraksjonen er benyttet i stedet for 2µm-fraksjonen.

4.2.1 Spredning

Biodiffusjon (F_{diff}) og spredning som følge av skipstrafikk (F_{skip}). I risikoveilederen beregnes risiko for spredning som en vertikal parameter (mengde stoff per kvkm og år). Fra disse beregningene og de enkle beregningene (NIVAs fjordmodell) av vannutskiftning som er gjort i denne undersøkelsen, kan et overslag av risiko for spredning av miljøgifter beregnes. Den potensielt største risikoen for spredning av miljøgifter er fra Kommunekaioområdet til Verneområdet og/eller Lundevågen, og fra Naudodden småbåthavn til Byfjorden.



Figur 14. Spredning av PCB₇ fra Kommunekaia til Verneområdet. I figuren er stasjoner fra fase 1 markert med tilstandsklasse (farge), og stasjoner fra fase 2 med sedimentkonsentrasjon (PCB₇; µg/kg tv) og tilstandsklasse (farge) (Tabell 1. Molvær m. fl. 1997). (Stasjon M3 (fase 1) PCB₇ = 271 µg/kg, se tekst).

Spredningen av miljøgifter fra Kommunekaioområdets grunnere deler (0-16 m) til Verneområdets dypere deler (3-16 m) er i følge risikoveilederen beregnet som den totale transporten ($F_{diff} + F_{skip}$) (Figur 14). Sedimentasjonen i området er satt til 4 mm per år (Næs og Bjerkeng 2003), hvilket tilsvarer en total sedimentasjon i de dypere deler av Verneområdet på omtrent 400 000 kg. Gjennom å dele den totale transporten av en miljøgift fra Kommunekaioområdet med sedimentasjonen i de dypere områdene av Verneområdet kan sedimentkonsentrasjonen beregnes ($(F_{diff} + F_{skip})^{kommunekaia\ 0-16m} / 400\ 000kg$). Denne beregningen tilsvarer da en sedimentkonsentrasjon for metallene bly på 12 mg/kg, kadmium på 0,1 mg/kg, kobber på 12 mg/kg, kvikksølv på 0,03 mg/kg, sink på 40 mg/kg og sumPAH på 21 000 µg/kg og PCB₇ på 135 µg/kg i det 'nye' overflatesedimentet. For PAH og PCB viser dette en betydelig påvirkning. Denne beregningen bør ses på som et 'worst case'-senario og innebærer at all fluks av miljøgifter (diffusjon og oppvirvlet fluks) fra sedimentet i området sedimenterer i denne

delen av Verneområdet. Likevel overensstemmer den beregnede sedimentkonsentrasjonen for PCB₇ på 135 µg/kg med det som er blitt observert (M3= 271 µg/kg eldre data og F3 = 49,5 µg/kg nye data) i dette området.

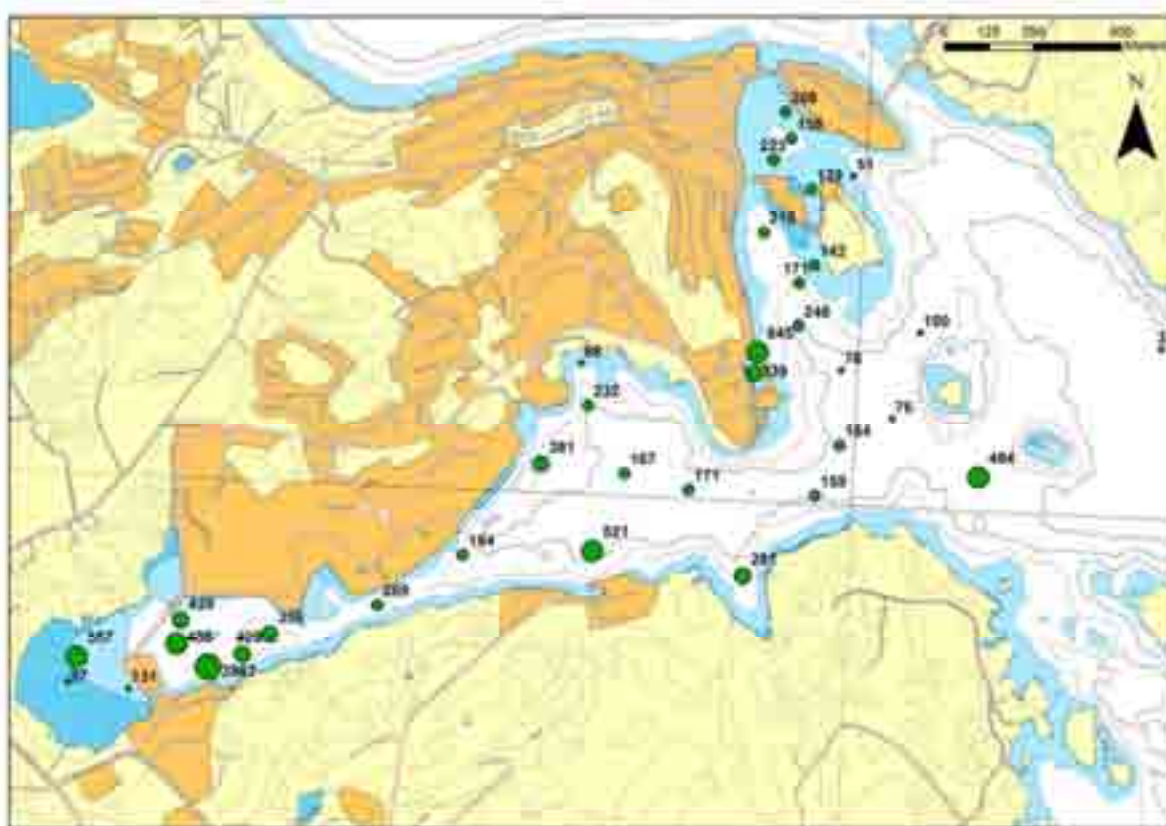
De andre omtalte spredningsrisikoene (fra Naudodden småbåthavn og Engøy) er mer vanskelige å beregne fordi 'sedimentasjonsområdet' ikke er like definert.

Spredning som følge av opptak i organismer (F_{org}). I risikoveilederen beregnes likeså spredningen av miljøgifter fra sedimentene via bunndyr (F_{org}) ved å bruke bioakkumuleringsfaktorer (BCF_{Fisk}). Disse beregningene kan også anvendes for å sammenligne sedimentkonsentrasjonene og de observerte konsentrasjonene i biota. På den måten kan sedimentet som kilde sammenlignes med andre kilder.

I **Figur 2** vises observerte PCB₇-konsentrasjoner i fisk fanget i området (Næs m.fl. 2000) som kostholdsrådet bygger på. Den høyest observerte PCB₇-konsentrasjonen for torskelever i området er 2846 µg PCB₇/kg våtvekt, hvilket kan sammenlignes med beregnet konsentrasjon av PCB₇ i biota i denne undersøkelsen. I henhold til risikoveilederen (Risikoveilederen, Trinn 2, Faktaboks 8) beregnes de høyeste PCB-konsentrasjonene i biota i denne undersøkelsen ved stasjon F4 til 3912 µg PCB₇/kg tørrvekt. Det bemerkes at i den tidligere Fase 1-undersøkelsen ble det målt høyere PCB₇-konsentrasjoner i sedimentene enn i denne undersøkelsen.

4.2.2 Human helse

I **Figur 15** vises human risiko for de enkelte stasjonene. Resultatene viser et betydelig lavere risikobidrag i trinn 2 enn i trinn 1. De høyeste summerte overskridelsene av grenseverdien i trinn 2 er 3962 og er observert ved Kommunekaia. Til sammenligning ble en overskridelse på 6550 ganger i trinn 1-analysen observert ved Naudodden småbåthavn. Den laveste summerte overskridelsen er 37 gangers overskridelse og er observert midt i Byfjorden.

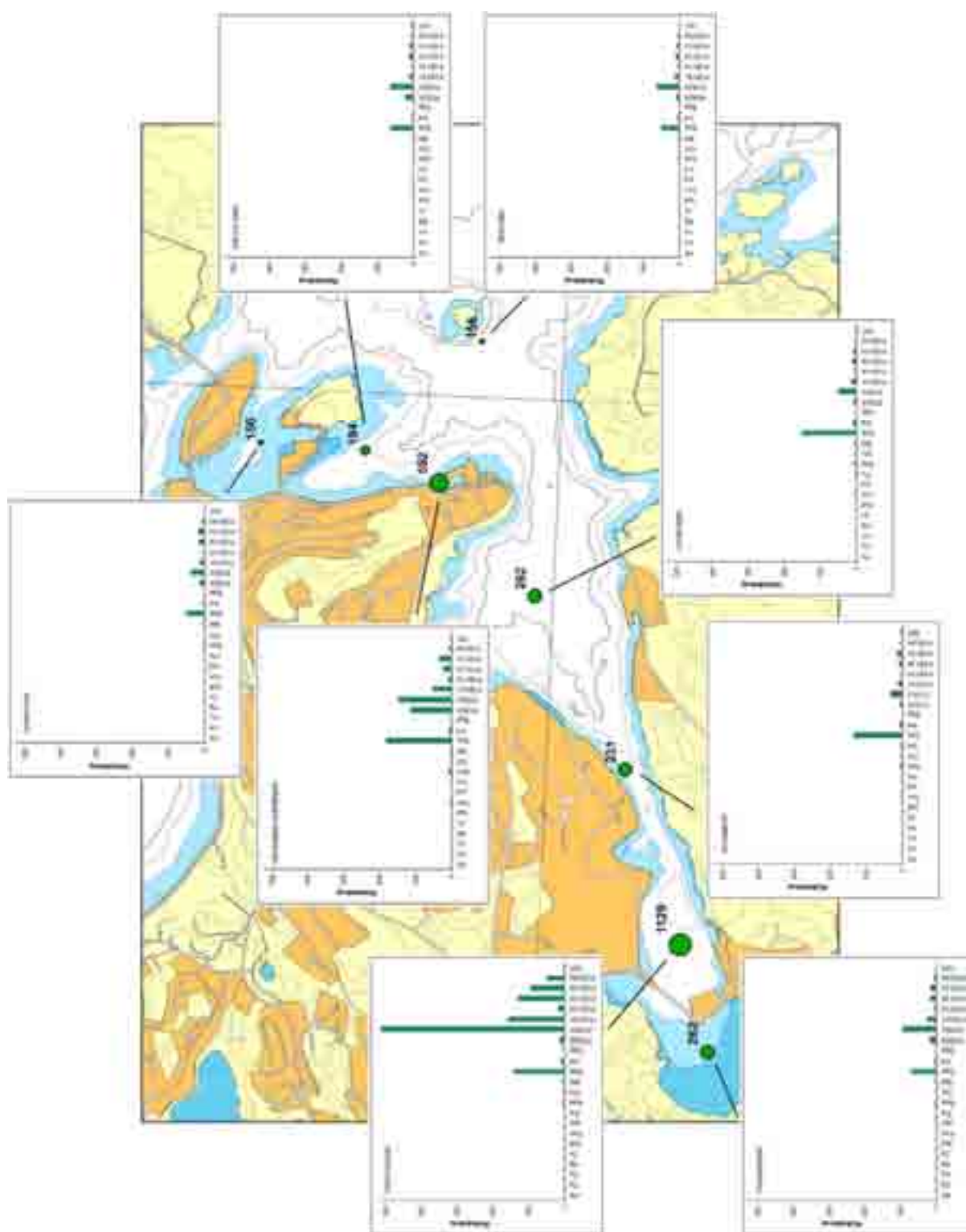


Figur 15. Human risiko for de enkelte stasjoner i henhold til trinn 2. Tallet angir antall ganger den totale risikoen (DOSE) overskrider summen av grenseverdien for de forskjellige stoffene. Størrelsen på punktet illustrerer størrelsen på risikobidraget (delt inn i 5 klasser; 0-131, 132-269, 270-426, 427-845 og >845).

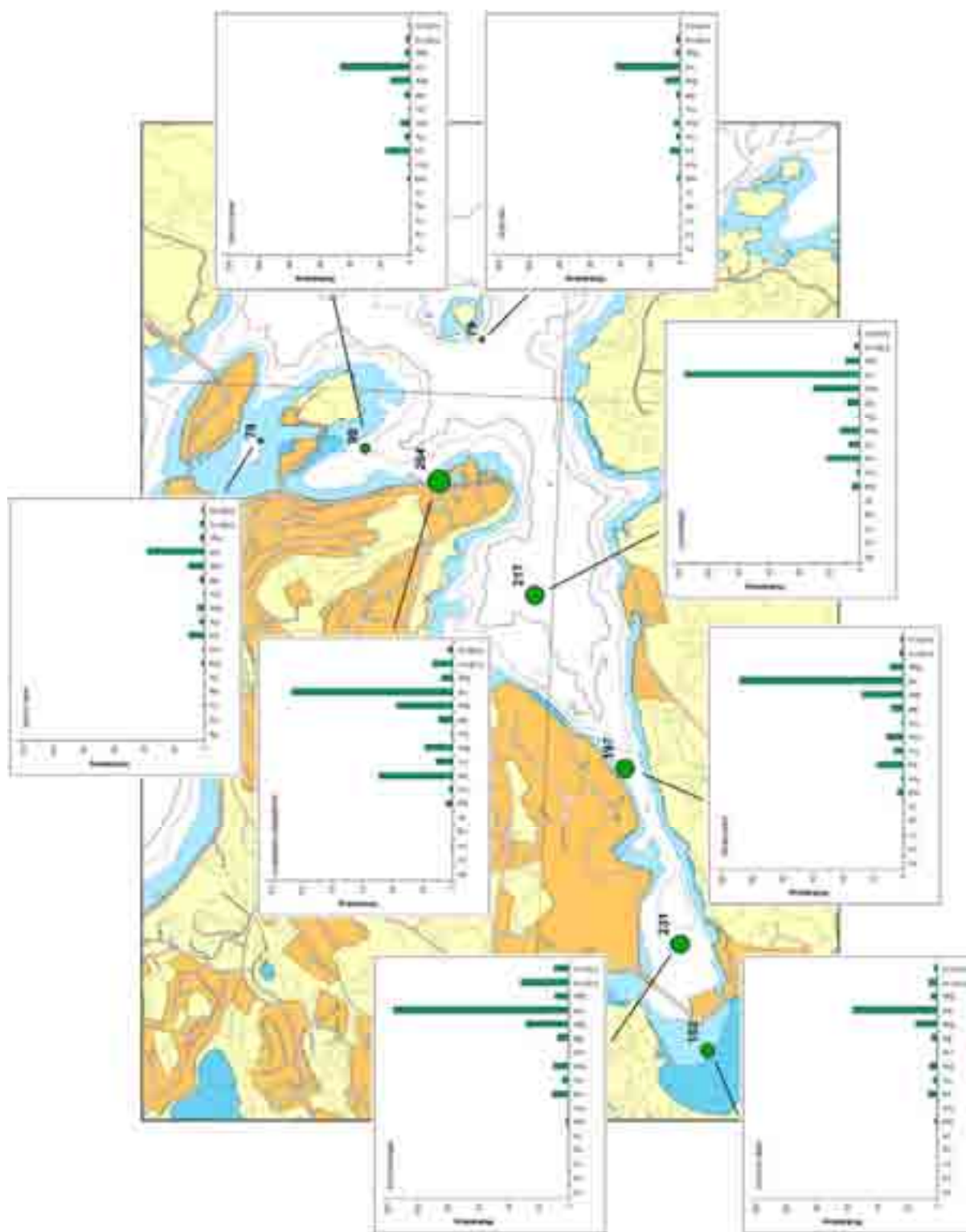
Etter risikoanalysen for de enkelte stasjonene ble hele området inndelt i 8 mindre områder (Verneområdet, Kommunekaia, Smalsundet, Lundevågen, Naudodden småbåthavn, Byfjorden, søndre- og nordre havn) med hensyn på hydrografi og beregnet risikobidrag (trinn 2). På kartet i **Figur 16** vises middlerisikoen. Videre vises også risikobidraget for de enkelte forbindelsene i de forskjellige områdene i henhold til trinn 2. Benzo(a)pyren og PCB 52 er de forbindelsene som gir det største bidraget til den summerte risikoen i hele området.

4.2.3 Økologisk risiko

I **Figur 17** vises økologisk middlerisiko i hht. trinn 2 samt bidraget fra de enkelte forbindelsene i 8 forskjellige områder. Risikoveilederen inneholder kun grenseverdien for to PCB-forbindelser, mens 10 PAH-forbindelser inngår. Det medfører at betydningen av PAH vektlegges tyngre enn PCB.



Figur 16. Beregnet human middelrisiko i hht. trinn 2 i de forskjellige områdene. Risikobidraget for de enkelte forbindelsene er vist i stolpediagram (bly, kadmium, kobber, kvikksølv, sink, naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, benzo(a)antracen, chrysen+trifenylene, benzo(jk)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylene, PCB 25, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 og PCB 180, tributyltinn).



Figur 17. Beregnet økologisk middelerisiko (fra trinn 2 i veilederen) for de forskjellige områdene. Risikobidraget for de enkelte forbindelsene er vist i stolpediagram (bly, kadmium, kobber, kvikksølv, sink, naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, chrysen+trifenylen, benzo(jk)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylen, PCB 118 og PCB 153.

4.3 Trinn 3

Risikoanalysen i trinn 3 har blitt utført på samme måte som i trinn 2, men til forskjell fra risikoberegningene i trinn 2 er stedsspesifikke konstanter (Kd) for PAH benyttet (**Tabell 4**). Dette er konstanter for styrken på partikkelbindingen av PAH. En høy faktor, vil redusere de fremregnede risikoen. Ved stasjoner der stedsspesifikke målinger ikke er utført har de beregnede Kd-verdiene fra stasjonene F4, F13 og F18 blitt benyttet og justert i henhold til totalt organisk karbon (TOC) i sedimentene.

Tabell 4. Beregnede stedsspesifikke Kd-verdier fra de 3 stasjonene F4, F13 og F18, samt gjennomsnittlig forskjell mellom beregnede Kd-verdier og Kd-verdier fra Risikoveilederen.

*Kd-verdien fra veilederen ganget med 3 (TOC %). Koeffisienten representerer forholdet mellom partikulær og løst PAH-konsentrasjon.

Stasjon	Veilederen*	F4	F18	F13	Beregnete
TOC (%)	3	2,6	4,7	7,9	Veilederen
Naftalen	30	35365	69085	903432	1,9E+04
Fenantren	510	792640	1609250	68571049	7,2E+04
Antracen	600	372720	688045	6046663	6,8E+03
Fluoranten	4545	1798652	5980408	8401328	2,6E+03
Benzo(a)antracen	18516	25851737	38776241	177943279	8,3E+03
Chrysen+trifenylen	15759	26891860	49293035	88772546	7,7E+03
Benzo(jk)flouranten	52185	27161748	59258914	82388698	2,4E+03
Benzo(a)pyren	19842	73343095	158636011	447915756	2,3E+04
Indeno(1,2,3-cd)pyren	31446	116877847	216604368	663604326	2,1E+04
Benzo(ghi)perylene	80826	35440450	74334027	311061278	3,3E+03

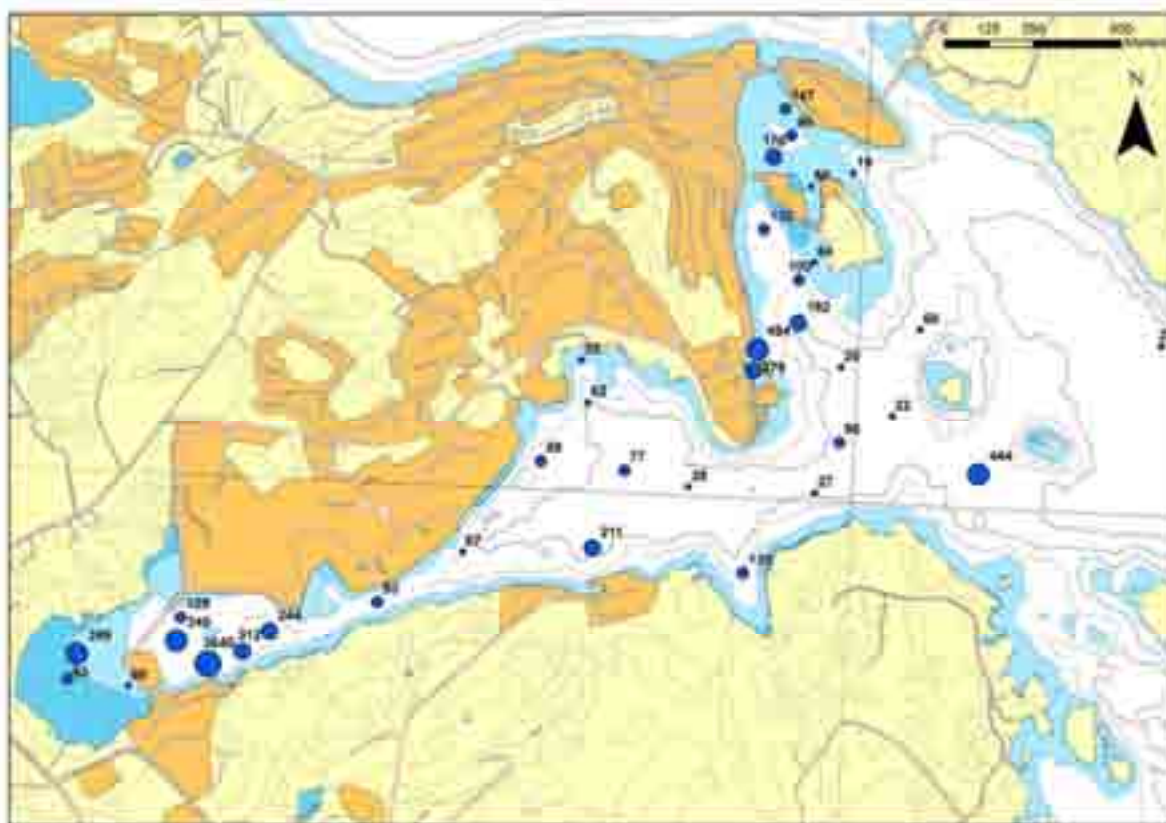
Resultatene viser at partikkeltilknytningen av PAH er betydelig sterkere enn det risikoveilederen tilsier.

4.3.1 Spredning

Se trinn 2 - 4.2.1 Spredning

4.3.2 Human helse

I **Figur 18** vises human risiko hht trinn 3 i risikoveilederen for de enkelte stasjonene basert på stedsspesifikke konstanter for PAH. Den høyest summerte overskridelsen av grenseverdien er 3840, hvilket ikke er ulikt beregningene i hht. trinn 2. Dog har overskridelsen av grenseverdien generelt minket betydelig i alle områdene unntatt ved Kommunekaia. Denne minkingen skyldes at stedsspesifikk Kd-verdi for PAH har blitt brukt i beregningen, hvilket har redusert PAHs bidrag til den summerte risikoen vesentlig. I **Figur 19** vises dette tydelig i stolpediagrammene.

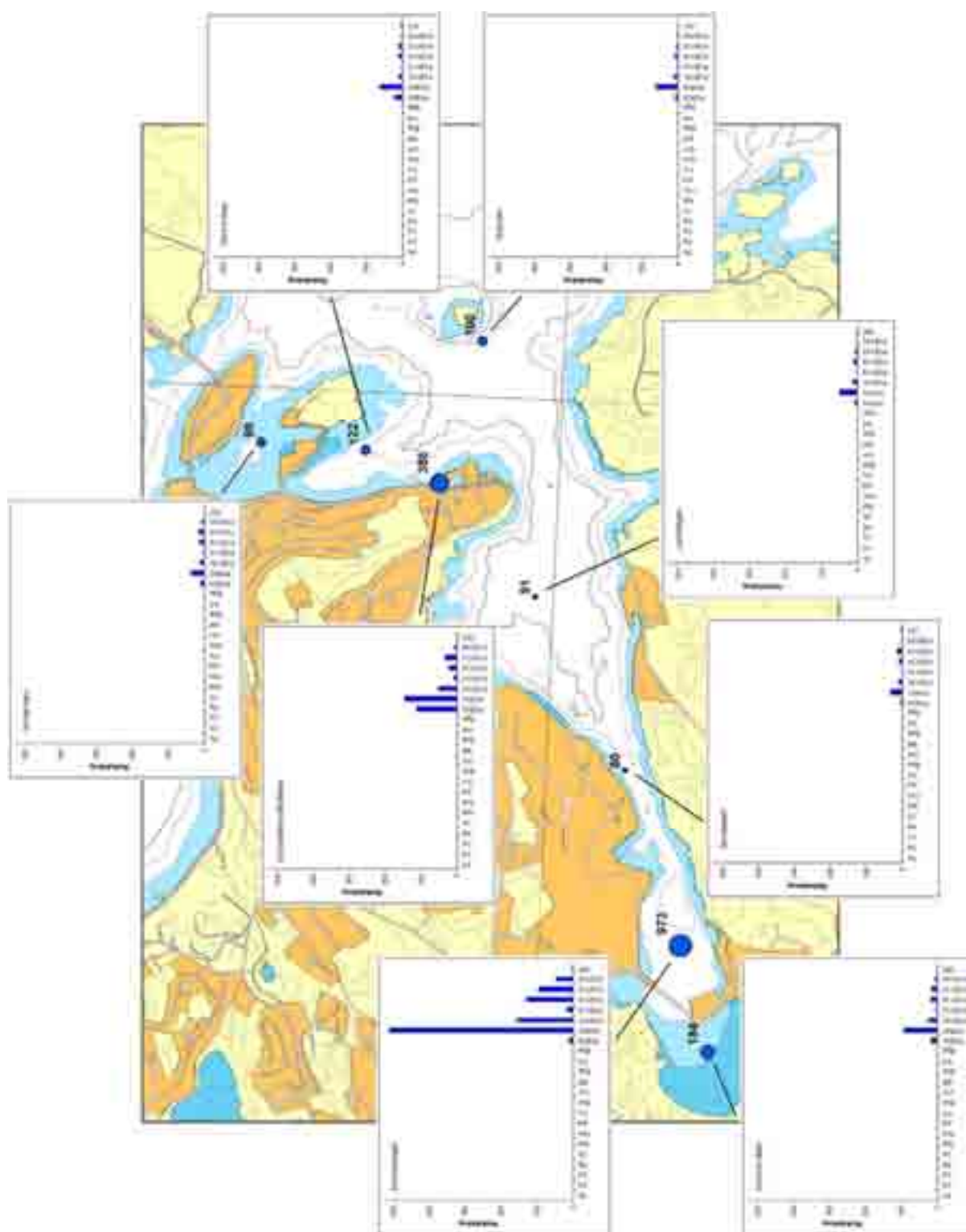


Figur 18. Human risiko for de enkelte stasjonene i henhold til trinn 3. Tallet angir antall ganger den totale risikoen (DOSE) overskrider grenseverdien for summen av de forskjellige stoffene. Størrelsen på punktet illustrerer størrelsen på risikobidraget (delt inn i 5 klasser; 0-67, 68-147, 148-312, 313-494 og >495).

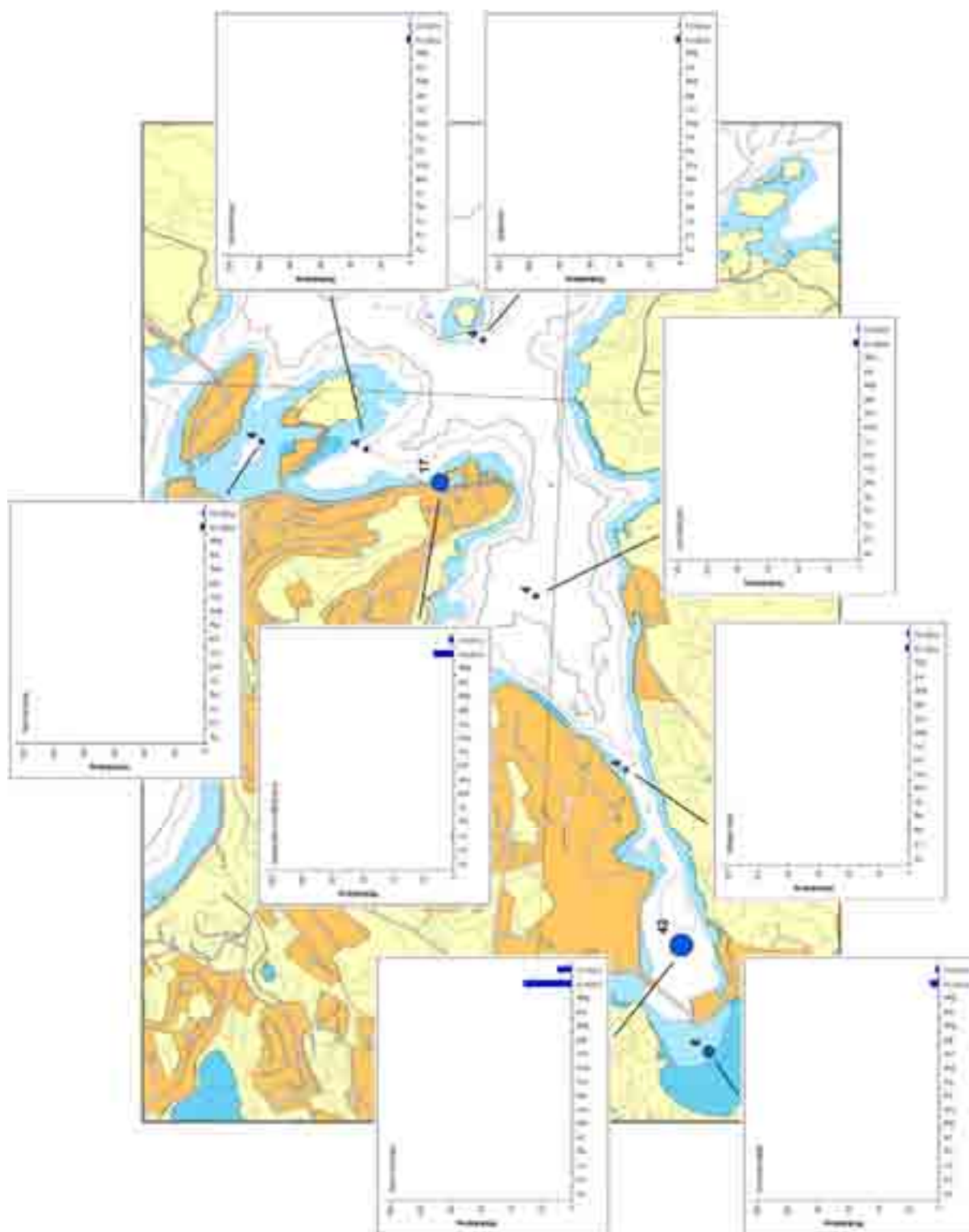
Etter risikoanalysen på de enkelte stasjonene ble hele området inndelt i 8 mindre områder (Verneområdet, Kommunekaia, Smalsundet, Lundevågen, Naudodden småbåthavn, Byfjorden, søndre og nordre havn) dvs. på samme måte som i trinn 2. I **Figur 19** vises human middelrisiko samt bidraget fra de enkelte forbindelsene for de forskjellige områdene. Når den stedsspesifikke fordelingskoeffisienten (Kd) for PAH anvendes, er PCB 52 den forbindelsen som gir det største bidraget til den summerte risikoen i hele området.

4.3.3 Økologisk risiko

I **Figur 20** vises økologisk middelrisiko i hht trinn 3 samt bidraget fra de enkelte forbindelsene for de forskjellige områdene. Siden det kun er grenseverdien for to forbindelser av PCB (PCB 118 og PCB 153), blir det summerte økologiske risikobidraget i trinn 3 lavt fordi risikobidraget fra PAH er redusert ved bruk av stedsspesifikke Kd-verdier.



Figur 19. Beregnet human middelrisiko i hht. trinn 3 for de forskjellige områdene. Risikobidraget for de enkelte forbindelsene er vist i stolpediagram (bly, kadmium, kopper, kvikksølv, sink, naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, benzo(a)antracen, chrysen+trifenylen, benzo(jk)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylen, PCB 25, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 og PCB 180, tribetyltinn).

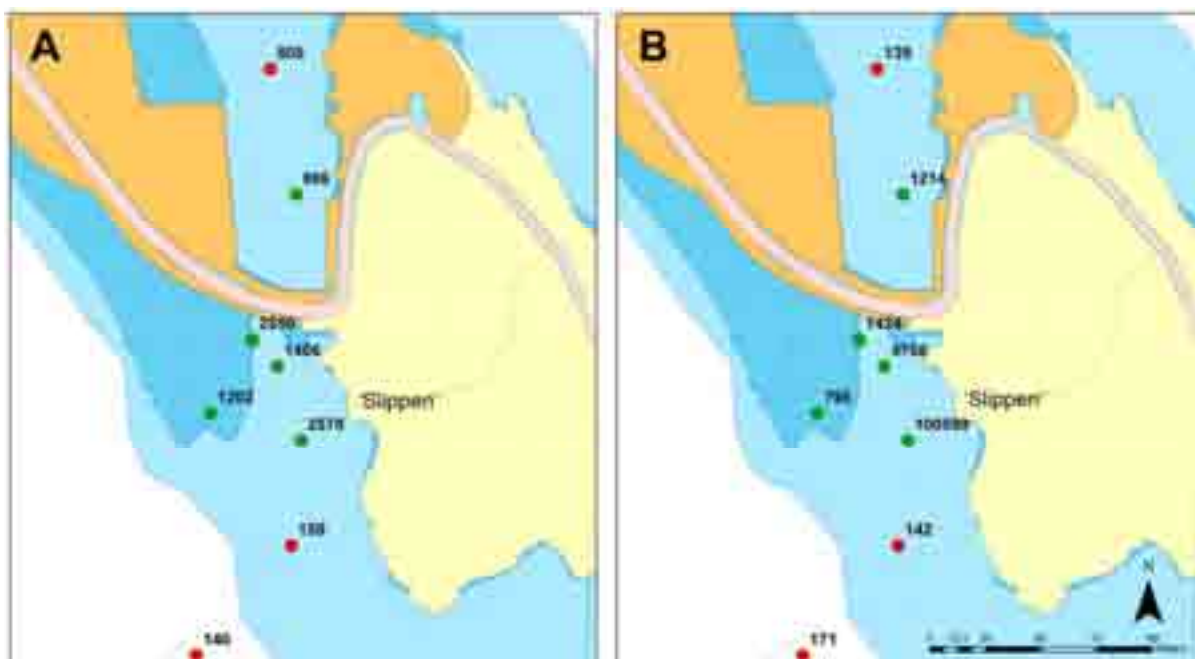


Figur 20. Beregnet økologisk middlerisiko i hht. trinn 3 for de forskjellige områdene. Risikobidraget for de enkelte forbindelsene er vist i stolpediagram (bly, kadmium, kopper, kvikksølv, sink, naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, chrysen+trifenylen, benzo(jk)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo(ghi)perylen, PCB 118 og PCB 153.

4.4 Risikoanalyse - Engøy

I **Figur 21** vises den summerte risikoen (trinn 1) samt human risiko (trinn 2) for de enkelte stasjonene nær Engøy. Trinn 2 gir i hovedsak et mindre risikobidrag enn trinn 1, bortsett fra en stasjon ved slippen hvor det klart er omvendt. Dette skyldes vesentlig høye PCB₇-konsentrasjoner observert ved denne stasjonen, hvilket gir forskjellig risikobidrag i trinn 1 i forhold til trinn 2.

Som område betraktet, er Engøyområdet betydelig forurenset. Til sammenligning med de øvrige områdene har Engøyområdet det høyeste risikobidraget selv om man tar hensyn til den stedsspesifikke Kd-verdien for PAH i trinn 3. Dog er det høye risikobidraget i hovedsak knyttet til stasjonen ved slippen. Den står for over 90 % av den samlede risikoen i området.



Figur 21. Risiko i hht. trinn 1 (A) og human risiko i hht. trinn 2 (B) ved Engøy. Beregnet risikobidrag fra prøver analysert i tidligere undersøkelser som er rapportert i Tiltaksplan - Fase 1 er gitt som grønne symboler, mens prøver fra denne undersøkelsen er gitt som røde symboler. Tallet viser antall ganger den totale risikoen overskrider grenseverdien for de forskjellige stoffene.

4.5 Oppsummering av risikoberegningene

Risikovurderingene kan oppsummeres som følger:

4.5.1 Trinn 1

- Intet område kan friskmeldes fra videre analyse til trinn 2.
- Høye overskridelser (>1000 ganger akseptert risiko) ved Kommunekaia, Lundevågen og Naudodden småbåthavn.

4.5.2 Trinn 2

- Risiko for spredning av PCB₇ fra Kommunekaioområdet og Naudodden småbåthavn.
- Den humane risikoen i trinn 2 er lavere enn risikoen i trinn 1, men fremdeles er det høye overskridelser ved Kommunekaia (>1000 ganger akseptert risiko).
- Størst risikobidrag fra benzo(a)pyren og fra PCB₇.

4.5.3 Trinn 3

- Lavere risikobidrag sammenlignet med trinn 2 på grunn av mindre bidrag fra PAH når stedsspesifikke Kd-verdier anvendes .
- Vesentlig risikobidrag kun fra PCB₇.

4.5.4 Faktorer som er viktige i beregningen av risiko

- Den viktigste forskjellen mellom trinn 1 og trinn 2 er at i trinn 1 beregnes risikobidraget fra PCB ut fra sumPCB, mens risiko fra PAH beregnes på grunnlag av 10 enkelt PAH-forbindelser. I trinn 2 beregnes risikobidraget fra PCB på grunnlag av de 7 enkelt-PCBene.
- Benyttet Kd-verdi for miljøgiftene er av meget stor betydning.
- Mengde fisk/skalldyr spist – kun inntak av fisk/skalldyr påvirker human risiko vesentlig.

5. Miljømål

Fastsettelse av miljømål er nødvendig ved planlegging og gjennomføring av tiltak mot forurensede sedimenter. Målene kan være på forskjellige nivåer, men to typer er sentrale, nemlig:

- Langsiktige forvaltningsmål
- Lokale tiltaksmål

Miljømålene bør forankres hos aktuelle interessenter. Disse er kommunen, regionale/sentrale miljøvernmyndigheter, industrien, interesseorganisasjoner og befolkningen generelt. Slik sett krever fastsettelse av miljømål både en administrativ og politisk prosess. Det er ikke gjennomført for det aktuelle tiltaksområdet.

5.1 Langsiktige forvaltningsmål

Det er viktig at de langsiktige forvaltningsmålene er helhetlige og sektorovergrepene. På den måten kan forskjellige aktiviteter i tiltaksområdet utnyttes til miljøforbedring.

Et forslag til langsiktige forvaltningsmål kan være:

- Kvaliteten av bunnsedimentene skal ikke være til hinder for utøvelse av friluftsliv, yrkesfiske, havnedrift og industriaktivitet
- Forurensede sedimenter skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet

Tiltak for å nå det langsiktige forvaltningsmålet bør på sikt bidra til at kostholdsråd kan oppheves. Man skal imidlertid merke seg at datagrunnlaget for kostholdsrådet er spinkelt. Fiskeprøvene som dannet grunnlaget for utformingen av rådet, er alle samlet inn utenfor tiltaksområdet.

5.2 Lokale tiltaksmål

Tiltak mot forurensede sedimenter gjennomføres for å redusere miljømessig risiko. Den er knyttet til risiko for:

- Spredning av forurensning
- Negativ innvirkning på human helse
- Negative effekter på økosystemet

Beregning av de forskjellige risikotypene gjøres ut fra formelverket i risikoveilederen justert i hht stedsspesifikke målinger. Risiko knyttet til human helse er i hovedsak knyttet til inntak av sjømat.

Lokale tiltaksmål er diskutert i prosjektgruppen, dvs. med representanter fra Farsund kommune, Elkem Aluminium Lista og Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Vest-Agder. Diskusjonene kan oppsummeres som følger:

- Det skal ikke være økologiske skader med opphav i sedimentene i Verneområdet innerst i Lundevågen
- Lundevågen skal være et industriområde
- Det skal være en akseptabel vannkvalitet i Lundevågen og det skal ikke være spredning av miljøgifter til området utenfor
- Det skal ikke være helsemessig risiko forbundet med å konsumere fisk fanget i det nære byområdet eller i fjordområdet utenfor

Det ble avholdt et møte med representanter fra kommunen, Bredero Price, Elkem Aluminium Lista og Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder 14. november 2005 hvor miljømålene ble diskutert. Det var generell enighet om formuleringene, men det ble påpekt vanskeligheten med økologisk mål i Verneområdet. Dette området er muligens påvirket av forurensninger fra området ved Kommunekaia.

På basis av dette og risikobetraktningene gjort tidligere i rapporten, foreslås området oppdelt med hensyn på aktuelle tiltak (se **Tabell 5**).

Tabell 5. Forslag til oppdeling av tiltaksområdet i delområder med tilhørende risikotype

Område	Delområde	Risikotype
Lundevågen	Verneområdet	Økologisk risiko
	Kommunekaia	Spredning, human helse, økologisk risiko
	Sentrale Lundevågen	Spredning, human helse
Byområdet	Nordre/søndre havn	Human helse
	Engøy slipp	Spredning, human helse, økologisk risiko
	Naudodden småbåthavn	Spredning, human helse, økologisk risiko
Byfjorden		Human helse

6. Supplerende undersøkelser - sporing av PCB-kilder

6.1 Bakgrunn

Resultatene fra risikoanalysen viste to områder (ved Kommunekaia og Naudodden småbåthavn) med høy beregnet risiko på grunn av høye PCB-konsentrasjoner i det øverste laget av sedimentene. Disse resultatene indikerte aktive kilder i områdene. Det førte til ytterligere prøveinnsamling for å spore mulige kilder. En kontroll av forurensningskilder er avgjørende for effekten av et tiltak.

6.2 Materiale og metoder

6.2.1 Prøvetaking

Fra områdene rundt Kommunekaia og Naudodden småbåthavn (se **Tabell 6**) ble det samlet inn sedimentprøver (overflaten og dypere lag), sementprøver fra kaier, prøver fra en fylling, prøver av maling og prøver fra vannmassene for kjemiske analyser. En ekstra sedimentprøve ble også innsamlet fra Byfjorden fordi en der tidligere har observert høye PCB₇-konsentrasjoner. Sedimentprøver ble innsamlet på samme måte som under hovedundersøkelsen (Se 2.2 Kjemi-prøver). Sementprøver og prøver av maling ble begge innsamlet som blandprøver (materiale fra flere punkter fra samme lokalitet ble slått sammen). Disse prøvene ble knust i en morter og ble deretter opparbeidet som sedimentprøvene. Prøver av vannmassen (2 meter over bunnen) ble innsamlet med passive prøvetakere (SPMD, SemiPermeable Membranse Devices) i løpet av ca. 1 måned (13-09-2005 til 10-10-2005). Under denne perioden var temperaturen i sjøen ca. 14°C.

Tabell 6. Type og antall prøver analysert per område.

Prøvetype	Kommunekaia	Naudodden småbåthavn	Byfjorden
Sediment (overflate)	1	4	1
Sediment (kjerne)	1	1	
Sement	4	1	
Fylling (grunn)		2	
Maling		1	
SPMD	2	2	

6.2.2 Prøvetaking med SPMD

Hver SPMD-rigg besto av en bøye festet via 8 mm tau og kjetting/sjakkell til et bunnanker. Under bøyen ble det hengt en SPMD-enhet ca. 2 m over sedimentoverflaten. Hver SPMD-enhet besto av et sylindrisk stålbur (lengde 35 cm, diameter 15 cm) med hulldiameter 6 mm. På en langsgående sentral aksel var det montert flere holdere for SPMD-membraner. Membranholderne sørger for at nesten hele membranoverflaten har kontakt med sjøvannet. Membranene ankom i forseglede metallbokser som ble åpnet rett før membranene skulle monteres i burene. Håndtering av membranene foregikk ved bruk av pinsett og engangshansker. I hvert bur ble det montert 1 membran. En "blankprøve" ble inkludert som kontroll for kontaminering ved utsetting/opptak.

6.2.3 Analyser

Se 2.2.4 Analyser (kjemi-prøver).

6.3 Resultater og diskusjon

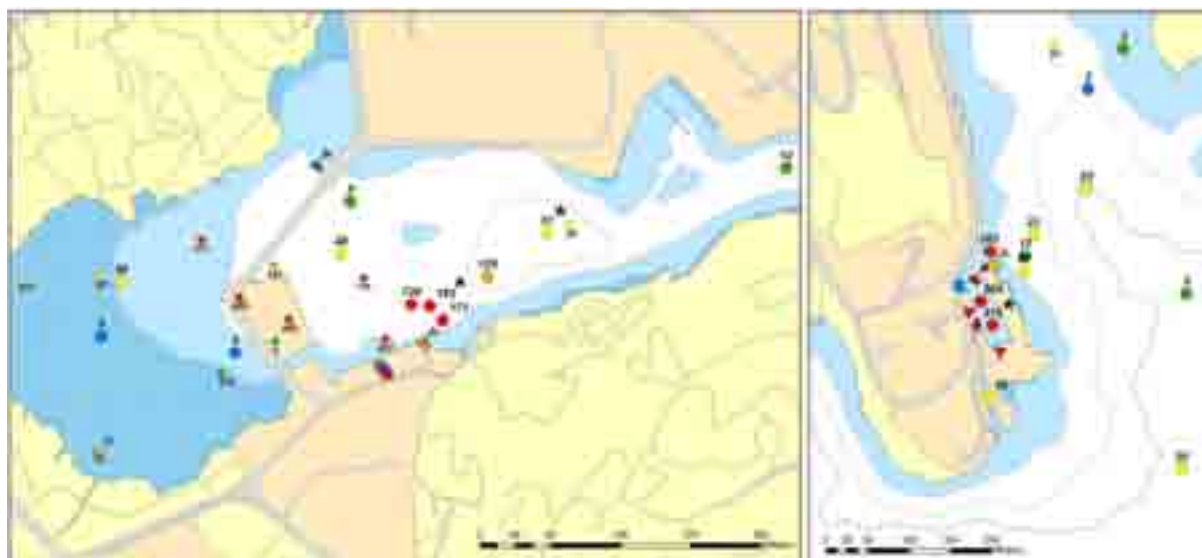
I Vedlegg 9.1 vises rådata av kjemianalyser.

6.3.1 Sedimentprøver (overflate)

Overflatesedimentet representerer partikler som er avsatt de senere årene. Den geografiske fordelingen av PCB₇ i overflatesedimentet i områdene Naudodden småbåthavn og Kommunekaia er vist i **Figur 22**. Den høyest målte konsentrasjonen av PCB₇ i området var 730 µg/kg sediment.

I nordre del av Naudodden småbåthavn ble de høyeste konsentrasjonene av PCB₇ observert i sedimentoverflaten (0-2cm) innerst i havna. Betydelig lavere konsentrasjoner av PCB₇ ble målt i den ene prøven fra den sørlige delen (se **Figur 22**). Det samme var tilfelle for stasjonene utenfor båthavna.

Overflateprøven i nærheten av stasjon F42 (Byfjordområdet) hadde betydelig lavere konsentrasjon av PCB₇ (9,8 µg/kg) enn prøven tatt tidligere fra stasjon F42 (99,5 µg/kg). Dette kan skyldes flekkvis fordeling av konsentrasjoner i området, analysefeil eller lignende.

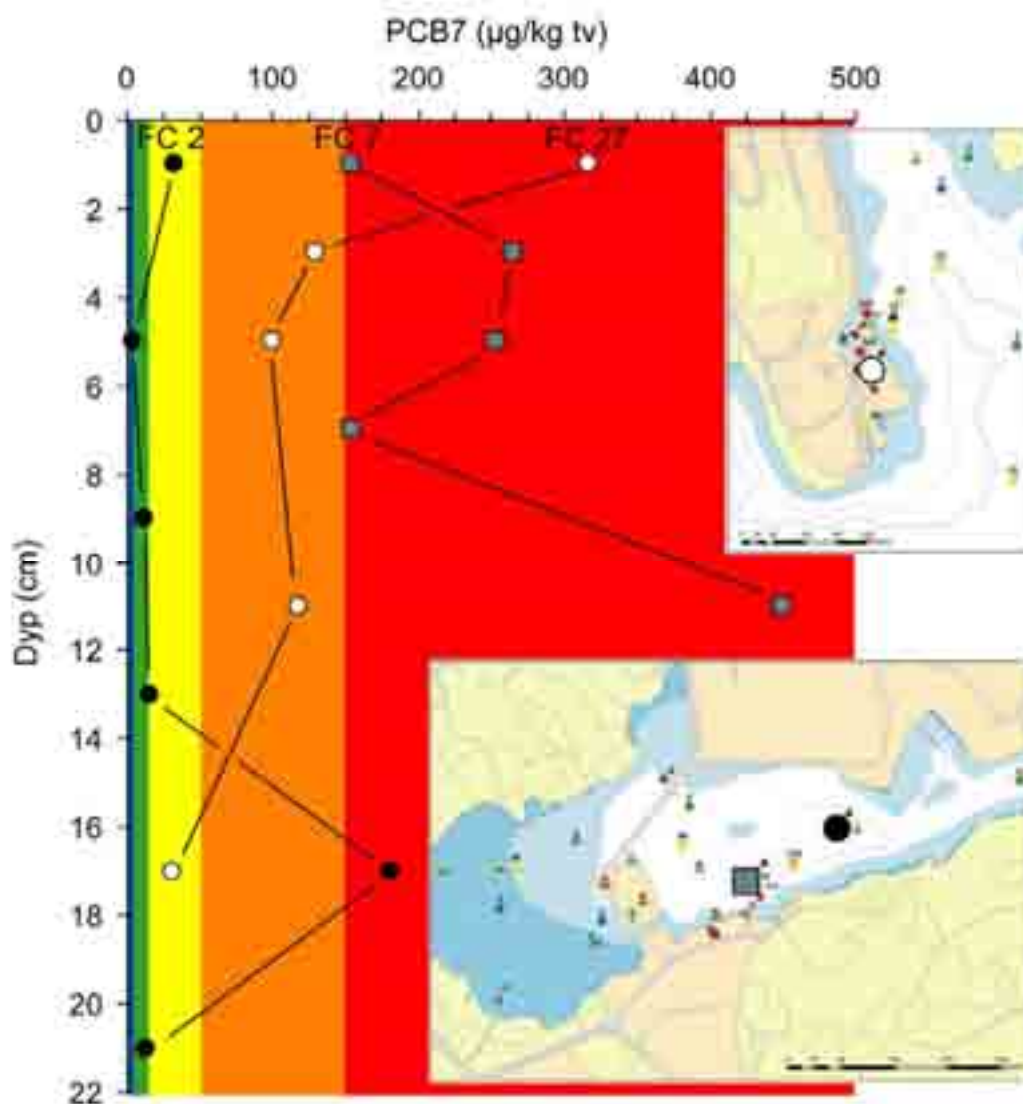


Figur 22. Fordeling av PCB₇ i overflatesedimentet (0-2cm) ved Kommunekaia (venstre) og Naudodden småbåthavn (høyre). Sedimentkjerner er markert med *. Innsamlingspunkter for prøver av sement, fylling og maling er markert med henholdsvis firkant, trekant og rombe. Plassering av SPMD-rigger for analyse av vannkonsentrasjoner er markert med bøye. Fargekoden på sedimentsymbolene er basert på SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær m. fl. 1997). Fargekode på øvrige symboler er kun relative verdier, siden det ikke finnes klassifisering for disse. Store symboler for sedimenter betyr nye data, små symboler betyr eldre data rapportert i fase 1-rapporten (Vinje og Sødal 2003).

6.3.2 Sedimentprøver (kjerner)

En sedimentkjerne representerer materiale avsatt over lang tid. Jo dypere ned i sedimentet, jo lenger tilbake i tid ble materialet avsatt. En sedimentkjerne fra hvert område ble derfor innsamlet for å studere den historiske utviklingen av sedimentenes innhold av PCB₇ (**Figur 23**). Kjerner fra området ved Kommunekaia viste to topper av PCB₇ i sedimentet, mens kjernen fra Naudodden småbåthavn viste en økt konsentrasjon mot overflaten. Begge kjernene viste at det må finnes betydelige aktive kilder i begge disse områdene.

Den høyeste konsentrasjonen av PCB₇ observert ved Kommunekaia (st. FC 7, 448 µg/kg, 10-12 cm dyp) tilsvarer toppen (16-18 cm) i kjernen fra stasjon FC 2 i den dypere delen av indre Lundevågen hvis man tar hensyn til det ca. 5 cm tykke 'oransje sjiktet' i denne kjernen (se **Figur 11**). Den grunnere toppen 2-6 cm dyp i st. FC 7 kan muligens være en effekt av arbeider på kaianlegget i senere tid.



Figur 23. Fordeling av PCB₇ i sedimentkjerner fra området ved Kommunekaia (FC 7) og Naudodden småbåthavn (FC 27). Kjernen fra den dype delen av indre Lundevågen (FC 2) er vist for sammenligning (ses også i **Figur 11**). Vertikalt fargede bånd i diagrammet viser grensene for SFTs ulike tilstandsklasser for forekomst av PCB i sedimenter (**Tabell 1**, Molvær m. fl. 1997).

6.3.3 SPMD

I Vedlegg 9.1 vises rådata fra kjemianalysene. Analyse av de passive prøvetakerne (SPMD) viste ca. 10 ganger høyere konsentrasjoner av PCB₇ inne i Naudodden småbåthavn (10,2 ng/SPMD) enn utenfor (1,2 ng/SPMD). Ved Kommunekaia ble det observert svakt høyere konsentrasjoner av PCB₇ (0,9 ng/SPMD) enn ved broa (<0,8 ng/SPMD) som skiller Verneområdet fra Kommunekaiaområdet. Resultatene bekrefter aktive kilder av PCB₇ ved Naudodden småbåthavn og muligens også ved Kommunekaia. SPMDene ble også analysert for PAH. Resultatene tyder på at det ikke er aktive punktkilder for PAH ved Naudodden småbåthavn eller Kommunekaia. Påvirkningen skyldes en mer generell spredning av PAH i hele området.

6.3.4 Sement

Totalt ble 4 sementprøver fra Kommunekaia (**Figur 24**) og 1 fra Naudodden småbåthavn analysert. PCB₇ ble ikke observert i sement innsamlet ved Naudodden eller i to av fire blandprøver innsamlet fra Kommunekaia. I de to andre blandprøvene fra Kommunekaia ble høye PCB₇-konsentrasjoner observert (11,6 og 117,1 µg/kg tv). Den store variasjonen i PCB₇-konsentrasjoner mellom sementprøvene fra Kommunekaia kan skyldes at det både er vanskelig å få representative prøver fra sementen og også at det er en stor variasjon i konsentrasjonene innenfor kaia. Deler av kaia er også restaurert på forskjellige områder/tidspunkter, noe som også kan ha ført til ulike konsentrasjoner.



Figur 24. Fotoet viser undersiden av Kommunekaia. Prøver ble innsamlet som blandprøver dels på de eldre delene av konstruksjonene og de nyere delene av kaia.

6.3.5 Fylling

Svært høye konsentrasjoner av PCB₇ (502 µg/kg tv) ble observert i prøver fra fyllingen i grusgangen (fin grus og jord) mellom båthus og det asfalterte området på sørsiden av båthusene i den nordre delen av Naudodden småbåthavn (**Figur 25**). PCB₇ ble ikke observert på vestsiden. Fyllingen i dette området besto dog mest av sement og grov grus.

6.3.6 Maling

Maling ble skrapet fra forskjellige steder (ca. 15) langs hele sør- og vestsiden av båthusene (**Figur 25**). Blandprøven inneholdt høye konsentrasjoner av PCB₇ (151 µg/kg tv). Konsentrasjonen av PCB₇ i fyllingsmaterialet var likevel 3 ganger så høye som konsentrasjonene av PCB₇ i malingen. Imidlertid ble kun en prøve av maling og to fra fyllingen analysert. Dette betyr at den observerte forskjellen i konsentrasjoner mellom maling og i materialet fra fyllingen er usikker. Dersom konsentrasjonen av PCB i fyllingsmaterialet virkelig er høyere enn i malingen, kan dette skyldes utlekking fra malingen og oppkonsentrering i fyllingen under.

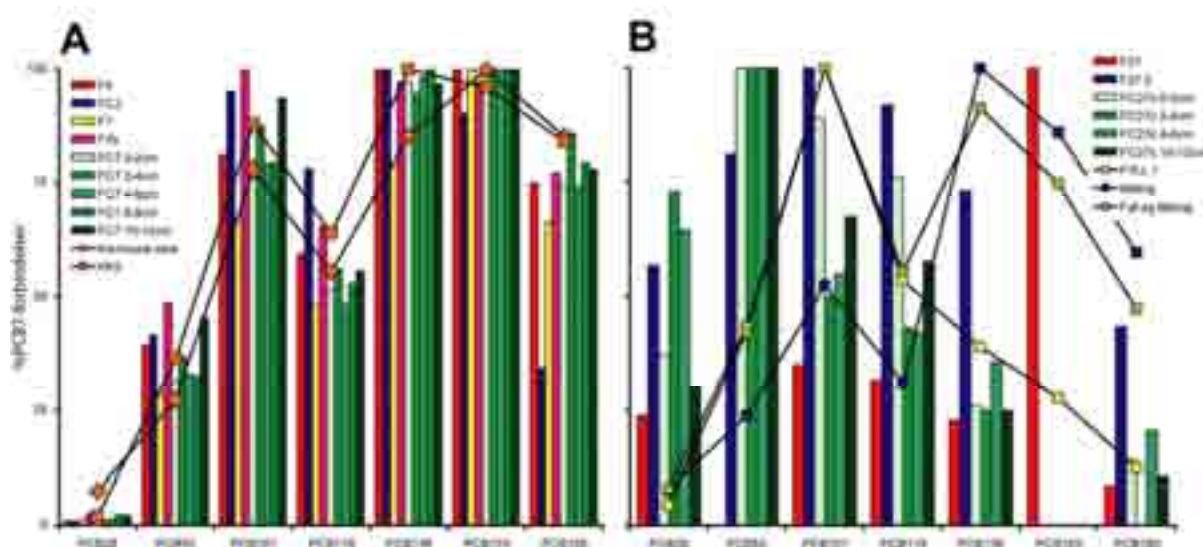


Figur 25. Fotografi av båthusene (A) og fylling (B). Det ene prøvepunktet i fyllingen er markert, det andre prøvepunktet ligger mellom båthusene og bilveien (ikke markert). Malingsprøvene ble skrapet av fra 15 forskjellige steder (jf. tekst over).

6.3.7 PCB₇-profil

Alle sedimentprøver fra sjøområdet omkring Kommunekaia og sementprøvene med PCB fra kaia viste svært liknende PCB₇-profiler (**Figur 26-A**). Denne profilen er lik den som ble vist i prøver fra Engøy i sammenheng med fase 1-undersøkelsen (**Figur 12**, Vinje og Sødal 2003).

PCB₇-profilene fra de ulike prøvetyper fra Naudodden småbåthavn varierte imidlertid svært mye (**Figur 26-B**). Først og fremst er det prøven fra fyllingen som skiller fra de øvrige prøvene med en høy topp for PCB 101 og et lavt bidrag for PCB 138, PCB 153 og PCB 180. Et problem i sammenligningen av PCB₇-profilen i prøvene ved Naudodden er at måledata mangler for PCB 153 (maskering) i flere av sedimentprøvene. Videre, er også antall prøver lite. Man skal også være klar over at malingsprøven er en blandprøve innsamlet fra hele fasaden til båthusene, mens prøven av fyllingen er innsamlet på et sted. Alternativt kan det være at det finnes mer enn en kilde som påvirker profilene i dette området.



Figur 26. PCB₇-profiler i prøver av sement (merket Kommunekaia og KK2) og sedimenter fra området ved Kommunekaia (**A**) samt sediment, fylling og maling fra området ved Naudodden småbåthavn (**B**). Grønne stolper representerer forskjellige snitt i en kjerne fra hvert område (FC7 fra Kommunekaiaområdet og FC27c fra Naudodden). I delfigur B er det også en profil som representerer en blanding av profilen fra maling og fylling (forsøk på å overkomme at enkelte PCB-kongenerer er maskert).

Figuren viser at det er godt samsvar mellom PCB₇-profilene i sement og sediment ved Kommunekaia. Det fremgår også at profilen i sedimentet ved Naudodden småbåthavn er forskjellig fra profilen i sedimentet ved Kommunekaia. Videre er det et generelt samsvar mellom PCB₇-profilene i maling og fylling og i sedimentene ved Naudodden. Samsvaret er imidlertid ikke så klart som ved Kommunekaia. Grunnen er at det ofte er vanskelig å gjøre slike sammenligninger direkte på grunn av diverse kjemiske-/sedimentkjemiske prosesser og på grunn av prøvetakingsmessige forhold (jf. tekst over).

7. Tiltaksplan

På grunnlag av oppdelingen av området i flere delområder og risikotyper, foreslås tiltak som vist i **Tabell 7**. I de områdene der aktive kilder av PCB fremdeles finnes er det viktig at disse fjernes før tiltak startes. I de to hovedområdene for tiltak (Kommunekaia og Naudodden småbåthavn) bør det utføres både en fjerning av kontaminerte løse sedimenter (i arealer med sedimenter tilhørende tilstandsklasse V) og en tildekking av et større areal (**Figur 27 og 28**).

Når et tiltak gjennomføres, er det også nødvendig å stille mål for selve den tekniske utførelsen av tiltaket. Det bør også diskuteres og eventuelt beskrives hvorledes den langsiktige forbedringen i området skal overvåkes og dokumenteres. I den sammenheng må det på grunnlag av dagens situasjon beskrives et overvåkingsprogram som gir mulighet for å kvantifisere tidsutviklingen og dermed effekten av tiltaket.

Tabell 7. Forslag til tiltak i delområdene.

Område / Delområde	Tiltak	Miljømål
Lundevågen		
Verneområdet	a) Naturlig forbedring b) Tildekking av et begrenset areal innenfor bro	Kons. i sediment < kl. II
Kommunekaia	a) Ombygging kai* b) Mudring og tildekking	Ikke PCB7 i betong Kons. i sediment < kl. II
Sentrale Lundevågen	a) Naturlig forbedring	Kons. i sediment < kl. II
Byområdet		
Nordre/søndre havn	a) Naturlig forbedring**	Kons. i sediment < kl. II
Engøy slipp	a) Fjerning av masser i sjø og på land*** b) Tildekking***	Kons. i sediment < kl. II Kons. i sediment < kl. II
Naudodden småbåthavn	a) Fjerning av maling og forurenset fylling b) Mudring og tildekking	Ikke PCB7 i båthus og fylling Kons. i sediment < kl. II
Byfjorden		
	a) Naturlig forbedring	Kons. i sediment < kl. II

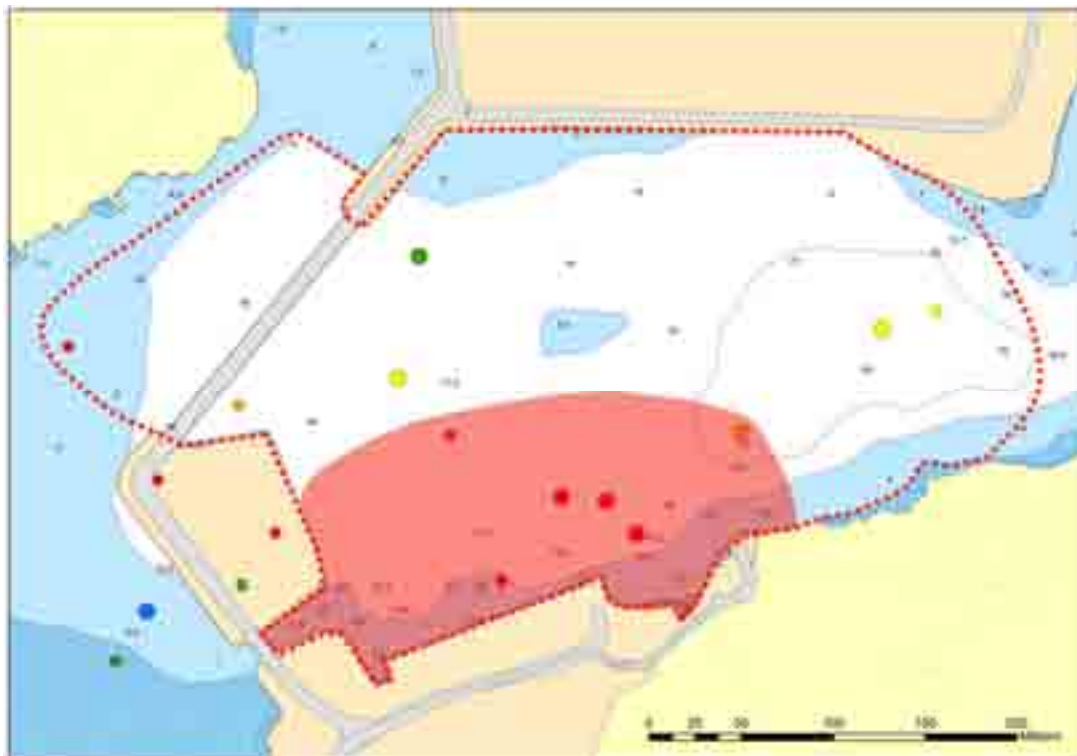
* Rehabilitering av kaia allerede i gang.

** Eventuelle utbyggingsaktiviteter bør ha som mål å forbedre lokale forhold

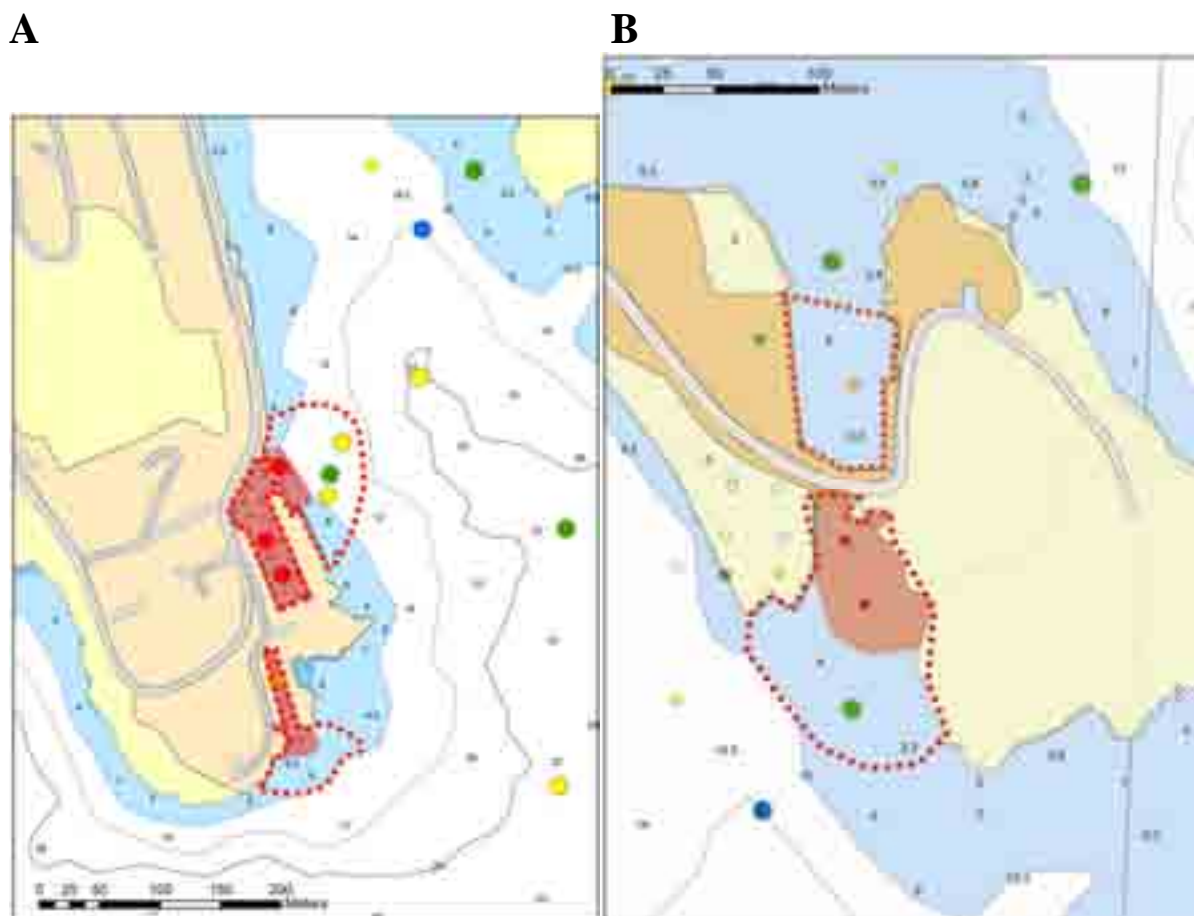
*** Allerede gjennomført på land

I **Figur 27 og 28** vises flere detaljer for områdene som er aktuelle for tiltak:

- Kommunekaiaområdet (effektivt areal; 107 000 m²): Område for human og økologisk risiko. Risiko for spredning til nærliggende område.
- Naudodden småbåthavn (effektivt areal; 11 800 m²): Område for human og økologisk risiko. Risiko for spredning til Byfjorden.
- Engøy slipp (effektivt areal 8 000 + 3 500 m²): Område for human og økologisk risiko. Risiko for spredning til Byfjorden.



Figur 27. Aktuelle arealer for tiltak ved Kommunekaia (Mudring 30 000 m² [rødt markert areal] og tildekking 107 000 m² [areal markert med prikket linje]). Tilstandsklasser for PCB₇ i overflaten (0-2cm) av sedimentet er vist i figuren. (Små prikker: eldre data og store prikker: nye data). Vanddyb i meter.



Figur 28. (A) Aktuelle arealer for tiltak ved Naudodden småbåthavn (Mudring 4 200 m² [rødt markert areal] og tildekking 11 800 m² [areal markert med prikket linje]). Tilstandsklasser for PCB₇ i overflaten (0-2 cm) av sedimentet er vist i figuren (Tabell 1. Molvær m. fl. 1997). (Små prikker: eldre data og store prikker: nye data). Vanddyb i meter. (B) Aktuelle arealer for tiltak ved Engøy slipp (Mudring 3 000 m² [rødt markert areal] og tildekking 8 000 + 3 500 m² [areal markert med prikket linje]). Tilstandsklasser for PCB₇ i overflaten (0-2 cm) av sedimentet er vist i figuren (Tabell 1. Molvær m. fl. 1997). (Små prikker: eldre data og store prikker: nye data). Vanddyb i meter.

8. Referanser

- Bjerkeng, B. 1994. Eutrofimodell for Indre Oslofjord. En modell for omsetning av organiske stoff og næringssalter i innelukkede fjorder med vertikal sjiktning. Rapport 1: Praktisk utprøving på Indre Oslofjord. NIVA rapport l.nr. 3112.
- Breedveld, G., T. Bakke, E. Eik, A. Helland, T. Källqvist, A. Oen. 2005. Veileder i risikovurdering av forurenset sediment. SFT TA-2085/2005, ISBN 82-7655-250-1. 45 s.
- Corneliessen G. og Ö. Gustafsson. 2004. Sorption to environmental black carbon in sediment with and without organic carbon and native sorbates. *Environmental Science and Technology* 38, 148-155.
- Jonker MTO, Koelmans AA. 2001. Polyoxyethylene solid phase extraction as a partitioning method for hydrophobic organic chemicals in sediment and soot. *Environmental Science and Technology* 35, 3742-3748.
- Næs, K., J. Knutzen, J. Håvardstun, T. Kroglund, M.C. Lie, J.A. Knutsen, M.L. Wiborg 2000. Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA rapport l.nr. 4232.
- Næs, N. og B. Bjerkeng. 2003. Sedimentundersøkelse ved Kommunekaia og Elkemkaia, Lundevågen, Farsund. NIVA notat O-23403, 18 s.
- Nilsson, H.C. og R. Rosenberg. 1997. Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *J. Mar. Systems* 11, 249-264.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magunsson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 s
- Rosenberg R., M. Blomqvist, H.C. Nilsson, H. Cederwall, A. Dimming. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 728-739.
- Vinje, J.E. og D.P. Sødal. 2003 Rapport fra fase 1 for Farsundsområdet med Lyngdalsfjorden, Vest-Agder. 3-2003, 45 s.
- SNT 2000. (www.snt.no). Kostholdsråd.

9. Vedlegg

9.1 Rådata

STASJON		FC1.1	FC1.2	F2	F3	FC2	FC2
Latitud	N (WGS84)	58,07955	0,00000	58,07968	58,08032	58,08105	58,08105
Longitud	Ø (WGS84)	6,77703	0,00000	6,77412	6,77452	6,78372	6,78372
Dyp	(m)	2	0,5	0,5	2	26	26
Område		Verneområdet				Kommunekaia	
Habitat (sedimentstruktur)		Sand	Sand	Sand	Sand	Silt, leire	Silt, leire
RPD	SPI					1,8	1,8
BHQ-indeks	SPI					5,7	5,7
Tilstandsklasse (SPI)	SPI					3	3
Sedimentdyp		0-2cm	5-10cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	4-6cm
TTS	%	74	77	78	63	20	38
KORN <63	%	6	2	2	10	95	72
TOC	%	0,46	0,56	0,11	2,11	3,35	4,28
Cd	(mg/kg tv)	0,2		0,2		0,3	
Cu	(mg/kg tv)	5		1,8		44,1	
Hg	(mg/kg tv)	0,015		0,005		0,091	
Pb	(mg/kg tv)	13		3		32	
Zn	(mg/kg tv)	34,5		14		151	
PCB 28	(µg/kg tv)	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
PCB 52	(µg/kg tv)	0,2	5,4	0,5	4,4	4,9	0,2
PCB 101	(µg/kg tv)	0,5	13	0,5	8,8	4,5	0,75
PCB 118	(µg/kg tv)	0,5	10	0,5	6,6	4,2	0,64
PCB 138	(µg/kg tv)	0,5	21	0,5	9,8	8,1	1,2
PCB 153	(µg/kg tv)		22	0,5	14	9,6	
PCB 180	(µg/kg tv)	0,5	21	0,5	5,9	0,5	0,5
PCB 7D	(µg/kg tv)	0	92,4	0	49,5	31,3	3,09
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	13	16	7,2	120	87	50
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	2	1,7	2	6,1	7,5	6
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	33	42	2	270	200	91
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	15	25	2	180	110	54
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	140	210	10	1200	900	410
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	28	39	2	180	200	78
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	350	540	23	2500	1900	860
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	310	470	19	2000	1800	800
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	300	430	16	1300	1400	500
Chrysen+trifenylene (CHRTR)	(µg/kg tv)	360	470	24	1300	1600	570
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	560	990	36	2800	2800	1100
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	220	360	16	1000	880	410
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	430	700	24	1900	2100	780
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	300	580	20	1500	1500	640
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	81	160	3,7	410	360	180
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	310	600	22	1500	1500	730
PAH16SUM	(µg/kg tv)	3450	5633,7	222,9	18166,1	17344,5	7259
KPAH	(µg/kg tv)	1891	3220	115,7	8910	9040	3610
NDP	(µg/kg tv)	153	226	17,2	1320	987	460
TBT	(µg/kg tv)	3,5		2		360	
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	100		100		1300	

STASJON		FC2	FC2	FC2	FC2	F4	F5
Latitud	N (WGS84)	58,08105	58,08105	58,08105	58,08105	58,08017	58,08073
Longitud	Ø (WGS84)	6,78372	6,78372	6,78372	6,78372	6,78082	6,77927
Dyp	(m)	26	26	26	26	15	17
Område		Kommunekaia					
Habitat (sedimentstruktur)		Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire
RPD	SPI	1,8	1,8	1,8	1,8		3,7
BHQ-indeks	SPI	5,7	5,7	5,7	5,7		7,7
Tilstandsklasse (SPI)	SPI	3	3	3	3		2
Sedimentdyp		8-10cm	12-14cm	16-18cm	20-22cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	57	37	32	53,5	46	50
KORN <63	%	90	86	82	16	43	68
TOC	%	3,43	2,22	3,79	3,13	2,57	2,28
Cd	(mg/kg tv)	0,5				0,3	0,2
Cu	(mg/kg tv)	47,6				47,7	23,6
Hg	(mg/kg tv)	0,13				0,12	0,071
Pb	(mg/kg tv)	34				52,5	28
Zn	(mg/kg tv)	200				169	196
PCB 28	(µg/kg tv)	0,5	0,2	0,37	0,2	1,6	0,5
PCB 52	(µg/kg tv)	1,7	0,87	17	1,4	63	2,9
PCB 101	(µg/kg tv)	1,3	2,2	39	3	130	8,5
PCB 118	(µg/kg tv)	1,4	1,7	32	2,5	95	5,4
PCB 138	(µg/kg tv)	2,6	2,7	41	3,1	160	12
PCB 153	(µg/kg tv)	2,7	5,3	37		160	13
PCB 180	(µg/kg tv)	0,5	1,5	14	1,6	120	6,6
PCB 7D	(µg/kg tv)	9,7	14,27	180,37	11,6	729,6	48,4
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	11	56	100	87	120	72
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	2	5,3	8,3	4,4	4,3	6,4
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	14	91	180	190	260	170
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	9,7	55	120	110	130	84
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	88	420	840	890	970	630
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	20	83	150	150	230	150
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	220	840	1700	1700	1900	1400
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	220	720	1500	1600	2000	1400
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	71	390	840	1000	1500	1200
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	100	480	1100	990	1900	1500
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	140	830	1900	2100	2500	2000
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	44	310	680	590	1200	930
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	88	560	1200	1400	2200	1800
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	71	470	1000	1000	1700	1300
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	19	130	290	220	470	370
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	77	520	1100	980	1700	1300
PAH16SUM	(µg/kg tv)	1192,7	5960,3	12708,3	12924,4	18784,3	14312,4
KPAH	(µg/kg tv)	433	2690	5910	6310	9570	7600
NDP	(µg/kg tv)	99	476	940	977	1090	702
TBT	(µg/kg tv)	13				190	95
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	460				490	610

STASJON		F6	F7	F9	F12	FC3	FC3
Latitud	N (WGS84)	58,08133	58,08052	58,08188	58,08323	58,08507	58,08507
Longitud	Ø (WGS84)	6,77943	6,78245	6,78885	6,79285	6,80357	6,80357
Dyp	(m)	15	15	19	22	35	35
Område		Kommunekaia		Smalsundet		Lundevågen	
Habitat (sedimentstruktur)		Silt, leire	Silt, leire	Skjellgrus	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire
RPD	SPI	3,8	2,1		3,9		
BHQ-indeks	SPI	7,0	6,3		9,0		
Tilstandsklasse (SPI)	SPI	2	3		2		
Sedimentdyp		0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	2-4cm
TTS	%	52	29	54	29	20,5	22,4
KORN <63	%	40	65	20	82	89	87
TOC	%	1,32	5,68	2,5	4,66	5,31	5,45
Cd	(mg/kg tv)			0,2	0,5		
Cu	(mg/kg tv)			23,6	79,3		
Hg	(mg/kg tv)			0,13	0,18		
Pb	(mg/kg tv)			34	63,6		
Zn	(mg/kg tv)			94,8	226		
PCB 28	(µg/kg tv)	0,2	0,45	0,2	0,5	0,32	0,35
PCB 52	(µg/kg tv)	0,57	9,4	0,9	1,1	0,78	2,5
PCB 101	(µg/kg tv)	1,2	22	2	2,7	1,7	6
PCB 118	(µg/kg tv)	0,98	16	1,4	2,2	1,4	4,7
PCB 138	(µg/kg tv)	1,6	26	2,2	3,2	1,8	6,3
PCB 153	(µg/kg tv)	3,6	33	3,7	14		
PCB 180	(µg/kg tv)	0,94	22	1,4	0,89	0,41	1,6
PCB 7D	(µg/kg tv)	8,89	128,85	11,6	24,09	6,41	21,45
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	43	140	160	400	320	360
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	4,7	14	6,7	13	17	16
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	110	320	330	780	630	750
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	69	200	210	400	380	440
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	540	1500	1400	2600	3000	3500
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	110	280	240	560	520	570
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	1300	3300	2800	4500	5700	6500
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	1200	3000	2400	4400	4800	5400
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	1100	2200	1500	3100	3400	3800
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	1200	2400	1800	3800	3300	3600
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	2300	5000	2900	4600	6400	7200
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	890	1800	1100	2100	1700	2100
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	1800	3500	2100	3800	4300	4900
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	1500	3000	1700	2700	3200	3400
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	410	830	490	840	700	780
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	1600	3000	1800	2800	3000	3400
PAH16SUM	(µg/kg tv)	14176,7	30484	20936,7	37393	41047	46356
KPAH	(µg/kg tv)	8000	16330	9790	17140	19700	22180
NDP	(µg/kg tv)	583	1640	1560	3000	3320	3860
TBT	(µg/kg tv)			100	990		
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)			540	860		

STASJON		FC3	FC3	FC3	F14	F16	F18
Latitud	N (WGS84)	58,08507	58,08507	58,08507	58,08343	58,08560	58,08543
Longitud	Ø (WGS84)	6,80357	6,80357	6,80357	6,79905	6,79645	6,80047
Dyp	(m)	35	35	35	31	24	33
Område		Lundevågen					
Habitat (sedimentstruktur)		Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire
RPD	SPI				4,2	2,7	
BHQ-indeks	SPI				8,3	6,0	
Tilstandsklasse (SPI)	SPI				3	3	
Sedimentdyp		4-6cm	10-12cm	16-18cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	22,3	27,5	30,1	33	53	28
KORN <63	%	85	84	87	65	62	91
TOC	%	5,47	5,63	5,15	4,38	1,81	4,73
Cd	(mg/kg tv)				0,4	0,2	0,3
Cu	(mg/kg tv)				57,8	16,5	32,9
Hg	(mg/kg tv)				0,15	0,14	0,16
Pb	(mg/kg tv)				61,6	31	63,7
Zn	(mg/kg tv)				177	82,3	140
PCB 28	(µg/kg tv)	0,4	0,32	0,2	0,64	0,2	0,5
PCB 52	(µg/kg tv)	0,61	1	0,2	4,9	0,87	2
PCB 101	(µg/kg tv)	0,86	2,3	0,2	9,6	1,9	3,7
PCB 118	(µg/kg tv)	0,65	1,8	0,2	8,3	1,6	3,5
PCB 138	(µg/kg tv)	1,1	2,7	0,2	9,4	2,2	5,1
PCB 153	(µg/kg tv)				9,3	3,6	5,9
PCB 180	(µg/kg tv)	0,47	0,76	0,2	1,5	1	2,1
PCB 7D	(µg/kg tv)	4,09	8,88	0	43,64	11,17	22,3
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	460	370	57	1100	250	290
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	16	39	9,8	16	9,4	12
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	960	730	76	2200	560	540
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	550	460	54	1200	340	280
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	4600	3800	510	5600	2500	1900
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	760	630	91	1300	430	410
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	8300	6700	1000	8400	4900	3300
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	7100	5800	1000	8800	4100	3100
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	4800	3800	520	6000	2500	2200
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	4900	3900	470	7400	2900	2700
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	9100	7400	1100	8100	5300	3300
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	2700	2100	340	4200	1700	1400
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	6300	5100	680	7400	3500	2700
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	4300	3600	640	5200	2700	1800
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	1000	810	110	1900	830	550
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	4200	3400	620	5300	2900	2000
PAH16SUM	(µg/kg tv)	59586	48269	7220,8	74116	35419,4	26482
KPAH	(µg/kg tv)	28200	22810	3390	32800	16530	11950
NDP	(µg/kg tv)	5060	4170	567	6700	2750	2190
TBT	(µg/kg tv)				500	47	59
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)				960	340	340

STASJON		F20	F21	F22	F27	F27.2	FC5
Latitud	N (WGS84)	58,08713	58,08820	58,08292	58,08807	58,08862	58,08703
Longitud	Ø (WGS84)	6,79862	6,79823	6,80630	6,80650	6,80666	6,81322
Dyp	(m)	20	9	20	5	8	40
Område		Lundevågen			Naudodden småbåth		Byfjorden
Habitat (sedimentstruktur)		Silt, leire	Sand, skjell	Sand, leire	Silt, leire		Silt, leire
RPD	SPI	4,0					
BHQ-indeks	SPI	9,7					
Tilstandsklasse (SPI)	SPI	1					
Sedimentdyp		0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	31	59	51	29	19,2	19,7
KORN <63	%	52	14	22	39	31	88
TOC	%	4,86	3,15	3,2	8,64	11,7	5,35
Cd	(mg/kg tv)	0,4	0,5	0,3	0,89		
Cu	(mg/kg tv)	36,9	20,6	26,8	244		
Hg	(mg/kg tv)	0,32	0,14	0,15	7,86	13,8	
Pb	(mg/kg tv)	64	26	53,1	258		
Zn	(mg/kg tv)	146	79,8	132	361		
PCB 28	(µg/kg tv)	0,46	0,5	0,5	22	21	0,44
PCB 52	(µg/kg tv)	1,8	0,5	2,3		30	0,62
PCB 101	(µg/kg tv)	3,8	0,81	4,8	32	37	0,95
PCB 118	(µg/kg tv)	3,1	0,71	4,1	29	34	0,72
PCB 138	(µg/kg tv)	3,8	0,86	4,7	21	27	1,1
PCB 153	(µg/kg tv)		0,81	4,1	92		
PCB 180	(µg/kg tv)	1,1	0,5	0,78	8	16	0,26
PCB 7D	(µg/kg tv)	14,06	3,19	20,78	204	165	4,09
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	400	51	320	470	1300	150
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	22	2,2	7	110	550	14
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	830	100	640	280	730	230
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	570	51	340	260	1500	140
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	3700	380	2000	2200	22000	1300
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	620	70	460	600	6000	220
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	7300	720	3200	4200	35000	2400
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	6100	650	3200	4600	34000	2000
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	3700	460	2200	2700	20000	1200
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	4400	590	2800	3000	19000	1300
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	7400	810	3200	3900	26000	2600
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	2600	310	1500	1800	9700	760
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	5100	590	2800	3200	21000	1600
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	3700	430	2000	2400	11000	1300
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	1100	130	720	650	2600	260
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	3900	440	2100	2500	10000	1300
PAH16SUM	(µg/kg tv)	51442	5784,2	27487	32870	219080	16624
KPAH	(µg/kg tv)	23600	2730	12420	14650	90300	7720
NDP	(µg/kg tv)	4100	431	2320	2670	23300	1450
TBT	(µg/kg tv)	99	67	9,9	590		
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	530	160	330	1900		

STASJON		FC5	FC5	FC5	FC5	F25	F29
Latitud	N (WGS84)	58,08703	58,08703	58,08703	58,08703	58,08502	58,08632
Longitud	Ø (WGS84)	6,81322	6,81322	6,81322	6,81322	6,80963	6,81072
Dyp	(m)	40	40	40	40	37	40
Område		Byfjorden					
Habitat (sedimentstruktur)		Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Silt, leire	Skjellgrus	Silt, leire
RPD	SPI						3,0
BHQ-indeks	SPI						8,3
Tilstandsklasse (SPI)	SPI						2
Sedimentdyp		2-4cm	4-6cm	10-12cm	16-18cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	21,8	21,4	25,2	27,6	33	30
KORN <63	%	86	82	87	88	57	68
TOC	%	5,6	5,4	5,47	5,05	4,56	4,14
Cd	(mg/kg tv)					0,3	0,3
Cu	(mg/kg tv)					36,6	31,2
Hg	(mg/kg tv)					0,4	0,15
Pb	(mg/kg tv)					83,5	65
Zn	(mg/kg tv)					150	132
PCB 28	(µg/kg tv)	0,49	0,59	0,63	0,78	0,41	0,69
PCB 52	(µg/kg tv)	1,1	0,84	3	1,5	0,78	2,2
PCB 101	(µg/kg tv)	1,9	1,4	6,7	1,5	1,2	3,4
PCB 118	(µg/kg tv)	1,5	1,1	5,5	1,1	0,95	2,8
PCB 138	(µg/kg tv)	2,3	1,6	6,6	1,6	1,4	3,3
PCB 153	(µg/kg tv)						6,5
PCB 180	(µg/kg tv)	1,3	0,41	1,1	0,62	0,36	0,62
PCB 7D	(µg/kg tv)	8,59	5,94	23,53	7,1	5,1	19,51
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	180	200	200	190	320	200
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	16	21	14	16	17	9,5
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	290	320	340	300	640	300
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	170	190	200	180	370	160
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	1600	1700	1800	1600	2800	1100
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	270	290	280	260	490	230
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	3000	3400	3400	2900	5400	2000
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	2500	2800	2800	2400	4500	1900
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	1500	1900	1800	1600	2800	1300
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	1500	1800	1700	1500	3200	1600
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	3200	3900	3700	3200	5500	2100
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	950	1100	1100	860	2000	870
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	2000	2400	2300	2100	3900	1600
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	1600	1900	1900	1600	3100	1300
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	330	380	370	330	850	330
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	1600	1800	1800	1500	3100	1300
PAH16SUM	(µg/kg tv)	20526	23901	23504	20346	38987	16299,5
KPAH	(µg/kg tv)	9580	11580	11170	9690	18150	7500
NDP	(µg/kg tv)	1780	1900	2000	1790	3120	1300
TBT	(µg/kg tv)					110	51
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)						

STASJON		F30	F42	F43	F52	F39	F44
Latitud	N (WGS84)	58,08823	58,08562	58,08925	58,08903	58,09352	58,09280
Longitud	Ø (WGS84)	6,81070	6,81743	6,81443	6,82602	6,80713	6,80897
Dyp	(m)	37	43	33	65	8,3	4
Område		Byfjorden			Nordre havn		
Habitat (sedimentstruktur)		leire	Silt, leire	leire	Silt, leire	Silt, leire	Sand, leire
RPD	SPI						
BHQ-indeks	SPI						
Tilstandsklasse (SPI)	SPI						
Sedimentdyp		0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	31	27	33	28	61	62
KORN <63	%	46	85	70	80	14	18
TOC	%	4,83	5,33	3,45	5,5	1,77	2,51
Cd	(mg/kg tv)	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2
Cu	(mg/kg tv)	39,6	43,1	28,7	33	26,5	135
Hg	(mg/kg tv)	0,78	0,19	0,2	0,11	0,41	0,84
Pb	(mg/kg tv)	95,8	98,3	71,8	73,2	39,3	59
Zn	(mg/kg tv)	150	176	128	147	94,8	149
PCB 28	(µg/kg tv)	0,66	1,1	1	0,5	0,5	0,6
PCB 52	(µg/kg tv)	0,76	15	1	0,55	1	0,65
PCB 101	(µg/kg tv)	1	21	1	1,5	3,2	1,2
PCB 118	(µg/kg tv)	0,7	18	1	0,98	1,5	0,85
PCB 138	(µg/kg tv)	1,5	22	1	2	7,7	2
PCB 153	(µg/kg tv)		17			11	3,3
PCB 180	(µg/kg tv)	0,53	5,4	1	1,2	6,1	1,5
PCB 7D	(µg/kg tv)	5,15	99,5	0	6,23	30,5	10,1
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	140	180	94	77	69	110
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	19	9,2	12	12	37	47
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	200	240	110	62	40	150
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	150	120	62	42	52	150
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	1000	890	500	350	660	1400
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	200	180	120	74	89	380
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	2100	1600	960	750	1100	2600
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	1700	1400	840	610	920	2200
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	1000	970	560	420	460	1200
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	1200	1300	730	530	600	1200
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	2100	1700	1000	940	760	1800
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	760	690	400	340	320	760
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	1400	1200	700	550	560	1500
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	1300	910	590	540	420	990
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	330	270	160	130	110	260
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	1300	1000	590	550	420	980
PAH16SUM	(µg/kg tv)	14899	12659,2	7428	5977	6617	15727
KPAH	(µg/kg tv)	6890	5740	3410	2920	2630	6510
NDP	(µg/kg tv)	1140	1070	594	427	729	1510
TBT	(µg/kg tv)	50	50	44	13	68	130
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	340	180	190	170	230	210

STASJON		F45	F46	F49	FC4	F33	F36
Latitud	N (WGS84)	58,09408	58,09475	58,09317	58,08932	58,09167	58,09042
Longitud	Ø (WGS84)	6,80795	6,80762	6,81098	6,80858	6,80677	6,80855
Dyp	(m)	9	5	7	27	14	19
Område		Nordre havn			Søndre havn		
Habitat (sedimentstruktur)		Sand, leire	Sand, leire	Sand, leire	Silt, leire	Sand, leire	Sand, skjell
RPD	SPI				2,5		
BHQ-indeks	SPI				7,3		
Tilstandsklasse (SPI)	SPI				3		
Sedimentdyp		0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	49	56	20	46	64	70
KORN <63	%	22	14	25	48	12	10
TOC	%	3,63	2,82	11,5	2,58	1,75	0,73
Cd	(mg/kg tv)	0,4	0,2	1,1	0,2	0,2	0,2
Cu	(mg/kg tv)	58,5	43,3	59,8	27,9	26,6	10,3
Hg	(mg/kg tv)	1,28	0,7	4,26	0,5	0,68	0,17
Pb	(mg/kg tv)	100	60	97,9	58,4	101	23
Zn	(mg/kg tv)	159	111	233	94,9	73,2	45,9
PCB 28	(µg/kg tv)	1	0,71	1	2	0,68	0,5
PCB 52	(µg/kg tv)	1,4	2,3	0,64	3,4	1,3	0,5
PCB 101	(µg/kg tv)	3,3	4,3	2,3	3,7	2,1	0,66
PCB 118	(µg/kg tv)	2,3	3,4	1,8	2,8	1,4	0,5
PCB 138	(µg/kg tv)	6,1	5,3	2,9	4,9	2,8	0,62
PCB 153	(µg/kg tv)	12	7,1		4,3	2,9	0,98
PCB 180	(µg/kg tv)	3,6	2	1,7	1,5	1,7	0,5
PCB 7D	(µg/kg tv)	29,7	25,11	10,34	22,6	12,88	2,26
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	160	86	130	110	89	
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	42	52	69	36	36	12
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	130	77	140	150	130	35
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	120	96	130	110	150	29
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	1100	840	1200	810	940	320
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	310	200	320	210	360	90
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	2000	1900	2800	1500	1500	620
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	2000	1600	2600	1300	1500	570
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	1300	940	1400	860	980	380
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	1400	890	1500	1000	1100	430
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	1700	1500	2800	1300	1200	530
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	770	600	1100	540	550	230
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	1400	1100	1900	1000	990	420
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	990	810	1500	730	630	290
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	290	230	400	160	190	79
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	1000	840	1500	790	660	290
PAH16SUM	(µg/kg tv)	14712	11761	19489	10606	11005	4325
KPAH	(µg/kg tv)	6450	5180	9100	4590	4540	1929
NDP	(µg/kg tv)	1260	926	1330	920	1029	320
TBT	(µg/kg tv)	65	53	58	45	460	25
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	410	360	750	190	240	100

STASJON		F37	F27d	F27e	F27f	FC27c	FC27c
Latitud	N (WGS84)	58,09087	58,08842	58,08882	58,08858	58,08782	58,08782
Longitud	Ø (WGS84)	6,80925	6,80735	6,80753	6,80737	6,80675	6,80675
Dyp	(m)	4	13	17	15	8	8
Område		Søndre havn		Naudodden småbåthavn			
Habitat (sedimentstruktur)		Skjellgrus					
RPD	SPI						
BHQ-indeks	SPI						
Tilstandsklasse (SPI)	SPI						
Sediment dyp		0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	0-2cm	2-4cm
TTS	%	60	44,9	50,6	37,2	23,9	22,4
KORN <63	%	8	30	24	44	53	40
TOC	%	1,08	4,17	2,31	3,68	11	9,72
Cd	(mg/kg tv)	0,2					
Cu	(mg/kg tv)	8,62					
Hg	(mg/kg tv)	0,082					
Pb	(mg/kg tv)	9,9					
Zn	(mg/kg tv)	30					
PCB 28	(µg/kg tv)	0,26	2,2	0,5	1,1	34	32
PCB 52	(µg/kg tv)	0,29	5,1		1,8	92	44
PCB 101	(µg/kg tv)	0,41	6,8	2,4	2,5	82	22
PCB 118	(µg/kg tv)	0,32	5,2	1,2	1,9	70	19
PCB 138	(µg/kg tv)	0,48	6,5	6,6	3,2	24	11
PCB 153	(µg/kg tv)	1,3	8,3	8,1			
PCB 180	(µg/kg tv)	0,29	5,8	4,7	1,7	13	
PCB 7D	(µg/kg tv)	3,35	39,9	23	12,2	315	128
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	30	230	82	270	400	580
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	15	63	48	120	110	190
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	40	410	130	260	260	420
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	44	390	210	350	370	640
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	410	3300	1900	3200	4900	7400
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	94	990	350	960	670	1100
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	840	4900	2400	6800	7700	11000
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	670	4500	2000	6500	6900	11000
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	400	2600	1300	4100	3500	5400
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	390	2800	1500	4300	4400	6800
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	630	1800	830	3200	3100	5300
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	250	2700	1300	4500	4900	7900
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	460	2900	1300	5200	4400	8200
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	340	1500	740	2100	2600	4100
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	96	440	210	670	650	1100
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	330	1700	870	2500	3100	5500
PAH16SUM	(µg/kg tv)	5039	31223	15170	45030	47960	76630
KPAH	(µg/kg tv)	2176	11940	5680	19770	19150	32000
NDP	(µg/kg tv)	440	3720	2102	3720	5600	8450
TBT	(µg/kg tv)	51					
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)	110					

STASJON		FC27c	FC27c	FC27c	F42b	FC7	FC7
Latitud	N (WGS84)	58,08782	58,08782	58,08782	58,08563	58,08016	58,08016
Longitud	Ø (WGS84)	6,80675	6,80675	6,80675	6,81690	6,78123	6,78123
Dyp	(m)	8	8	8	41	18	18
Område		Naudodden småbåthavn			Byfjorden	Kommunekaia	
Habitat (sedimentstruktur)							
RPD	SPI						
BHQ-indeks	SPI						
Tilstandsklasse (SPI)	SPI						
Sedimentdyp		4-6cm	10-12cm	16-18cm	0-2cm	0-2cm	2-4cm
TTS	%	23,3	20,8	14,1	24,6	29	34
KORN <63	%	53	63	56	94		
TOC	%	9,52	11,4	13,4	5,15		
Cd	(mg/kg tv)						
Cu	(mg/kg tv)						
Hg	(mg/kg tv)						
Pb	(mg/kg tv)						
Zn	(mg/kg tv)						
PCB 28	(µg/kg tv)	20	12	6	0,5	0,5	0,55
PCB 52	(µg/kg tv)	31	40	13	2,2	11	21
PCB 101	(µg/kg tv)	17	27	4,5	2,3	28	50
PCB 118	(µg/kg tv)	13	23	3,2	1,6	18	32
PCB 138	(µg/kg tv)	11	10	3,3	2,6	34	54
PCB 153	(µg/kg tv)					35	57
PCB 180	(µg/kg tv)	6,4	4,2	3	1,1	26	49
PCB 7D	(µg/kg tv)	98,4	116,2	30	9,8	152	263,55
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)	570	560	150	150		
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)	230	220	62	15		
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)	330	280	140	270		
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)	520	470	240	180		
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)	4800	6400	2000	1400		
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)	1300	1400	550	220		
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)	9700	11000	3500	2600		
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)	11000	13000	4100	2000		
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)	5300	6300	1900	1300		
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)	6000	7400	2000	1800		
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)	4100	5500	1500	1400		
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)	7100	9500	2200	1500		
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)	7500	11000	2000	1500		
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)	3800	4100	1400	1200		
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)	1100	1200	360	270		
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)	4800	4800	1600	1400		
PAH16SUM	(µg/kg tv)	68150	83130	23702	17205		
KPAH	(µg/kg tv)	28900	37600	9360	7170		
NDP	(µg/kg tv)	5710	7370	2290	1637		
TBT	(µg/kg tv)						
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)						

STASJON		FC7	FC7	FC7	F7b	F27h
Latitud	N (WGS84)	58,08016	58,08016	58,08016	58,08000	58,08694
Longitud	Ø (WGS84)	6,78123	6,78123	6,78123	6,78152	6,80678
Dyp	(m)	18	18	18	12	2
Område		Kommunekaia			Naudodden havn	
Habitat (sedimentstruktur)						
RPD	SPI					
BHQ-indeks	SPI					
Tilstandsklasse (SPI)	SPI					
Sedimentdyp		4-6cm	6-8cm	10-12cm	0-2cm	0-2cm
TTS	%	32	30	31	50	59
KORN <63	%					
TOC	%					
Cd	(mg/kg tv)					
Cu	(mg/kg tv)					
Hg	(mg/kg tv)					
Pb	(mg/kg tv)					
Zn	(mg/kg tv)					
PCB 28	(µg/kg tv)	0,82	0,81	2	0,91	6,3
PCB 52	(µg/kg tv)	19	11	43	17	11
PCB 101	(µg/kg tv)	46	27	89	35	9,5
PCB 118	(µg/kg tv)	28	18	53	23	8,9
PCB 138	(µg/kg tv)	57	34	92	34	5,8
PCB 153	(µg/kg tv)	58	34	95	34	5,5
PCB 180	(µg/kg tv)	43	27	74	27	2,7
PCB 7D	(µg/kg tv)	251,82	151,81	448	170,91	49,7
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)					
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)					
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)					
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)					
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)					
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)					
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)					
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)					
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)					
Chrysen+trifenylene (CHRTR)	(µg/kg tv)					
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)					
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)					
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)					
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)					
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)					
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)					
PAH16SUM	(µg/kg tv)					
KPAH	(µg/kg tv)					
NDP	(µg/kg tv)					
TBT	(µg/kg tv)					
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)					

STASJON		Kommune					
		Småbåthavn	kaia	Komunkaia	Naudodden	KK1	KK2
Latitud	N (WGS84)	58,08825	58,07944	58,07944	58,08825	58,07944	58,07944
Longitud	Ø (WGS84)	6,80067	6,78018	6,78018	6,80067	6,78018	6,78018
Dyp	(m)						
Område		Sement fra Kommunekaia og Naudodden småbåthavn					
Habitat (sedimentstruktur)							
RPD	SPI						
BHQ-indeks	SPI						
Tilstandsklasse (SPI)	SPI						
Sedimentdyp		Sement	Sement	Sement	Sement	Sement	Sement
TTS	%			100	100	85	92
KORN <63	%						
TOC	%						
Cd	(mg/kg tv)						
Cu	(mg/kg tv)						
Hg	(mg/kg tv)						
Pb	(mg/kg tv)						
Zn	(mg/kg tv)						
PCB 28	(µg/kg tv)	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5
PCB 52	(µg/kg tv)	0,2	0,74			0,5	9,1
PCB 101	(µg/kg tv)	0,2	2,1	0,5		0,5	22
PCB 118	(µg/kg tv)	0,2	1,5	0,5	0,5	0,5	16
PCB 138	(µg/kg tv)	0,2	2,3	0,5	0,5	0,5	25
PCB 153	(µg/kg tv)	0,2	2,7		0,5	0,5	24
PCB 180	(µg/kg tv)	0,2	2,3	0,5	0,5	0,5	21
PCB 7D	(µg/kg tv)	0	11,64	0	0	0	117,1
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)						
Acenaftalen (ACNLE)	(µg/kg tv)						
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)						
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)						
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)						
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)						
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)						
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)						
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)						
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(µg/kg tv)						
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)						
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)						
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)						
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)						
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)						
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)						
PAH16SUM	(µg/kg tv)						
KPAH	(µg/kg tv)						
NDP	(µg/kg tv)						
TBT	(µg/kg tv)						
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)						

STASJON		FYLL 1	FYLL 2	Ferge
Latitud	N (WGS84)	58,08755	58,08783	58,08783
Longitud	Ø (WGS84)	6,80692	6,80646	6,80646
Dyp	(m)			
Område		Naudodden småbåthavn		
Habitat (sedimentstruktur)				
RPD	SPI			
BHQ-indeks	SPI			
Tilstandsklasse (SPI)	SPI			
Sedimentdyp		Fylling	Fylling	Maling
TTS	%	78	87	83
KORN <63	%			
TOC	%			
Cd	(mg/kg tv)			
Cu	(mg/kg tv)			
Hg	(mg/kg tv)			
Pb	(mg/kg tv)			
Zn	(mg/kg tv)			
PCB 28	(µg/kg tv)	8	1	3,2
PCB 52	(µg/kg tv)	76	1	10
PCB 101	(µg/kg tv)	180	1	22
PCB 118	(µg/kg tv)	96	1	13
PCB 138	(µg/kg tv)	70	1	42
PCB 153	(µg/kg tv)	50	1	36
PCB 180	(µg/kg tv)	22	1	25
PCB 7D	(µg/kg tv)	502	0	151,2
Naftalen (NAP)	(µg/kg tv)			
Acenaftylen (ACNLE)	(µg/kg tv)			
Acenaften (ACNE)	(µg/kg tv)			
Fluoren (FLE)	(µg/kg tv)			
Fenantren (PA)	(µg/kg tv)			
Antracen (ANT)	(µg/kg tv)			
Fluoranten (FLU)	(µg/kg tv)			
Pyren (PYR)	(µg/kg tv)			
Benzo(a)antracen (BAA)	(µg/kg tv)			
Chrysen+trifenylene (CHRTR)	(µg/kg tv)			
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(µg/kg tv)			
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(µg/kg tv)			
Benzo(a)pyren (BAP)	(µg/kg tv)			
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(µg/kg tv)			
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(µg/kg tv)			
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(µg/kg tv)			
PAH16SUM	(µg/kg tv)			
KPAH	(µg/kg tv)			
NDP	(µg/kg tv)			
TBT	(µg/kg tv)			
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)			

STASJON		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Latitud	N (WGS84)	58,08842	58,08853	58,07993	58,08174
Longitud	Ø (WGS84)	6,80638	6,80680	6,78125	6,77881
Dyp	(m)				
Område		SPMD Kommunekaia og Naudodden småbåthavn			
Habitat (sedimentstruktur)					
RPD	SPI				
BHQ-indeks	SPI				
Tilstandsklasse (SPI)	SPI				
Sedimentdyp					
TTS	%				
KORN <63	%				
TOC	%				
Cd	(mg/kg tv)				
Cu	(mg/kg tv)				
Hg	(mg/kg tv)				
Pb	(mg/kg tv)				
Zn	(mg/kg tv)				
PCB 28	(ng/SPMD)	2,1	0,8	0,8	0,8
PCB 52	(ng/SPMD)	3,8	1,2	0,84	0,8
PCB 101	(ng/SPMD)	2	0,8	0,86	0,8
PCB 118	(ng/SPMD)	1,3	0,8	0,8	0,8
PCB 138	(ng/SPMD)	0,97	0,8	0,8	0,8
PCB 153	(ng/SPMD)	0,8	0,8	0,8	0,8
PCB 180	(ng/SPMD)	0,8	0,8	0,8	0,8
PCB 7D	(ng/SPMD)	11,77	6	5,7	0
Naftalen (NAP)	(ng/SPMD)	15	15	15	17
Acenaftylen (ACNLE)	(ng/SPMD)	5,2	5	5	5
Acenaften (ACNE)	(ng/SPMD)	130	74	54	40
Fluoren (FLE)	(ng/SPMD)	100	63	37	31
Fenantren (PA)	(ng/SPMD)	330	290	170	150
Antracen (ANT)	(ng/SPMD)	61	22	15	12
Fluoranten (FLU)	(ng/SPMD)	390	360	230	200
Pyren (PYR)	(ng/SPMD)	220	200	200	180
Benzo(a)antracen (BAA)	(ng/SPMD)	63	54	100	69
Chrysen+trifenylen (CHRTR)	(ng/SPMD)	59	56	100	66
Benzo(b)fluoranten(BBF)	(ng/SPMD)	40	43	140	84
Benzo(jk)fluoranten (BKF)	(ng/SPMD)	12	12	56	29
Benzo(a)pyren (BAP)	(ng/SPMD)	11	9,7	79	37
Indeno(123cd)pyren (ICDP)	(ng/SPMD)	9,4	13	58	30
Dibenz(ac/ah) antracen (DBA3A)	(ng/SPMD)	5	5	15	6,1
Benzo(ghi) perylen (BGHIP)	(ng/SPMD)	7,1	11	51	26
PAH16SUM	(ng/SPMD)	1338,7	1108,7	1065	827,1
KPAH	(ng/SPMD)	135,4	131,7	448	255,1
NDP	(ng/SPMD)	330	290	170	167
TBT	(µg/kg tv)				
OLJE C10-C40	(mg/kg tv)				

9.2 Risikoanalyse trinn 1

Risikoanalyse trinn 1. Tabellen angir de enkelte forbindelsenes risikobidrag. Videre angir den antall forbindelser som er analysert (N analysert stoff), antall forbindelser som overskrider grenseverdien gitt i prosent av totalt antall analyserte forbindelser (andel stoff >grenseverdi (%)), summert risiko for prøven (Risikop) samt middelrisiko for prøven (dvs. summert risiko dividert med antall analyserte forbindelser (Risiko/analysert stoff))

	Stasjon	Kadmium	Kopper	Kvikksølv	Bly	Zink	Naftalen	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Benzo[a]antracen	Chrysen	Benzo[k]fluoranten	Benzo[a]pyren	Indeno[1,2,3-cd]pyren	Benzo[ghi]perylene	PCB7	Olje C10-C40	TBT	N analysert stoff	Andel stoff ^{Genveite} (%)	Risikop	Risiko / analysert stoff
FC1.1	0,01	0,07	0,00	0,07	0,20	0,6	0,3	4,1	1,9	4,9	0,4	3,5	61,4	46,9	3,7	0,0	2,0	0,1	17	47	130	8	
F2	0,01	0,03	0,00	0,02	0,08	0,3	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,3	3,4	3,1	0,3	0,0	2,0	0,1	17	18	10	1	
F3						5,7	2,9	26,5	13,8	21,1	1,6	16,0	271,4	234,6	18,0	5,0			11	100	616	56	
F4	0,01	0,67	0,01	0,30	0,96	5,7	2,4	33,8	10,5	24,3	2,3	19,2	314,3	265,9	20,4	73,0	9,8	5,4	18	72	789	44	
F5	0,01	0,33	0,01	0,16	1,11	3,4	1,5	22,1	7,7	19,4	1,8	14,9	257,1	203,3	15,6	4,8	12,2	2,7	18	78	568	32	
F6						2,0	1,3	16,2	7,2	17,8	1,5	14,2	257,1	234,6	19,2	0,9			11	91	572	52	
F7						6,7	3,7	41,2	18,2	35,6	2,9	28,7	500,0	469,2	35,9	12,9			11	100	1155	105	
FC2	0,01	0,62	0,01	0,18	0,86	4,1	2,2	29,4	10,5	22,7	1,9	14,1	300,0	234,6	18,0	3,1	26,0	10,3	18	72	679	38	
F9	0,01	0,33	0,01	0,19	0,54	7,6	3,4	35,3	15,4	24,3	2,2	17,6	300,0	265,9	21,6	1,2	10,8	2,9	18	72	709	39	
F12	0,02	1,11	0,02	0,36	1,28	19,0	6,4	82,4	24,8	50,2	4,6	33,5	542,9	422,3	33,5	2,4	17,2	28,3	18	83	1270	70	
F14	0,01	0,81	0,01	0,35	1,01	52,4	13,7	191,2	46,2	97,2	9,0	67,1	1057,1	813,3	63,5	4,4	19,2	14,3	18	78	2451	136	
F18	0,01	0,46	0,01	0,36	0,80	13,8	4,7	60,3	18,2	35,6	3,3	22,4	385,7	281,5	23,9	2,2	6,8	1,7	18	72	862	48	
F22	0,01	0,37	0,01	0,30	0,75	15,2	4,9	67,6	17,6	35,6	3,4	24,0	400,0	312,8	25,1	2,1	6,6	0,3	18	67	917	51	
FC3						15,2	7,4	76,5	31,4	55,1	4,0	27,1	614,3	500,5	35,9	0,6			11	91	1368	124	
F16	0,01	0,23	0,01	0,18	0,47	11,9	6,1	63,2	27,0	40,5	3,5	27,1	500,0	422,3	34,7	1,1	6,8	1,3	18	72	1147	64	
F20	0,01	0,51	0,03	0,36	0,83	19,0	9,1	91,2	40,2	59,9	5,3	41,5	728,6	578,7	46,7	1,4	10,6	2,8	18	72	1637	91	
F21	0,02	0,29	0,01	0,15	0,45	2,4	0,9	10,3	4,0	7,5	0,7	5,0	84,3	67,3	5,3	0,3	3,2	1,9	18	56	194	11	
F27	0,03	3,40	0,66	1,47	2,05	22,4	5,4	88,2	23,1	43,7	3,6	28,7	457,1	375,4	29,9	20,4	38,0	16,9	18	89	1161	64	
F27.2			1,15			61,9	53,9	882,4	192,5	324,0	23,1	154,9	3000,0	1720,4	119,7	16,5			12	100	6550	546	
F25	0,01	0,51	0,03	0,47	0,85	15,2	6,9	72,1	29,7	45,4	3,9	31,9	557,1	484,8	37,1	0,5	8,2	3,1	18	67	1298	72	
F29	0,01	0,44	0,01	0,37	0,75	9,5	2,7	33,8	11,0	21,1	1,9	13,9	228,6	203,3	15,6	2,0	5,2	1,5	18	72	552	31	
F30	0,01	0,55	0,07	0,54	0,85	6,7	2,5	29,4	11,6	16,2	1,5	12,1	200,0	203,3	15,6	0,5	6,8	1,4	18	67	510	28	
F42	0,01	0,60	0,02	0,56	1,00	8,6	2,2	26,5	8,8	15,7	1,6	11,0	171,4	142,3	12,0	10,0	3,6	1,4	18	72	417	23	
F43	0,01	0,40	0,02	0,41	0,73	4,5	1,2	17,6	5,3	9,1	0,9	6,4	100,0	92,3	7,1	0,0	3,8	1,3	17	65	251	15	
F52	0,01	0,46	0,01	0,42	0,84	3,7	0,9	10,9	4,1	6,8	0,6	5,4	78,6	84,5	6,6	0,6	3,4	0,4	18	50	208	12	
FC5						7,1	3,2	32,4	13,2	19,4	1,6	12,1	228,6	203,3	15,6	0,4			11	91	537	49	
F33	0,01	0,37	0,06	0,57	0,42	4,2	2,3	52,9	8,3	15,9	1,3	8,8	141,4	98,5	7,9	1,3	4,8	13,1	18	72	362	20	
F36	0,01	0,14	0,01	0,13	0,26	0,0	0,8	13,2	3,4	6,2	0,5	3,7	60,0	45,4	3,5	0,2	2,0	0,7	17	47	140	8	
F37	0,01	0,12	0,01	0,06	0,17	1,4	1,0	13,8	4,6	6,5	0,5	4,0	65,7	53,2	4,0	0,3	2,2	1,5	18	61	159	9	
FC4	0,01	0,39	0,04	0,33	0,54	5,2	2,0	30,9	8,3	13,9	1,2	8,6	142,9	114,2	9,5	2,3	3,8	1,3	18	72	345	19	
F39	0,01	0,37	0,03	0,22	0,54	3,3	1,6	13,1	6,1	7,5	0,7	5,1	80,0	65,7	5,0	3,1	4,6	1,9	18	67	199	11	
F44	0,01	1,88	0,07	0,34	0,85	5,2	3,4	55,9	14,3	19,4	1,5	12,1	214,3	154,8	11,7	1,0	4,2	3,7	18	78	505	28	
F45	0,01	0,82	0,11	0,57	0,90	7,6	2,7	45,6	11,0	21,1	1,7	12,3	200,0	154,8	12,0	3,0	8,2	1,9	18	72	484	27	
F46	0,01	0,60	0,06	0,34	0,63	4,1	2,1	29,4	10,5	15,2	1,1	9,6	157,1	126,7	10,1	2,5	7,2	1,5	18	72	379	21	
F49	0,04	0,83	0,36	0,56	1,32	6,2	2,9	47,1	15,4	22,7	1,8	17,6	271,4	234,6	18,0	1,0	15,0	1,7	18	78	658	37	