

Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden.	Løpenr. (for bestilling) 5583-2008	Dato 16/06-2008
	Prosjektnr. Undernr. O-27439	Sider Pris 58
Forfatter(e) John Arthur Berge Jan Magnusson Merete Schøyen Jens Skei	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oslo/Akershus	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Oslo- og Akershus (FOA)		Oppdragsreferanse S. Haraldsen

Sammendrag

Undersøkelser av forekomst av miljøgifter i sedimenter er gjennomført på 22 stasjoner i Bunnefjorden. Følgende miljøgifter inngår i undersøkelsen: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), tinnorganiske forbindelser (eksempelvis tributyltinn =TBT), polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Resultatene er sammenlignet med undersøkelser fra 1992. De observerte konsentrasjoner er klassifisert både i henhold til SFTs gamle (TA-1467/1997) og nye (TA-2229/2007) klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Det nye klassifiseringssystemet er basert på giftighet, mens det gamle i hovedsak har en statistisk forankring. Resultatene viser at konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly er redusert med en faktor på 1,5-1,7, mens reduksjonen for PCB tilsvarte en faktor på 8,6. Resultatene tyder på at tilførselen til Bunnefjorden av kadmium, kvikksølv, bly og PCB er blitt tydelig redusert de siste 16 år. De to klassifiseringssystemene gir forskjellig fokus på hvilke metaller som er hovedproblemet i fjordområdet. Benyttes SFTs tidligere klassifisering er fokus mest på Cd, mens det i det nye systemet blir mest fokus på Cu til dels også på Pb. SFTs gamle klassifiseringssystem for TBT gir et mer gradert bilde av miljøsituasjonen i Bunnefjorden enn det nye basert på toksisitet. For PCB ga de to klassifiseringssystemene det samme graderte bilde av miljøsituasjonen. For ΣPAH er de to systemene omtrent identiske og ga samme graderte bilde av miljøforholdene. Den nye klassifiseringen omfatter 16 enkeltforbindelser av PAH, hvorav kun benzo(a)pyren var med i den tidligere utgaven. Klassifiseringen etter det nye systemet tyder på at konsentrasjonen av benzo(a)pyren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3cd), pyren og benzo(ghi)perylene vil kunne gi toksiske effekter på en eller flere stasjoner. De observerte konsentrasjoner av benzo(ghi)perylene var såpass høye at toksiske effekter ved korttidsponering kan forventes på alle stasjoner.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøgifter	1. Micropollutants
2. Sedimenter	2. Sediments
3. Bunnefjorden	3. Bunnefjorden
4. Indre Oslofjord	4. Indre Oslofjord



John Arthur Berge
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden

Forord

Med utgangspunkt i sedimentundersøkelsen fra 1992, samt "Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslofjorden, fase 1" ønsket Fylkesmannen i Oslo- og Akershus (FOA) ved S. Haraldsen å få gjennomført undersøkelser med tanke på å skaffe tilveie oppdatert informasjon om forekomst av miljøgifter i sedimenter i Bunnefjorden. På oppfordring av FOA laget NIVA derfor en skisse til slike undersøkelser (notat av 1. november 2007) og etter diskusjon med FOA kom en frem til det endelige omfanget av undersøkelsene.

I prosjektperioden har S. Haraldsen vært kontaktperson hos Fylkesmannen. Feltarbeidet ble gjennomført 20. og 21. november 2007 av Merete Schøyen og Jens Skei. Til gjennomføring av feltarbeidet ble forskningsfartøyet "Bjørn Føyn" innleid fra Universitetet i Oslo. John Arthur Berge har vært prosjektleder hos NIVA.

Oslo, 16/06 2008

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	7
2.1 Feltarbeid og prøveinnsamling	7
2.2 Kjemiske analyser	10
3. Resultater og diskusjon	12
3.1 Metaller	15
3.2 Tinnorganiske forbindelser	21
3.3 Polyklorerte bifenyler (PCB)	24
3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	26
3.5 Sammenligning med resultater fra 1992	32
4. Referanser	36
Vedlegg A. Sedimentbeskrivelse	37
Vedlegg B. Analyserapport	40
Vedlegg C. SFTs nye klassifiseringssystem	55
Vedlegg D. Vedleggsfigurer	57

Sammendrag

Undersøkelser av forekomst av miljøgifter i sedimenter er gjennomført på 22 stasjoner i Bunnefjorden. I nærheten av 8 av disse ble det i 1992 gjennomført tilsvarende undersøkelser. Følgende miljøgifter inngår i undersøkelsen: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), tinnorganiske forbindelser inkludert tributyltinn (TBT), polyklorerte bifenyler (PCB) og polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). I tillegg er også støtteparametere som tørrstoffinnhold, kornstørrelse og innhold av total mengde organisk karbon (TOC) analysert. Resultatene er klassifisert både i henhold til SFTs gamle (TA-1467/1997) og nye (TA-2229/2007) klassifiseringssystem. Det nye klassifiseringssystemet er basert på giftighet, mens det gamle har i hovedsak en statistisk forankring.

Metaller og TBT: Konsentrasjonene av Cr, Cu, Ni, Pb og Zn i overflatesedimentet i Bunnefjorden var i hovedsak lave (tilstandsklasse I-II) dersom en legger det gamle klassifiseringssystemet til grunn. For Cd og Hg kunne imidlertid sedimentet på noen lokaliteter også klassifiseres som nokså dårlige/markert forurenset. Ved klassifisering basert på giftighet er det spesielt Cu som peker seg ut som et problem, mens en ut fra konsentrasjonen av Cd, Cr og Ni ikke kan forvente toksiske effekter. Basert på tallmaterialet fra Bunnefjorden synes de to klassifiseringssystemene å gi forskjellig fokus på hvilke metaller som er hovedproblemet i fjordområdet. Benyttes SFTs tidligere klassifisering er fokus mest på Cd, mens det i det nye systemet blir mest fokus på Cu til dels også på Pb. Hg faller omtrent likt ut i begge systemene. Det ble observert høye konsentrasjoner av TBT i alle sedimentprøver og toksiske effekter kan forventes på alle stasjoner. SFTs gamle klassifiseringssystem gir et mer gradert bilde av miljøsituasjonen i Bunnefjorden enn det nye basert på toksisitet. Det nye klassifiseringssystemet inneholder imidlertid også en ”forvaltningsmessig klassifisering ” hvor grenseverdiene er de samme som i det gamle systemet og dermed gir samme graderte bilde som tidligere.

PCB: Konsentrasjonene av PCB var i hovedsak lave i hele området og det var kun sedimenter fra en stasjon utenfor Ursvik (stasjon 19) at det ble observert såpass høye konsentrasjoner at toksiske effekter ved langtidseksponering kan forekomme. De to klassifiseringssystemene ga det samme graderte bilde av miljøsituasjonen i området.

PAH: Det ble observert høye PAH-konsentrasjoner på 4 av 22 stasjoner. Spesielt høye var konsentrasjonene på stasjon 7 ved Speilodden. Grenseverdiene i det to klassifiseringssystemene er de samme, men det gamle systemet omfatter ikke naftalen slik at de to klassifiseringssystemene likevel ikke er helt identiske. Dette betydde imidlertid lite og de to klassifiseringene basert på henholdsvis Σ PAH og Σ PAH16 ga samme graderte bilde av miljøforholdene. SFTs gamle klassifiseringssystem basert på benzo(a)pyren ga et mer gradert bilde av miljøsituasjonen i Bunnefjorden enn det nye. Den nye klassifiseringen omfatter 16 enkeltforbindelser av PAH, hvorav kun benzo(a)pyren var med i den tidligere utgaven. Klassifiseringen etter det nye systemet tyder på at de observerte nivåer av naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren hver for seg ikke utgjør noe toksisk problem på noen av stasjonene. De øvrige forbindelsene, dvs. (benzo(a)pyren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3cd), pyren og benzo(ghi)perylene) synes imidlertid hver for seg å kunne gi toksiske effekter på en eller flere stasjoner. De observerte konsentrasjonene av benzo(ghi)perylene var såpass høye at toksiske effekter ved korttidseksponering kan forventes på alle stasjoner.

Sammenligning med resultater fra 1992: En sammenligning av resultatene fra 1992 og 2007 viser at konsentrasjonen av metaller i overflatesedimentet er redusert. Gjennomsnittlig er konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly redusert med en faktor på 1,5-1,7. Konsentrasjonen av PCB viste en entydig reduksjon på alle undersøkte områder. Den gjennomsnittlige reduksjonen var høyere enn for metaller og tilsvarer en faktor på 8,6. På grunnlag av sammenligningene kan vi slå fast at tilførslene til Bunnefjorden av kadmium, kvikksølv, bly og PCB er blitt tydelig redusert de siste 16 år.

1. Innledning

Observasjoner av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden er i dag til dels meget ufullstendig. Sedimentundersøkelser fra 1992 (Konieczny, 1994) dekket bare deler av Bunnefjorden og bare noen av dagens aktuelle miljøgifter.

Med utgangspunkt i sedimentundersøkelsen fra 1992, samt ”Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslofjorden. Fase 1. Miljøtilstand, kilder og prioriteringer” (Helland mfl. 2003), har 22 stasjoner blitt plukket ut med hovedhensikten å dekke Bunnefjorden samt å se nærmere på områder hvor en kan anta at det forekommer eller ha forekommet utslipp av miljøgifter. For valg av områder har det også vært kontakt med enkelte saksbehandlere i kommunene, samt i diskusjon med FOA. I hovedsak er stasjoner nær strandlinjen valgt etter mulige kjente problemområder som for eksempel utslippet fra Nordre Follo r.a., småbåthavnen ved utløpet av Gjersjøelva og andre områder med båthavner, marinaer eller elveutløp. Stasjoner på dypet i fjorden er valgt for å representere større områder, samt for å sammenligne med resultatene fra 1992.

2. Materiale og metoder

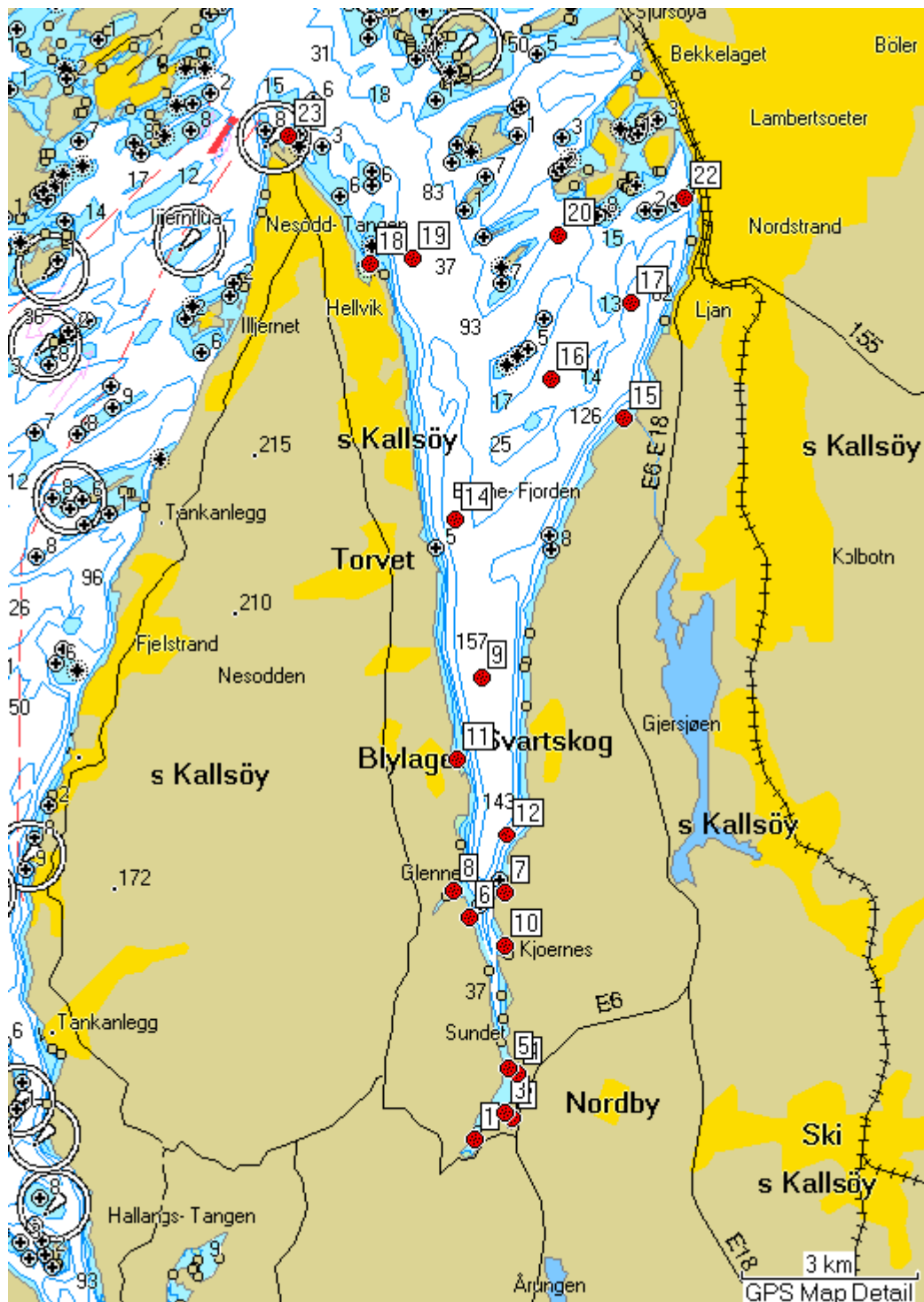
2.1 Feltarbeid og prøveinnsamling

Sedimentprøvene ble innsamlet 20. og 21. november 2007 fra Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy "Bjørn Føyn". Det ble benyttet en Gemini-corer (doble rør) for å hente opp sedimentprøvene. Prøvetakeren er konstruert for å gi minst mulig forstyrrelse av sedimentene og for å bevare overgangen mellom sediment og vann. Det ble hentet opp sedimentprøver fra 22 stasjoner i Bunnefjorden (**Tabell 1** og **Figur 1**). Stasjons- og sedimentbeskrivelser er gitt i **Vedlegg A**.

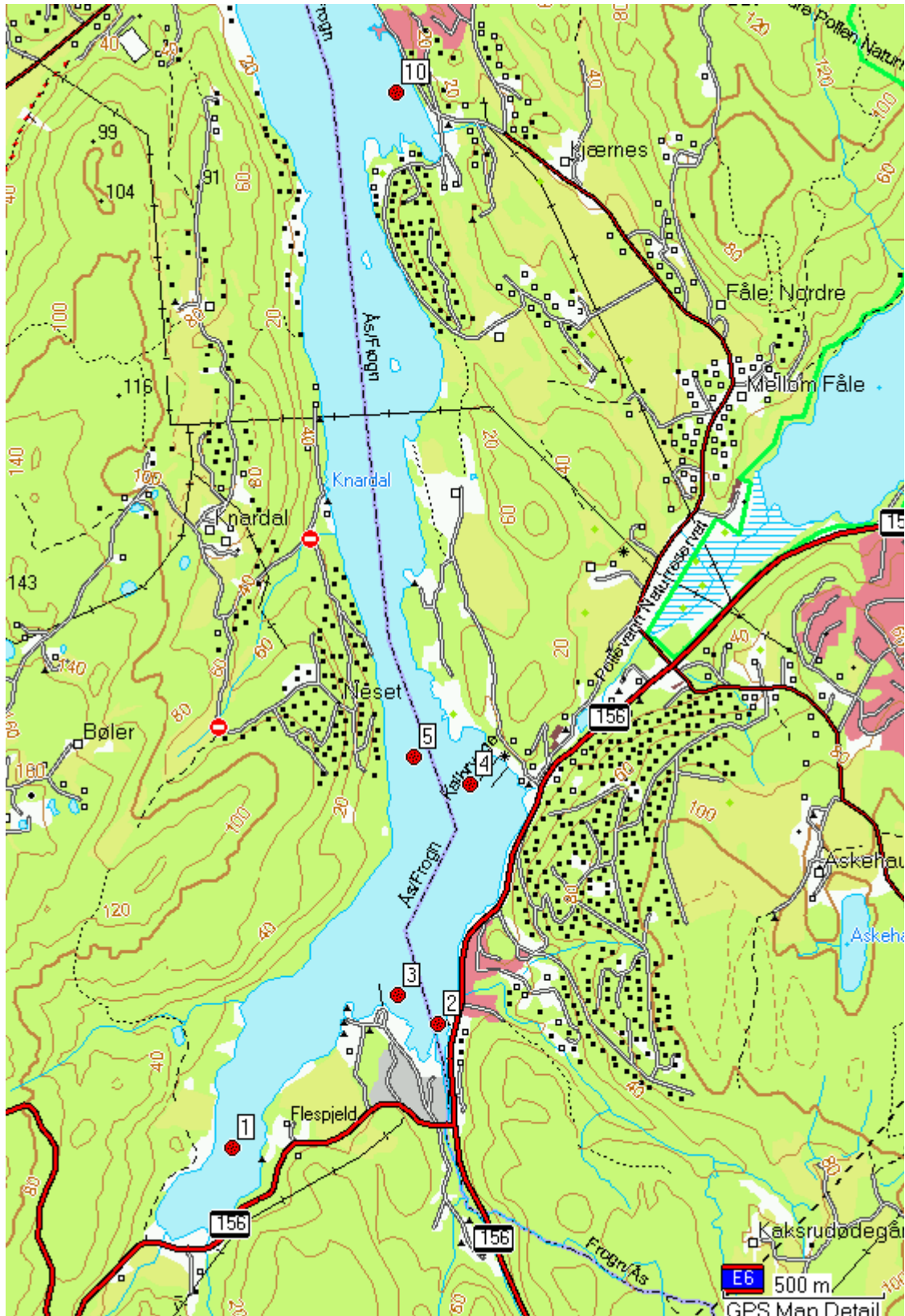
Tabell 1. Posisjoner og dyp for stasjoner i Bunnefjorden hvor det ble tatt sedimentprøver for miljøgiftanalyser 20. og 21. november 2007.

Stasjons nr	Posisjon	Dyp (m)
1	N59 43.144 E10 42.994	6,2
2	N59 43.351 E10 43.682	1,5
3	N59 43.400 E10 43.546	10
4	N59 43.755 E10 43.789	15,5
5	N59 43.801 E10 43.602	28,7
6	N59 45.174 E10 42.901	4,7
7	N59 45.396 E10 43.552	5,7
8	N59 45.409 E10 42.610	7,5
9	N59 47.370 E10 43.148	153
10	N59 44.917 E10 43.544	5
11	N59 46.621 E10 42.674	6,5
12	N59 45.934 E10 43.580	61
14	N59 48.811 E10 42.640	139
15	N59 49.731 E10 45.699	8,7
16	N59 50.093 E10 44.405	98
17	N59 50.790 E10 45.836	107
18	N59 51.138 E10 41.095	5
19	N59 51.188 E10 41.893	91
20	N59 51.404 E10 44.533	72
22	N59 51.735 E10 46.801	53
23	N59 52.294 E10 39.631	16,9
24	N59 51.820 E10 40.280	16,3

Det ble tatt 3 sedimentkjerner på hver stasjon og kjernene ble grovt beskrevet med hensyn på farge, konsistens og lukt. Sedimentkjernene ble snittet i de øverste 0-2 cm og ble fortløpende lagt i glødede prøveglass. Snittene fra de tre kjernene ble alle homogenisert på laboratoriet før det ble tatt ut en lik andel fra hver som tilslutt utgjorde en blandprøve per stasjon.



Figur 1. Kart som gir en oversikt over stasjoner i Bunnefjorden prøvetatt 20. og 21. november 2007.



Figur 2. Detaljkart som viser stasjonene i den sydlige delen av undersøkelsesområdet i Bunnefjorden.



Figur 3. Detaljkart som viser stasjonene i området nord for det som vises i Figur 2

2.2 Kjemiske analyser

Alle de 22 prøvene ble analysert for PCB₇, PAH, TBT, og tungmetallene Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn og Ni, og totalt organisk karbon (TOC). Sedimentenes innhold av silt og leire (<63µm) ble også analysert. De kjemiske analysene ble utført ved NIVAs laboratorier i Oslo.

En oversikt over de anvendte analysemetodene ses i **Tabell 2**.

Tabell 2. Oversikt over anvendte analysemetoder.

ICP-AES=Induktivt koblet plasma - emisjonsspektrometri. GC/ECD= gasskromatograf med elektroninnfangingsdetektor. MSD=masseselektiv detektor.

GC-AED=gasskromatograf med atomemisjonsdetektor. GC/MSD=gasskromatograf med masseselektiv detektor. FID=flammeionisasjonsdetektor.

Prøvetype	Parameter	Analysemetode
Sediment	Partikkelstørrelse (fraksjon <64µm)	Frysetørking, tørrsikting og gravimetri
Sediment	TOC	NIVA- metode nr G 6. Katalytisk forbrenning av organisk materiale og deteksjon av CO ₂ ved hjelp av en varmetrådsdetektor. Instrumentering: Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS.
Sediment	PCB	NIVA- metode nr H 3-3. Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektive retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.
Sediment	PAH	NIVA- metode nr H 2-3. Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Ekstraktet gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet med GC/FID eller GC/MSD. PAH identifiseres med FID ut fra retensjonstider og med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.
Sediment	Metaller (Cr, Ni, Pb, Zn,	NIVA- metode nr E 9-5. Metallanalysene ble foretatt med ICP-AES. Følgende instrumentering ble benyttet: Perkin-Elmer Optima 4300 DV, Perkin-Elmer Autosampler AS 93, Hewlett Packard LaserJet 100, Polyscience Chiller (kjøler).
Sediment	Kvikksølv	NIVA- metode nr E 4-3. Analyse foretas ved kalddampeteknikk. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgameringsystem. Instrumentering: Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS.
Sediment	Tinnorganiske forbindelser	NIVA- metode nr H 14-1. 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 gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden. Instrumentering: Hewlett Packard 5890 Series II gasskromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 atomemisjons-detektor.

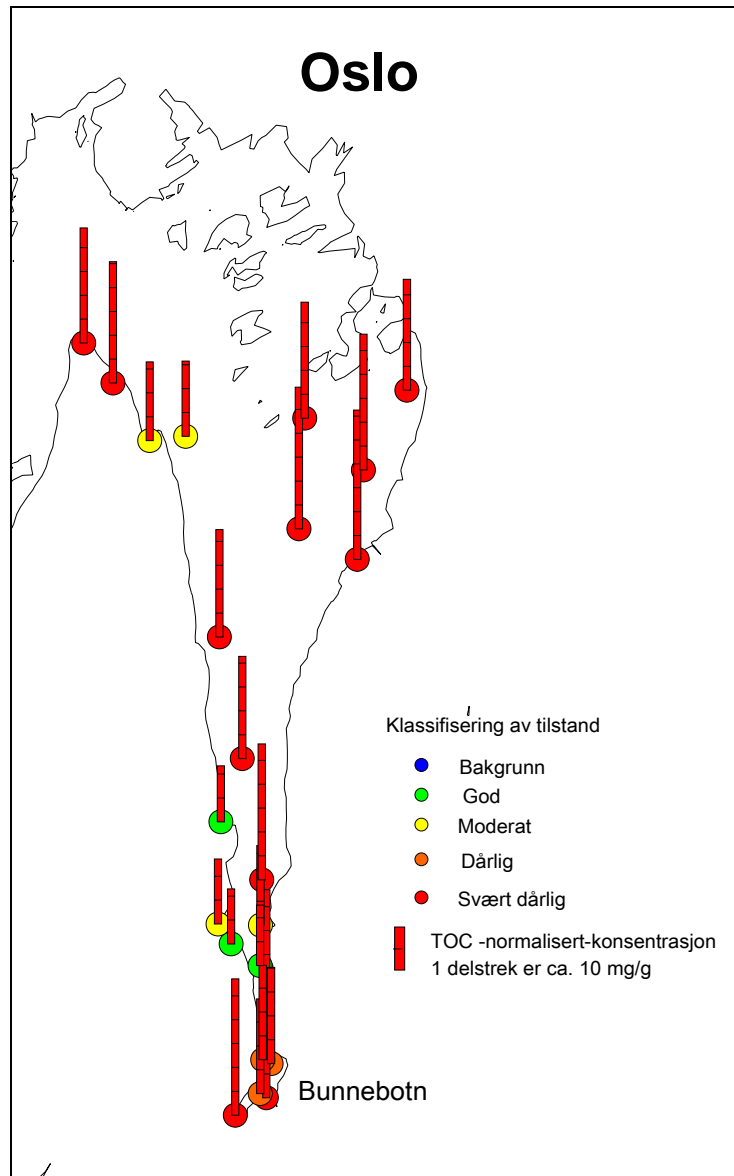
3. Resultater og diskusjon

De analyserte overflatesedimentene var relativt finkornige med et høyt vanninnhold og med unntak av 3 stasjoner (6, 10 og 11) inneholdt sedimentet også relativt mye organisk karbon (**Tabell 3, Figur 4**). Den største variasjonen i tørrstoffinnhold, kornstørrelse og innhold av organisk karbon (TOC) ble observert i prøver fra dyp grunnere enn ca 10 m (**Figur 5**). Prøver fra større dyp viste liten variasjon i disse 3 parametere (**Figur 5**).

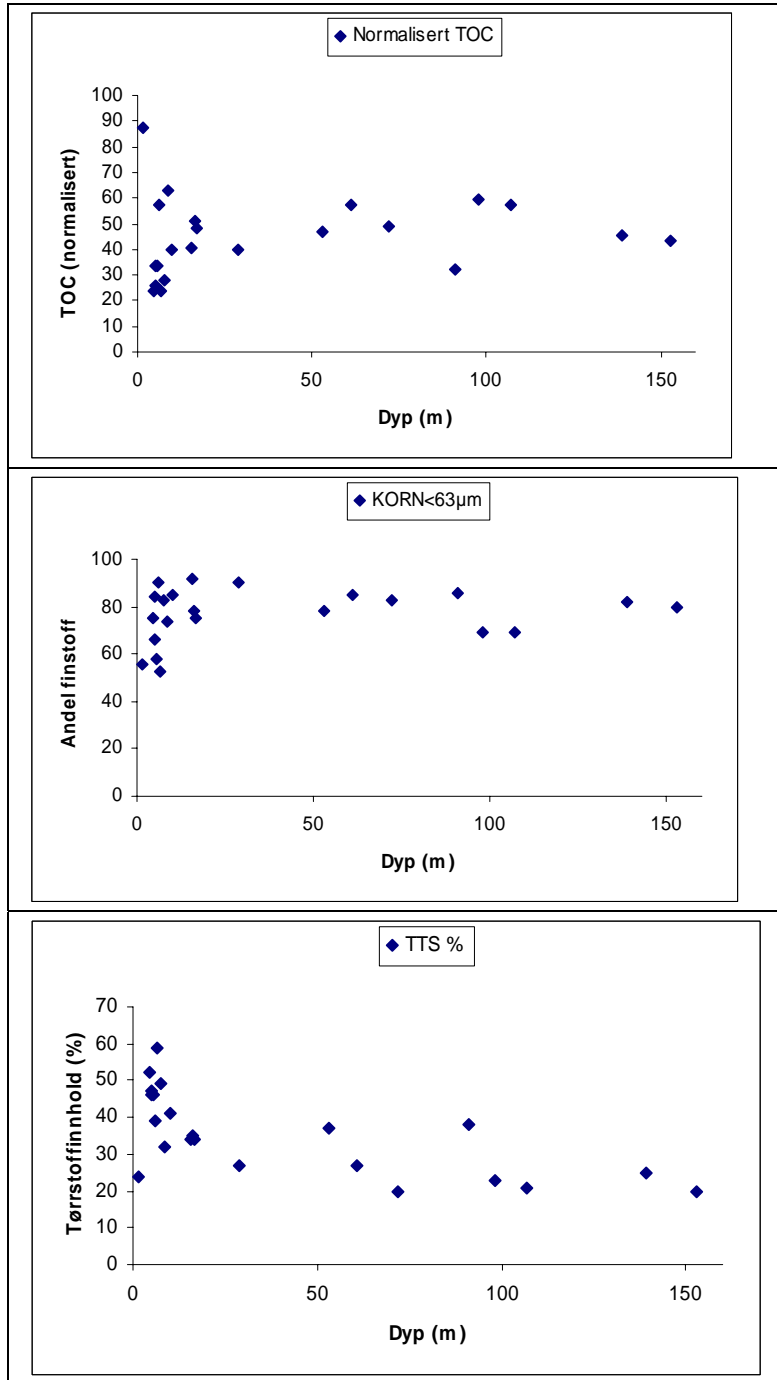
Tabell 3. Tørrstoffinnhold, kornstørrelse og innhold av total mengde organisk karbon (TOC) i bunnsedimenter fra stasjoner i Bunnefjorden. Beregnede verdier for **TOC**_{normalisert} er klassifisert etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær mfl. 1997).

	TTS/%	KORN<63µm	TOC	TOC normalisert ¹⁾	Dyp
Stasjon	%	% t.v.	µg/mg C TS	µg/mg	(m)
St. 1	39	90	55,5	57,3	6,2
St. 2	24	56	79,2	87,12	1,5
St. 3	41	85	37,3	40	10
St. 4	34	92	39,2	40,64	15,5
St. 5	27	90	38,1	39,9	28,7
St. 6	52	75	19	23,5	4,7
St. 7	46	58	26,2	33,76	5,7
St. 8	49	83	24,6	27,66	7,5
St. 9	20	80	39,5	43,1	153
St.10	46	84	22,9	25,78	5
St. 11	59	53	15,4	23,86	6,5
St. 12	27	85	54,4	57,1	61
St. 14	25	82	42	45,24	139
St. 15	32	74	58	62,68	8,7
St. 16	23	69	53,9	59,48	98
St. 17	21	69	51,5	57,08	107
St. 18	47	66	27,2	33,32	5
St. 19	38	86	29,4	31,92	91
St. 20	20	83	45,8	48,86	72
St. 22	37	78	42,8	46,76	53
St. 23	34	75	44	48,5	16,9
St. 24	35	78	47,1	51,06	16,3

¹⁾TOC_{normalisert}=TOC_{målt} + 18*(1-F) hvor F er andelen finstoff



Figur 4. Konsentrasjoner av TOC i sedimenter på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvare resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 3.



Figur 5. Organisk innhold (TOC normalisert, $\mu\text{g}/\text{mg}$), andel finfraksjon (Korn < 63 μm) og tørrestoffinnhold (TTS %) i overflatesediment som funksjon av bunn dyp på prøvetaksstedet.

3.1 Metaller

Konsentrasjonene av krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn) i overflatesedimentet i Bunnefjorden var i hovedsak lave (tilstandsklasse I-II) dersom en legger klassifiseringen etter Molvær mfl. 1997 til grunn (**Tabell 4**). For kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) kunne imidlertid sedimentet på noen lokaliteter også klassifiseres som nokså dårlig/markert forurenset.

Ved klassifisering basert på giftighet (c.f. klassifiseringssystem vist i vedlegg C) er det spesielt kobber som peker seg ut som et problem i store deler av undersøkelsesområdet, mens kadmium krom og nikkel ser ut til å være uproblematisk ut fra et toksisitetssynspunkt (**Tabell 5**, se også vedlegg D). Også kvikksølv og bly i sedimenter fra st. 22 (Nordstrand), st. 23 og st. 24 (begge nær Nesoddtangen) opptrer i slike konsentrasjoner at en må forvente toksiske effekter (**Tabell 5, Figur 7**). Toksiske effekter kan også forventes på enkelte stasjoner på bakgrunn av sinkkonsentrasjonen (st. 16 og 24) (**Tabell 5, Figur 8**). Kobber, bly og sink ble ikke identifisert som noe problem basert på klassifisering etter Molvær mfl. 1997 (**Tabell 4**).

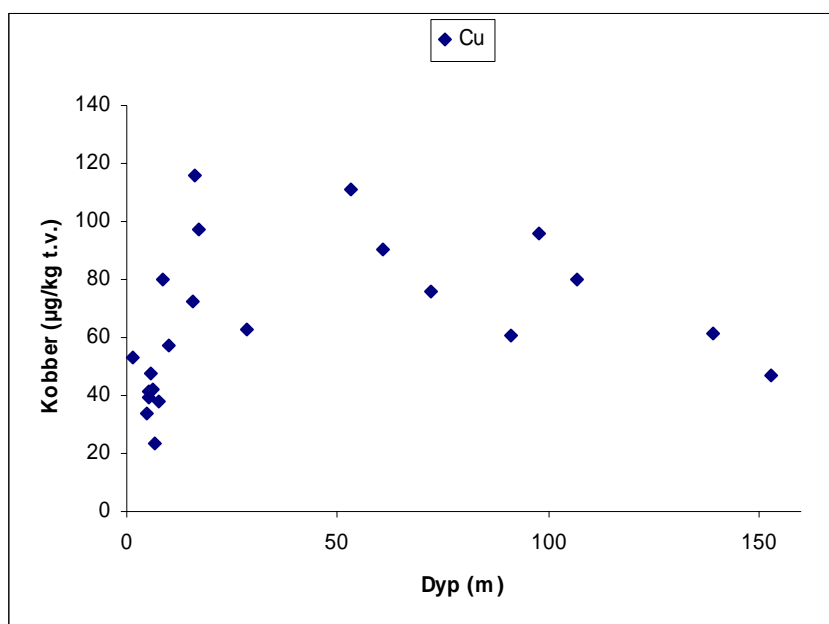
Basert på tallmaterialet fra Bunnefjorden synes de to klassifiseringssystemene å gi forskjellig fokus på hvilke metaller som er hovedproblemet i fjordområdet. Benyttes SFTs tidligere klassifisering er fokus mest på kadmium (**Tabell 4**), mens det i det nye systemet blir mest fokus på kobber til dels også på bly (**Tabell 5**). Kvikksølv faller omtrent likt ut i begge systemene.

Det var ingen klar sammenheng mellom dyp og konsentrasjonen av metaller i sedimentene. Den største variasjonen i konsentrasjoner ble imidlertid observert i de grunne områdene slik en ser for kobber i **Figur 6**.

Tabell 4. Innhold av metaller i bunnsedimenter fra stasjoner i Bunneffjorden. Observerte konsentrasjoner er klassifisert etter SFTs gamle miljøkvalitetskriterier for sedimenter (Molvær mfl. 1997). Resultatet for følgende metaller er vist: krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/Ubetydelig - lite forurenset	
II	Mindre god/moderat forurenset	
III	Nokså dårlig/markert forurenset	
IV	Dårlig/sterkt forurenset	
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Stasjon	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
St. 1	0,3	44,6	41,9	0,189	33,1	28	171
St. 2	0,5	32,4	53,1	0,092	27,6	22	156
St. 3	0,79	43	57,4	0,191	33,3	35	214
St. 4	0,9	52,4	72,2	0,256	39,3	42,3	231
St. 5	0,6	49,8	62,5	0,254	37,4	39	205
St. 6	0,4	34,7	33,6	0,188	27	27	117
St. 7	0,6	36,9	47,9	0,383	27,6	35	155
St. 8	0,5	38,2	37,9	0,321	28,5	32	152
St. 9	0,6	35,3	47,1	0,255	31,1	42,5	221
St.10	0,5	39,4	41,1	0,321	28,5	34	148
St. 11	0,2	29	23,5	0,196	22,2	24	79,8
St. 12	1,3	56,1	90,2	0,366	36,8	50,1	260
St. 14	1	40,3	61,5	0,358	30,1	56,4	273
St. 15	1,1	37,3	80,2	0,324	27,1	42,3	348
St. 16	1,9	56,1	95,6	0,527	38,4	92,9	415
St. 17	1,3	47,5	80,3	0,404	36,9	71,4	337
St. 18	0,6	31,9	39	0,251	23,9	31	129
St. 19	0,7	48,6	60,7	0,392	34,1	60,1	217
St. 20	1,1	46,8	75,9	0,396	33,8	67	306
St. 22	0,81	73,7	111	1,308	40,6	106	258
St. 23	0,3	67,9	97,2	1,317	32,5	86,7	178
St. 24	1,6	71	116	1,18	39,2	102	460

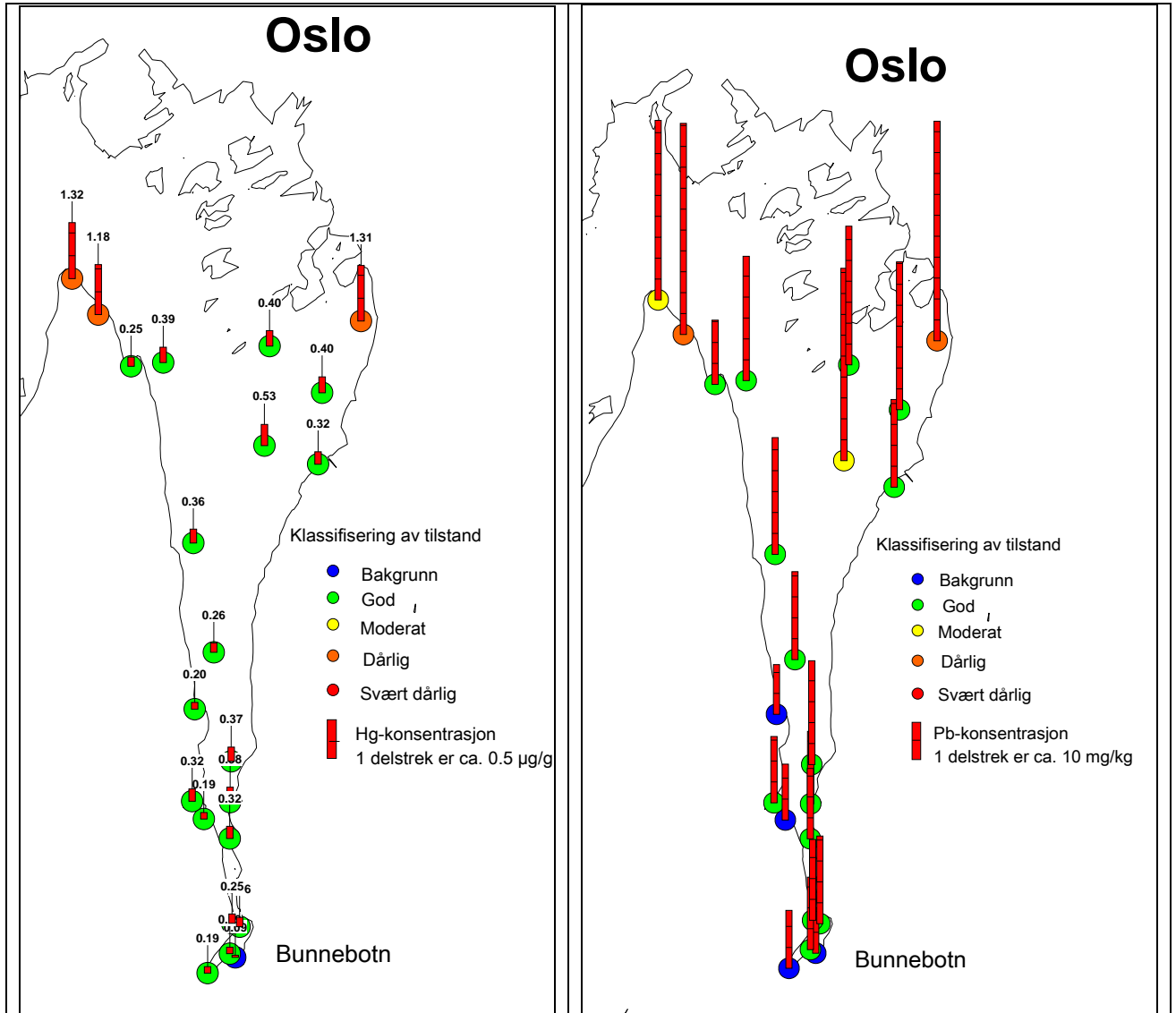


Figur 6. Konsentrasjonen av kobber i overflatesedimentet som funksjon av bunndyp på prøvetakingsstedet.

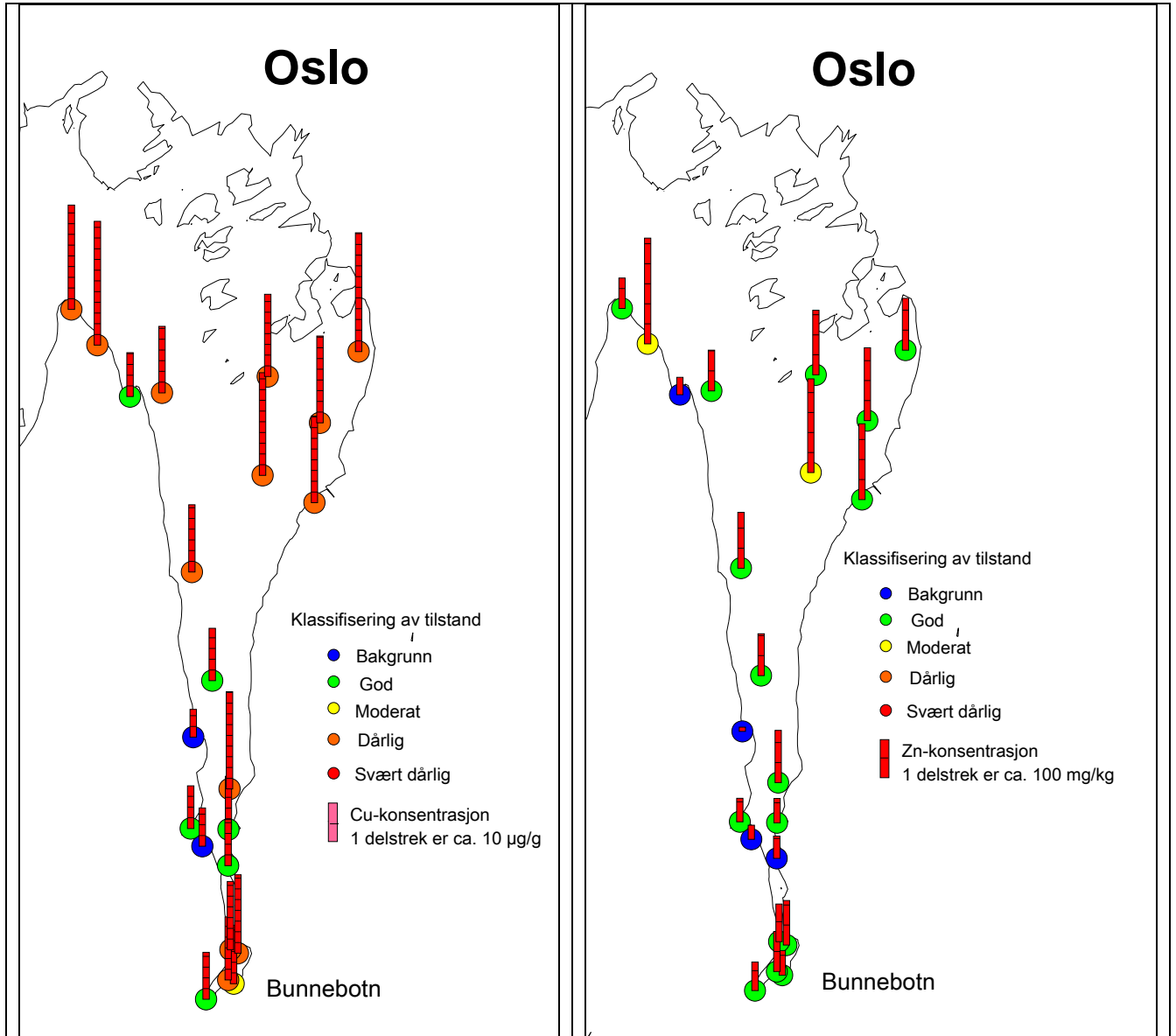
Tabell 5. Innhold av metaller i bunnsedimenter fra stasjoner i Bunneffjorden. Observerte konsentrasjoner er klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007). Resultatet for følgende metaller er vist: krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksponering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksponering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksponering	

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Merket	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
St. 1	0,3	44,6	41,9	0,189	33,1	28	171
St. 2	0,5	32,4	53,1	0,092	27,6	22	156
St. 3	0,79	43	57,4	0,191	33,3	35	214
St. 4	0,9	52,4	72,2	0,256	39,3	42,3	231
St. 5	0,6	49,8	62,5	0,254	37,4	39	205
St. 6	0,4	34,7	33,6	0,188	27	27	117
St. 7	0,6	36,9	47,9	0,383	27,6	35	155
St. 8	0,5	38,2	37,9	0,321	28,5	32	152
St. 9	0,6	35,3	47,1	0,255	31,1	42,5	221
St.10	0,5	39,4	41,1	0,321	28,5	34	148
St. 11	0,2	29	23,5	0,196	22,2	24	79,8
St. 12	1,3	56,1	90,2	0,366	36,8	50,1	260
St. 14	1	40,3	61,5	0,358	30,1	56,4	273
St. 15	1,1	37,3	80,2	0,324	27,1	42,3	348
St. 16	1,9	56,1	95,6	0,527	38,4	92,9	415
St. 17	1,3	47,5	80,3	0,404	36,9	71,4	337
St. 18	0,6	31,9	39	0,251	23,9	31	129
St. 19	0,7	48,6	60,7	0,392	34,1	60,1	217
St. 20	1,1	46,8	75,9	0,396	33,8	67	306
St. 22	0,81	73,7	111	1,308	40,6	106	258
St. 23	0,3	67,9	97,2	1,317	32,5	86,7	178
St. 24	1,6	71	116	1,18	39,2	102	460



Figur 7. Konsentrasjoner av kvikksølv (venstre) og bly (høyre) i sedimenter på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvarer resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 5.



Figur 8. Konsentrasjoner av kobber (venstre) og sink (høyre) i sedimenter på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvarer resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 5.

3.2 Tinnorganiske forbindelser

Det ble observert høye konsentrasjoner av TBT i alle sedimentprøver og toksiske effekter kan forventes på alle stasjoner. Hovedkilden til TBT er antatt å være fra bruk som begroingshindrende middel på båter og skip. SFTs gamle klassifiseringssystem gir et mer gradert bilde av miljøsituasjonen i Bunnefjorden enn det nye systemet basert på toksisitet (**Tabell 6**). Det nye klassifiseringssystemet inneholder imidlertid også en ”forvaltningsmessig klassifisering” hvor grenseverdiene er de samme som i det gamle systemet og dermed gir samme graderte bilde som tidligere.

De høyeste TBT-konsentrasjonene ble observert nær land (**Figur 9**) og det var ingen klar sammenheng mellom dyp og konsentrasjonen av TBT i sedimentet. Den største variasjonen i konsentrasjoner ble imidlertid observert i de grunne områdene og der var det også en tendens til at de høyeste konsentrasjonene ble observert (**Figur 10**). En antar at tidligere bruk av TBT på småbåter og aktiviteten rundt dette i småbåthavner er en viktig bidragsyter til de høye TBT-konsentrasjonene en har observert i enkelte grunnområder.

På 9 stasjoner (st 1, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12 og 20) var konsentrasjonen av nedbrytningsproduktet TBT høyere enn den antatte morforbindelsen TBT (**Tabell 6**). Dette kan tyde på at ny-tilførselen av TBT i dag er relativt liten.

Det ble i hovedsak målt lave konsentrasjoner av trifenylytinn (TPhT) og dets nedbrytningsprodukter. På 6 stasjoner (st. 2, 3, 4, 11, 22 og 24) ble det imidlertid observert konsentrasjoner over deteksjonsgrensen med den høyeste konsentrasjonen på stasjon 2 (**Tabell 6**) ved munningen av bekken som kommer fra Årungen (**Figur 2**).

Tabell 6. Konsentrasjonen av tinnorganiske forbindelser ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) i sedimenter fra Bunnefjorden. TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, TPhT=trifenyltinn, DPhT=difenyltinn, MPhT=monofenyltinn. Data fra de enkelte prøver er for TBT klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997) og etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

Fargekoder og grenseverdier brukt av Molvær mfl. 1997.

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	<1
II	Mindre god/moderat forurenset	1-5
III	Nokså dårlig/markert forurenset	5-20
IV	Dårlig/sterkt forurenset	20-100
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	>100

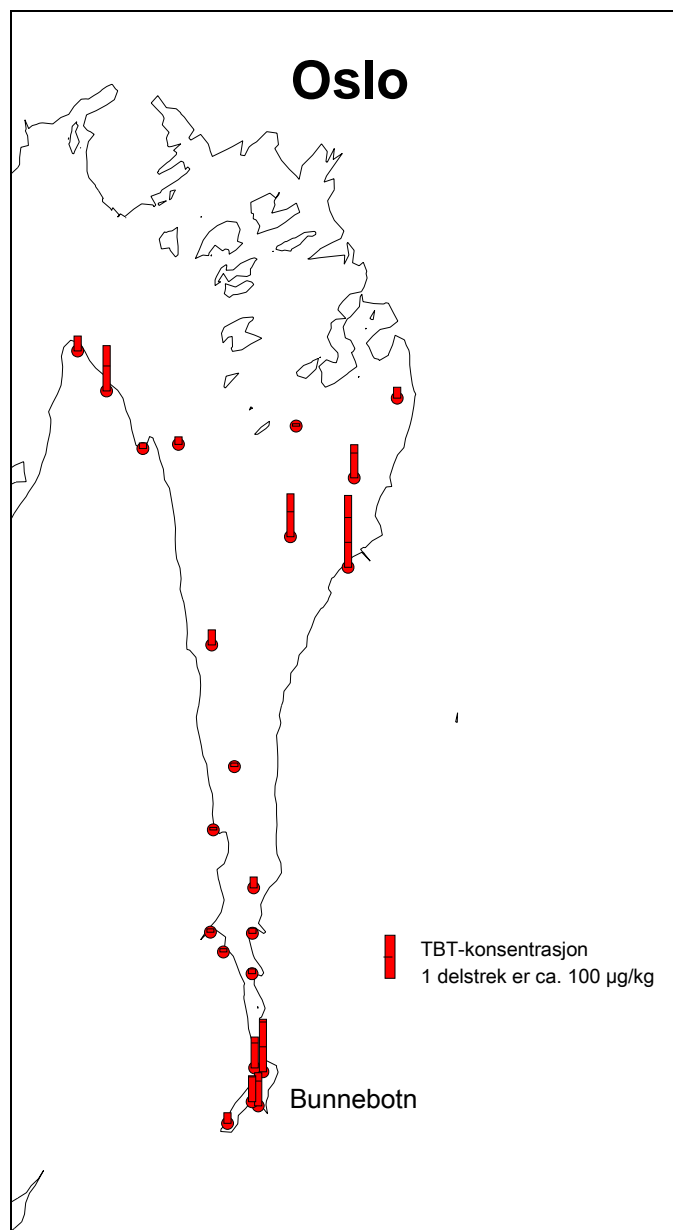
Fargekoder og grenseverdier brukt i SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007 se Vedlegg C.).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	<1
II	God/ ingen toksiske effekter	<0,002
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksponering	0,002-0,016
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksponering	0,016-0,032
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksponering	>0,032

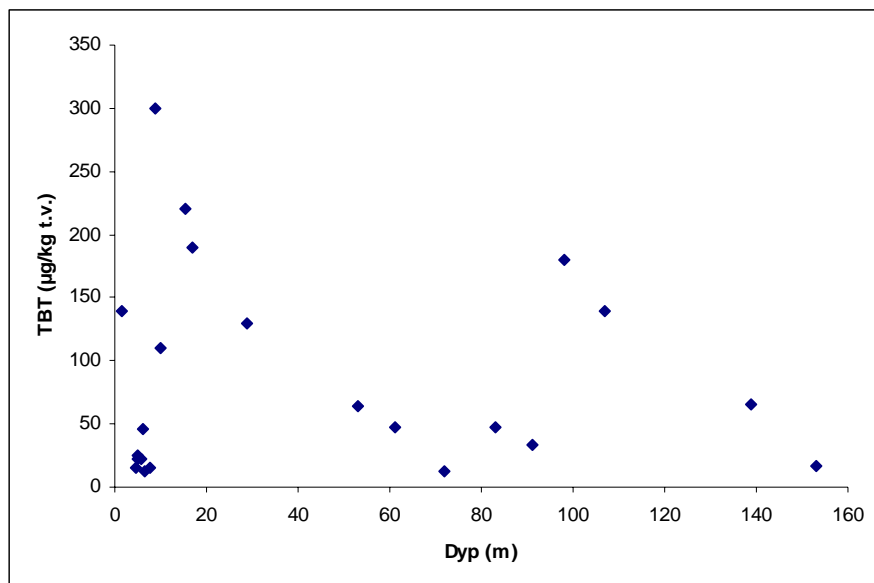
Stasjon	MBT\	DBT	TBT ¹⁾	TBT ²⁾	MPhT	DPhT	TPhT
St. 1	28	62	46	46	<5	<5	<5
St. 2	38	80	140	140	6,9	34	66
St. 3	41	140	110	110	7,8	6,4	14
St. 4	34	82	220	220	<5	<5	13
St. 5	23	65	130	130	<5	<5	<5
St. 6	15	31	16	16	<5	<5	<5
St. 7	19	25	23	23	<5	<5	<5
St. 8	16	21	16	16	<5	<5	<5
St. 9	<5	12	17	17	<5	<5	<5
St.10	24	28	22	22	<5	<5	<5
St. 11	10	15	12	12	<5	<5	6,7
St. 12	23	64	47	47	<5	<5	<5
St. 14	33	8,6	65	65	<5	<5	<5
St. 15	30	94	300	300	<5	<5	<5
St. 16	14	45	180	180	<5	<5	<5
St. 17	15	45	140	140	<5	<5	<5
St. 18	13	20	25	25	<5	<5	<5
St. 19	11	20	33	33	<5	<5	<5
St. 20	18	54	12	12	<5	<5	<5
St. 22	35	45	47	47	8,4	6	5,5
St. 23	36	54	64	64	6,1	<5	<5
St. 24	20	97	190	190	<5	5,2	8,4

¹⁾Klassifisering foretatt etter (Molvær mfl. 1997)

²⁾Klassifisering foretatt etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007)



Figur 9. Konsentrasjoner av TBT i sedimenteer på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle.



Figur 10. Konsentrasjonen av TBT i overflatesedimentet som funksjon av bunndyp på prøvetakingsstedet.

3.3 Polyklorerte bifenyl (PCB)

Konsentrasjonene av Σ PCB₇ (resultatet for enkeltkongenerer finnes i vedlegg B) var i hovedsak lave i hele området og det var kun i sedimentet fra stasjon 19 på 91 m dyp utenfor Ursvik at det ble observert såpass høye konsentrasjoner at toksiske effekter ved langtidseksponering kan forekomme (**Tabell 7**, **Figur 11**). Ved Ursvik ble det i 2005 foretatt prøvetildekking av forurensede sedimenter med antatt rene leirmasser fra mudringsarbeidene i Oslo havn. Hvis prøvetildekking har bidratt til de høyere PCB-konsentrasjonene som er observert i overflatesedimentet så kan dette muligens skyldes oppvirvling av forurensede sedimenter under deponeringen.

Grenseverdiene i det nye klassifiseringsystemet er endret noe, men de to systemene gir likevel det samme graderte bilde av miljøsituasjonen i området (**Tabell 7**). Det var ingen klar sammenheng mellom konsentrasjon og dyp.

Tabell 7. Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler (PCB) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) i sedimenter fra Bunnefjorden.

Data fra de enkelte prøver klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997) og etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

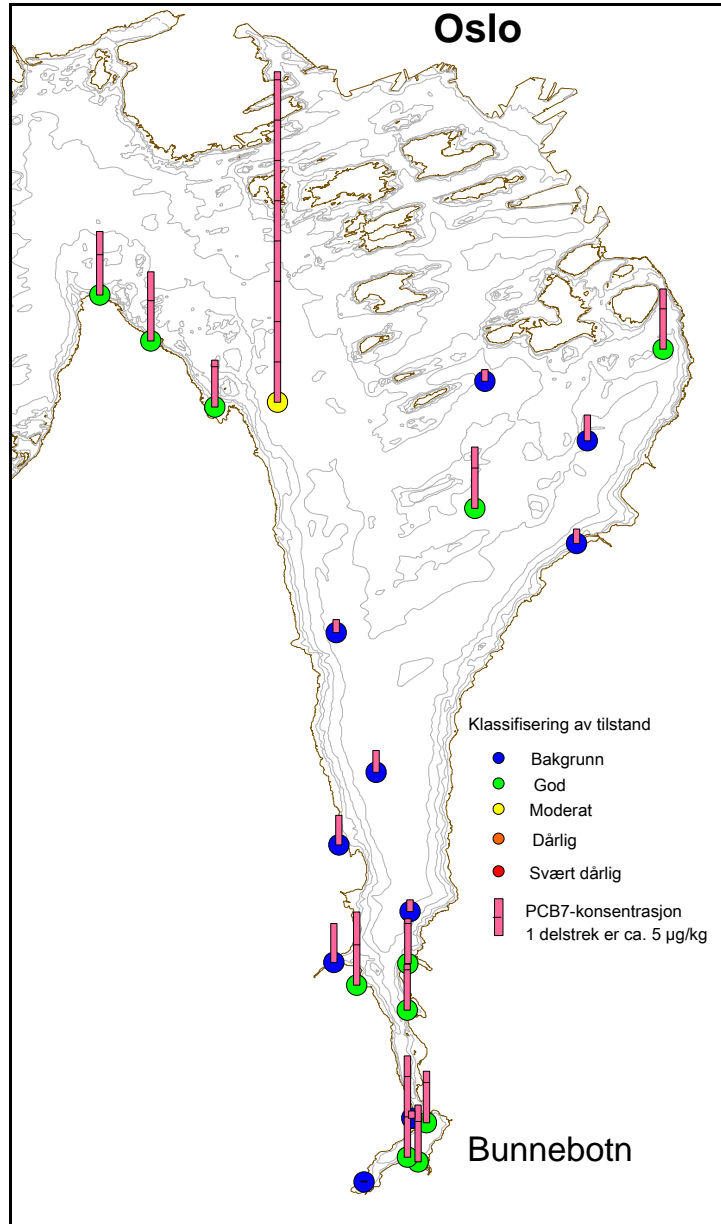
Fargekoder og grenseverdier brukt av Molvær mfl. 1997.

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	<5
II	Mindre god/moderat forurenset	5-25
III	Nokså dårlig/markert forurenset	25-100
IV	Dårlig/sterkt forurenset	100-300
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	>300

Fargekoder og grenseverdier brukt i SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007 se vedlegg C)

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	<5
II	God/ ingen toksiske effekter	5-17
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	17-190
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	190-1900
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	>1900

	Klassifisering etter Molvær mfl. 1997	Klassifisering etter TA-2229/2007
Stasjon	ΣPCB_7	ΣPCB_7
St. 1	0	0
St. 2	6,96	6,96
St. 3	12,5	12,5
St. 4	6,3	6,3
St. 5	0,81	0,81
St. 6	9	9
St. 7	5,48	5,48
St. 8	4,74	4,74
St. 9	2,6	2,6
St.10	5,61	5,61
St. 11	3,57	3,57
St. 12	1,34	1,34
St. 14	1,51	1,51
St. 15	1,68	1,68
St. 16	7,52	7,52
St. 17	3,09	3,09
St. 18	5,73	5,73
St. 19	41	41
St. 20	1,35	1,35
St. 22	7,4	7,4
St. 23	7,8	7,8
St. 24	8,5	8,5



Figur 11. Konsentrasjoner av ΣPCB_7 i sedimenter på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvare resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 7.

3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Det ble observert høye $\Sigma PAH/\Sigma PAH_{16}$ -konsentrasjoner på stasjon 7 (Speilodden), 11 (Blylaget), 22 (Nordstrand) og 23 (Ytterst på Nesoddtangen). Grenseverdiene i det to klassifiseringssystemene er de samme. ΣPAH omfatter imidlertid ikke naftalen slik at de to klassifiseringssystemene likevel ikke er helt identiske. Dette betydde imidlertid lite og klassifiseringen basert på henholdsvis ΣPAH og ΣPAH_{16} ga samme graderte bilde av miljøforholdene i Bunnefjorden (**Tabell 8**). De høyeste PAH konsentrasjonene ble observert i grunnområder, mens det ellers var liten sammenheng mellom PAH-konsentrasjon og dyp (**Figur 13**). SFTs gamle klassifiseringssystem basert benzo(a)pyren ga et mer gradert bilde av miljøsituasjonen i Bunnefjorden enn det nye systemet basert på toksisitet (**Tabell 8**).

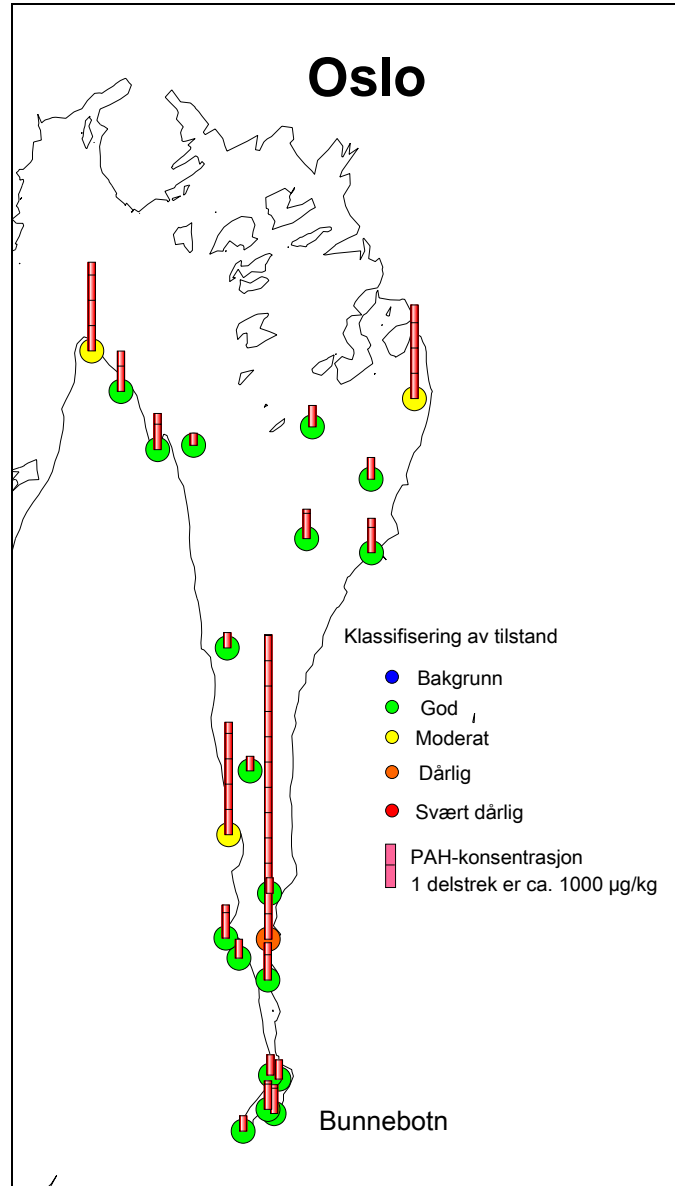
SFTs nye klassifiseringssystem for PAH omfatter 16 enkeltforbindelser, hvorav kun benzo(a)pyren var med i den tidligere utgaven. I **Tabell 9** vises resultatet av klassifiseringen basert på enkeltforbindelser (se **Tabell 8** for benzo(a)pyren). Klassifiseringen tyder på at de observerte nivåene av naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren hver for seg ikke utgjør noe toksisk problem på noen av stasjonene i Bunnefjorden (**Tabell 9**). De øvrige forbindelsene av benzo(a)pyren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3cd), pyren og benzo(ghi)perylene synes imidlertid hver for seg å kunne gi toksiske effekter på en eller flere stasjoner. De observerte konsentrasjoner av benzo(ghi)perylene var såpass høye at toksiske effekter ved korttidseksponering kan forventes på alle stasjoner.

Tabell 8. Konsentrasjonen av polysykliske aromatiske hydrokarboner (Σ PAH og benzo(a)pyren)) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) i sedimenter fra stasjoner i Bunnefjorden. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringsystem (Molvær mfl. 1997) og etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

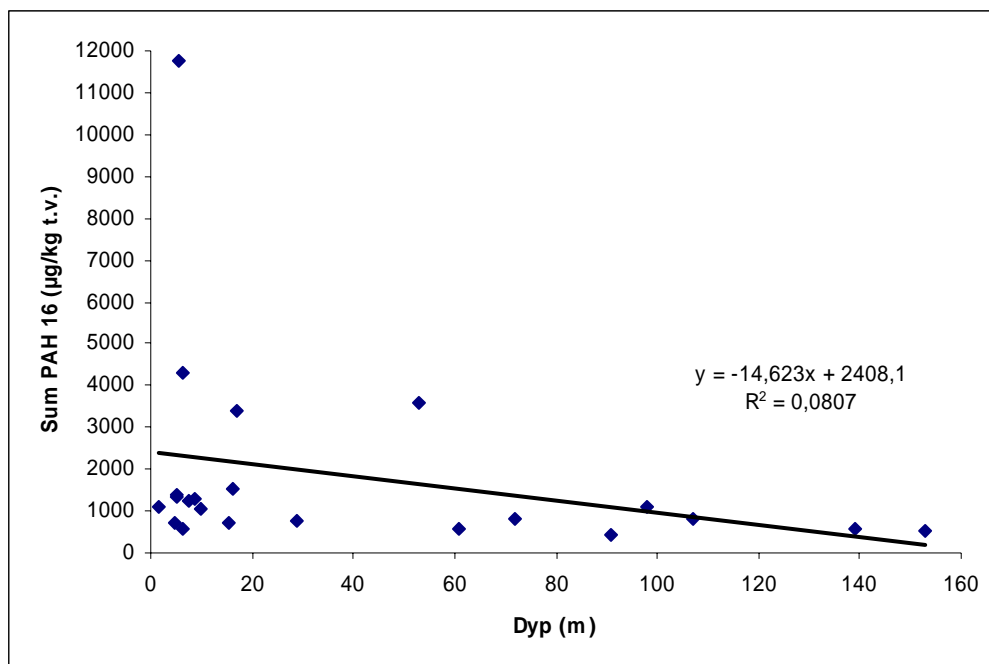
Stasjon	Klassifisering etter Molvær mfl. 1997		Klassifisering etter TA-2229/2007	
	Σ PAH ¹⁾	B(a)P	Σ PAH16	B(a)P
St. 1	554	41	565	41
St. 2	1079	88	1086	88
St. 3	1062	83	1071	83
St. 4	699	48	713	48
St. 5	682	46	758	46
St. 6	690	51	701	51
St. 7	11670	1300	11750	1300
St. 8	1231	110	1250	110
St. 9	510	28	534	28
St.10	1394	130	1410	130
St. 11	4294	350	4325	350
St. 12	546	40	567	40
St. 14	528	31	564	31
St. 15	1276	110	1303	110
St. 16	1054	80	1108	80
St. 17	769	50	812	50
St. 18	1348	120	1362	120
St. 19	410	29	437	29
St. 20	759	49	798	49
St. 22	3505	260	3593	260
St. 23	3333	300	3404	300
St. 24	1477	110	1529	110

¹⁾ Σ PAH er her beregnet som summen av følgende komponenter: acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracene, fluoranten, pyren, benz(a)antracene, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenz(ac+ah)antracene, benzo(ghi)perylene. Ved summering er halve deteksjonsgrensen benyttet for verdier av enkeltkomponenter som lå under deteksjonsgrensen.

Σ PAH16 utgjør Σ PAH som definert over og i tillegg naftalen .



Figur 12. Konsentrasjoner av Σ PAH16 i sedimenter på de ulike stasjonene. I figuren er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søyle tilsvare resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 8.



Figur 13. Konsentrasjonen av $\Sigma PAH16$ i overflatesedimentet som funksjon av bunndyp på prøvetakingsstedet.

Tabell 9. Konsentrasjonen av utvalgte enkeltkomponenter av polysykliske aromatiske hydrokarboner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) i sedimenter fra stasjoner i Bunnefjorden. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

Fargekoder og grenseverdier brukt i SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007 se vedlegg C)

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksponering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksponering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksponering	

Stasjon	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren
St. 1	11	2,2	6,4	7,7	34	10	88	83
St. 2	8,3	3,1	<2	5,5	39	19	170	150
St. 3	9,3	4,1	4,3	7,6	47	18	170	160
St. 4	14	2,8	2,9	9	36	16	100	110
St. 5	76	7	3,1	15	50	18	120	110
St. 6	11	2,8	3,5	6,3	36	9,8	120	120
St. 7	80	43	7	30	280	140	1600	1400
St. 8	19	3,8	3,2	11	44	23	180	200
St. 9	24	3,5	3,1	7	41	12	87	100
St.10	16	3,9	3,6	14	76	22	220	210
St. 11	31	17	14	54	400	180	730	620
St. 12	22	<2	6,5	8,2	37	17	98	94
St. 14	36	2,2	4,6	10	46	14	85	120
St. 15	27	3,5	2,5	11	81	22	220	210
St. 16	54	3,1	10	15	69	25	160	190
St. 17	43	4,3	3,8	11	64	22	130	150
St. 18	14	2,6	7,5	12	78	24	230	200
St. 19	27	2,4	4,2	8,8	36	8,4	70	81
St. 20	39	3,3	6,9	11	66	24	130	140
St. 22	88	16	16	46	370	82	640	620
St. 23	71	17	14	29	220	72	540	520
St. 24	52	7,3	7,5	20	110	35	230	250

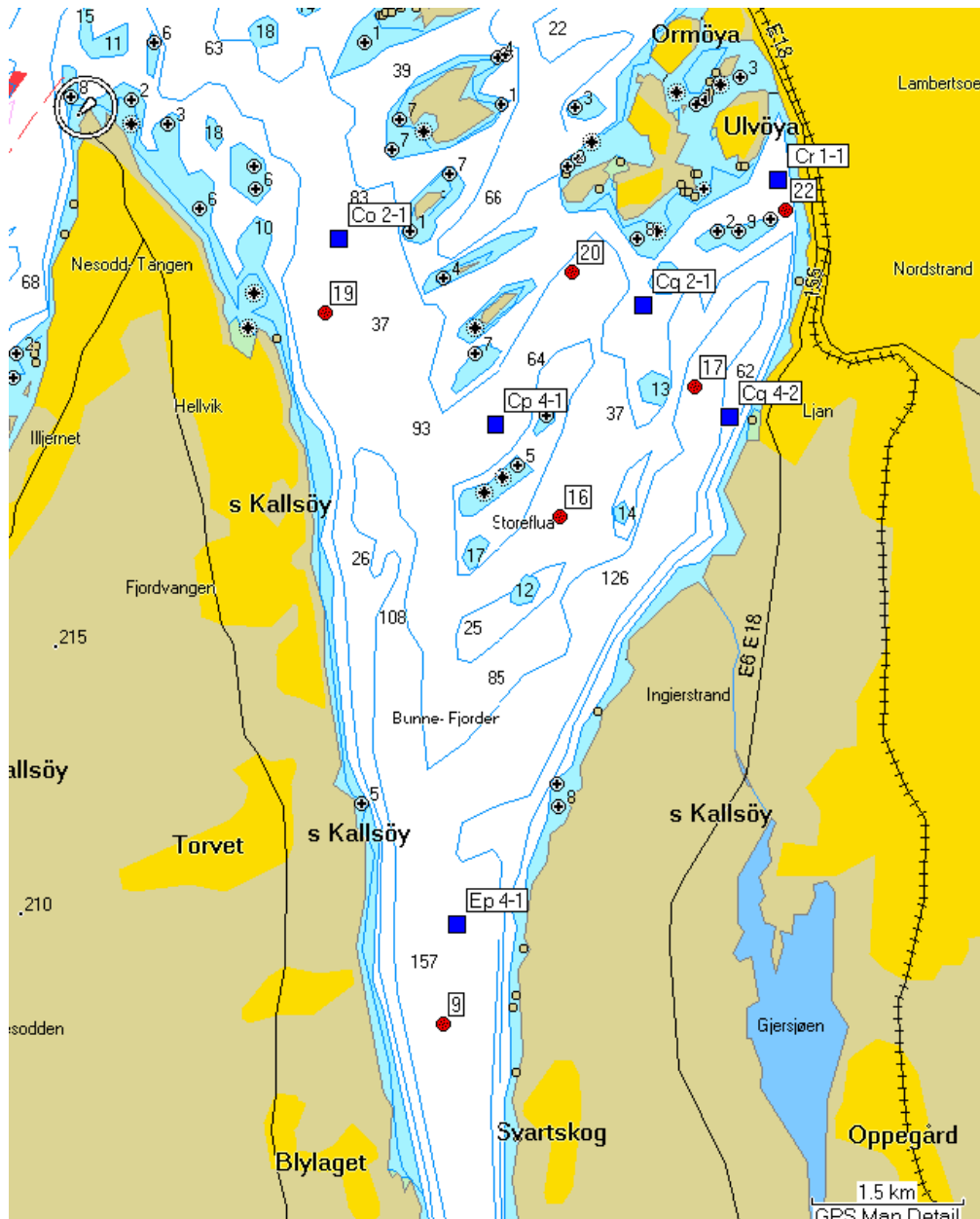
Tabell 9 forts.

Stasjon	Benzo(a) antracen	Chrysen	Benzo(b+j) Fluoranten ¹⁾	Benzo(k) fluoranten	Indeno(1,2,3cd) pyren	Dibenz(ac+ah) antracen ¹⁾	benzo(ghi) perylene
St. 1	38	33	80	28	50	11	42
St. 2	88	100	150	52	100	19	94
St. 3	81	73	150	54	99	21	90
St. 4	49	50	99	36	65	14	61
St. 5	46	37	82	33	54	10	51
St. 6	56	52	86	32	55	10	50
St. 7	1200	900	1700	650	1200	300	920
St. 8	99	77	170	66	110	24	110
St. 9	32	26	60	21	41	7,7	41
St.10	110	92	180	76	120	26	110
St. 11	390	290	470	190	280	69	240
St. 12	37	26	69	29	38	7,8	37
St. 14	29	22	56	23	36	7,2	42
St. 15	110	77	150	69	95	22	93
St. 16	62	44	130	56	95	16	99
St. 17	43	37	88	32	59	11	64
St. 18	100	90	160	78	110	26	110
St. 19	24	24	40	18	25	5,8	33
St. 20	47	32	83	38	56	9,4	63
St. 22	240	210	350	130	230	55	240
St. 23	240	200	390	160	280	61	290
St. 24	95	69	170	77	130	26	140

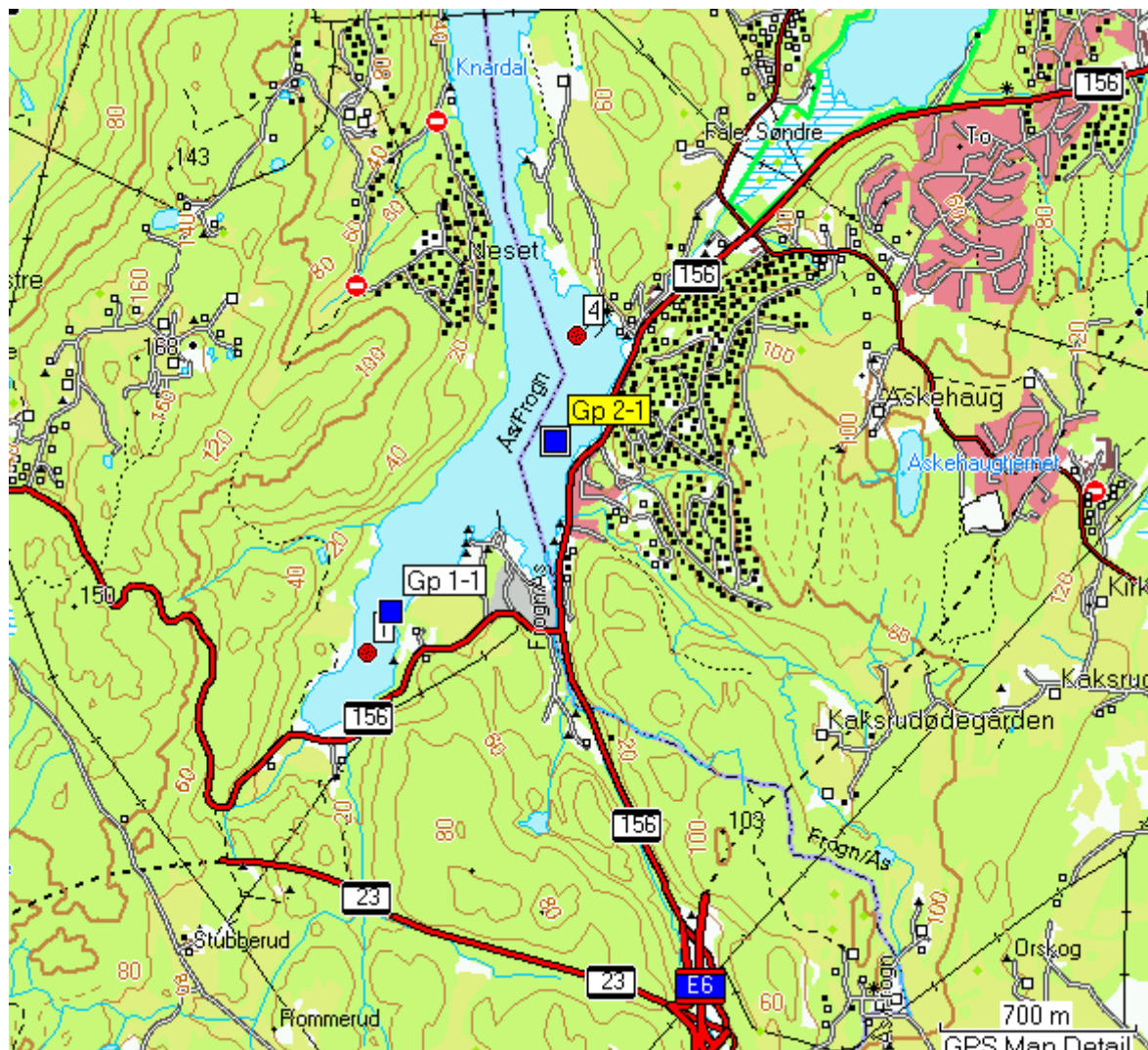
1) Ikke med i klassifiseringssystem

3.5 Sammenligning med resultater fra 1992

I 1992 ble det gjort en større undersøkelse av forekomst av miljøgifter i sedimenter fra indre Oslofjord (Koniczny, 1994). Undersøkelsen omfattet også stasjoner i Bunnefjorden. Vi har plukket ut 8 stasjoner fra undersøkelsen fra 1992 som ligger omtrent på samme posisjon og dyp som stasjoner som er undersøkt i forbindelse med undersøkelsen i 2007 (se **Figur 14** og **Figur 15**). Ved sammenligning av resultatene fra de to årene (**Tabell 10**) ser en at konsentrasjonen av metaller med få unntak er redusert på alle stasjonene. Gjennomsnittlig er konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv og bly redusert med en faktor på 1,5 - 1,7. Også for krom, kobber og nikkel ble det observert en reduksjon, men for disse metallene var datagrunnlaget fra kun ett stasjonspar slik at en ekstrapolering til hele området er mer usikker. Konsentrasjonen av PCB viste imidlertid en entydig reduksjon på alle stasjonsparene. Den gjennomsnittlige reduksjonen tilsvarte en faktor på 8,6. På grunnlag av sammenligningene kan vi slå fast at tilførslene til Bunnefjorden av kadmium, kvikksølv, bly og særlig PCB er blitt tydelig redusert de siste 16 årene. Den relativt sett større reduksjonen i PCB enn i metaller kommer trolig av at en for denne forbindelsen har et totalforbud mot bruk, mens en for metallene ikke har tilsvarende strenge reguleringer.



Figur 14. Stasjoner i nordlig del av undersøkelsesområdet benyttet til sammenligning av konsentrasjonsnivåer (se **Tabell 10**). Stasjoner som ble prøvetatt i 1992 (Konieczny, 1994) er markert med blå firkanter og stasjoner prøvetatt i 2007 med runde, røde symboler.



Figur 15. Stasjoner i sydlig del av undersøkelsesområdet benyttet til sammenligning av konsentrasjonsnivåer (se **Tabell 10**). Stasjoner som ble prøvetatt i 1992 (Konieczny, 1994) er markert med blå firkanter og stasjoner prøvetatt i 2007 med runde, røde symboler.

Tabell 10. Sammenstilling av data fra undersøkelser av konsentrasjoner av metaller og PCB i sedimenter i Bunneffjorden i 1992 (Koniczny, 1994) og 2007. Resultatene fra de to årene er presentert parvis og hvert par representerer stasjoner som ligger nær hverandre. Alle konsentrasjoner av metaller er oppgitt som $\mu\text{g/g}$ t.v., mens konsentrasjonen av ΣPCB_7 er oppgitt som $\mu\text{g/kg}$ t.v. i.a. = ikke analysert.

År	Stasjon	Dyp (m)	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	ΣPCB_7
1992	Gp 1-1	7	0,9	i.a.	i.a.	0,42	i.a	45	26
2007	st. 1	6,2	0,3	44,6	41,9	0,19	33,1	28	0
1992	Gp 2-1	15	0,57	i.a.	i.a.	0,1	i.a	30	42
2007	st 4	15,5	0,9	52,4	72,2	0,26	39,3	42,3	6,3
1992	Ep 4-1	152	1,4	i.a.	i.a.	0,37	i.a	85	26
2007	9	153	0,6	35,3	47,1	0,26	31,1	42,5	2,6
1992	Cp 4-1	79	1,4	i.a.	i.a.	0,38	i.a	165	27
2007	16	98	1,9	56,1	95,6	0,53	38,4	92,9	7,52
1992	Cq 4-2	109	1,2	i.a.	i.a.	0,47	i.a	90	33
2007	17	107	1,3	47,5	80,3	0,40	36,9	71,4	3,09
1992	Cr 1-1	49	2,25	i.a.	i.a.	0,85	i.a	200	95
2007	22	53	0,81	73,7	111	1,31	40,6	106	7,4
1992	Cq 1-2	75	1,3	i.a.	i.a.	0,87	i.a	85	20
2007	20	72	1,1	46,8	75,9	0,40	33,8	67	1,35
1992	Co 2-1	90	1,6	164	152	1,17	43	200	58
2007	19	91	0,7	48,6	60,7	0,39	34,1	60,1	41

4. Referanser

Helland, A., Lindholm, O., Traaen, T., Uriansrud, F. , Rygg, B. 2003. Tiltaksplan for forurensete sedimenter i Oslofjorden. Fase 1. Miljøtilstand, kilder og prioriteringer. NIVA rapport L. nr 4742, 102 s.

Konieczny, R. 1994. Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 4. Miljøgifter i sedimenter. NIVA rapport L nr 3094 (TA nr 1074/1994), 134s.

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

SFT, 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment, TA-2229/2007, 10s.

Vedlegg A. Sedimentbeskrivelse

Stasjon	Stasjonsbeskrivelse	Dyp	Dato	Snitt	Sedimentbeskrivelse
Bunn 1	Innerst i Bunnefjorden	6,2 m	21.11.07	0 – 2 cm	Gråaktig til brunt overflatesediment, lik farge nedover i kjernen, friskt sediment med frisk lukt, mye organismer i overflaten, noen rørbyggende mark og hull ses, små skjell
Bunn 2	Elveutløp	1,5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Brunere overflatesediment, mer terrestrisk, løv fra elva, preg av elvesedimenter, lukter H ₂ S, flere skjell og rørbyggende mark, sort nedover i kjernen, noe silt og sand, ikke leire, mye organisk materiale, virker løsere enn på stasjon 3
Bunn 3	Ved båtopplag utenfor fylling	10 m	21.11.07	0 – 2 cm	Lik gråaktig farge som forrige, lukter H ₂ S i bunnen av kjernen, rørbyggende mark, hull, noen slangestjerner og noe skjell
Bunn 4	Neset Marina	15,5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Lys grå overflate, nærmest sopp på overflaten, <i>Baggiatoa</i> ”svovelsopp”, mye organisk materiale, jevn grå farge nedover i kjernen uten lagdeling, svak H ₂ S lukt men ikke så mye som lengre inn i Bunnefjorden, dårlige oksygenforhold, rør i overflaten (enormt med rør i glass 3)
Bunn 5	Dyphullet i Bunnefjorden	28,7 m	21.11.07	0 – 2 cm	Tynt lag med jernoksyd, ca 1 cm grå overflate, fnokk av jern og mangan, litt H ₂ S lukt, mange ekskrementer av gravende dyr i overflaten, anoksisk under, sort under,
Bunn 6	Brevikbukta	4,5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Mye skjellsand, drenerer gjennom fort, stort blåskjell i overflaten som vi tok ut, mye grov sand, grusig sediment, slangestjerner, skjell og mye liv
Bunn 7	Kjøyebukta	5,6 m	21.11.07	0 – 2 cm	Grått jevnt farget sediment, skjellsand, nettsnegl, nokså bioturbert, hull etter rørganger
Bunn 8	Åsebukta, elveutløp	7,5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Grå overflatesediment, slangestjerne, noe skjellrester, jevnt grått nedover, siltig sand, fast leire i bunn

Bunn 9	Midtfjords utenfor Bomannsvik, gammel stasjon	153 m	22.11.07	0 – 2 cm	Helt sort anoksisk sedimentoverflate, H ₂ S lukt i overflaten, suppete overflate, grå - brun sopp på overflaten ved 38 cm dyp er overgangen mellom sort overflate til grå leire under,
Bunn 10	Bogenbukta	5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Flytter båten 50 m, på andre siden av røret pga hardt sediment, grå sedimenter, en god del skjell og store skjell i overflaten, slangestjerner, jevnt grått nedover i kjernen, nesten skjellsand, grovt, drenerer fort
Bunn 11	Blylaget, småbåthavn	6,5 m	21.11.07	0 – 2 cm	Grå – brun overflate, jevn nedover i kjernen, litt skjell og sand, noen organismer i overflaten, slangestjerne på toppen, mye bioturbasjon, leire i bunn
Bunn 12	Nordre Follo renseanlegg	61 m	21.11.07	0 – 2 cm	Oransje (sopp/ døde organismer pga oksygenmangel?), anoksisk overflate, stinker H ₂ S helt opp i overflaten, veldig ”suppete sediment”, 20 cm med mørkt anoksisk sediment, lys, fin, fast leire i bunnen)
Bunn 14	Torvik		22.11.07	0 – 2 cm	Sort sedimentoverflate med litt brunt fnokk, 33 cm sort anoksisk sediment over lys leire, veldig bløtt sediment, litt H ₂ S lukt men mindre enn ved stasjon 9.
Bunn 15	Gjerstø elv, innenfor moloen til Oppegård båthavn	8,7 m	22.11.07	0 – 2 cm	Brunlig topplag, hvit – grå sopp på overflaten, sikkert H ₂ S stank, jevnt brunt nedover, lys brun farge innimellom nedover i kjernen,
Bunn 16	Storeflua	98 m	22.11.07	0 – 2 cm	Sort sediment ned til 17 cm, brune fnokk på toppen, muslingen <i>Thyrasira</i> , lys grå bløt leire under
Bunn 17	Ljansflua	107	22.11.07	0 – 2 cm	Litt grått materiale i overflaten, ett rør på overflaten, kullsvart under ca 19 cm ned i kjernen, veldig løs overflate, ingen lukt, myk grå leire under,
Bunn 18	Ursvikbukta	5 m	22.11.07	0 – 2 cm	Jevn brun – grå farge, litt skjell, slangestjerne, nettsnegl mer sandig sediment, mye sand i bunnen, lukter H ₂ S

Bunn 19	Hellvikbanken	91 m	22.11.07	0 – 2 cm	Ca 1 cm brunt fnokk, muligens sopphyfer, (jern og mangan utfelling) på toppen, ca 5 cm lys leire (dumpemateriale) under, ca 24 cm med sort sediment i bunn, lys leire underst, lukter ikke H ₂ S av vannet
Bunn 19	Hellvikbanken	91 m	22.11.07	2 – 4 cm	Tatt ekstra 2 – 4 cm snitt fra glass 1 og glass 2. Glass 3 hadde ikke leirlaget fra prøvedumpingene like synlig med øverste brunt lag og sort nedover
Bunn 20	Nærmeste stasjon til dypvannsdeponiet	72 m	22.11.07	0 – 2 cm	Hvite sopphyfer i overflaten, sort øverste 32 cm over lys leire, veldig løst i overflatelaget, ser dødt ut bortsett fra en stor børstemark øverst, H ₂ S lukt i vannmassen
Bunn 22	Gammel koksverkstomt	53 m	22.11.07	0 – 2 cm	Grå – brunt overflatesediment, mye organismer og børstemark på overflaten, 2 stk <i>Thyrasira</i> og ett stort hvitt skjell på overflaten, leire i bunn
Bunn 23	Nesoddtangen	16,8 m	22.11.07	0 – 2 cm	Flyttet oss ut fra bukta og vekk fra Nesoddbåten pga skurt ujevn bunn, mye sand øverst, rør etter børstemark, sand nederst,
Bunn 24	Oksval bryggeanlegg	16 m	22.11.07	0 – 2 cm	Grå – hvite sopphyfer i overflaten, ”fløffig” topplag, rør på overflaten, litt skjellsand på topplaget og sandig nedover i kjernen, ellers brunt – grått nedover uten tydelig lagdeling, lukter H ₂ S i hele kjernen

Vedlegg B. Analyserapport

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

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

**ANALYSE
 RAPPORT**

Navn **Mibunn**
 Adresse

Deres referanse:**Vår referanse:****Dato**

Rekv.nr. 2007-2778

O.nr. O 27439

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	1 St. 1 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
2	2 St. 2 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
3	3 St. 3 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
4	4 St. 4 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
5	5 St. 5 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
6	6 St. 6 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
7	7 St. 7 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Tørrstoff	%	39	24	41	34	27	52	46
3	Kornfordeling <63µm	% t.v.	90	56	85	92	90	75	58
	Intern*								
6	Karbon, org. total	µg/mg C TS G	55,5	79,2	37,3	39,2	38,1	19,0	26,2
9-5	Kadmium	µg/g	0,3	0,5	0,79	0,90	0,6	0,4	0,6
9-5	Krom	µg/g	44,6	32,4	43,0	52,4	49,8	34,7	36,9
9-5	Kobber	µg/g	41,9	53,1	57,4	72,2	62,5	33,6	47,9
4-3	Kvikksølv	µg/g	0,189	0,092	0,191	0,256	0,254	0,188	0,383
9-5	Nikkel	µg/g	33,1	27,6	33,3	39,3	37,4	27,0	27,6
9-5	Bly	µg/g	28	22	35,0	42,3	39	27	35

Sink 9-5	µg/g	E	171	156	214	231	205	117	155
PCB-28 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	0,56	1,2	1,3	0,81	0,95	1,6
PCB-52 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	1,3	1,8	1,5	i	1,6	2,0
PCB-101 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	1,6	2,3	0,68	<0,5	0,56	0,78
PCB-118 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	2,0	2,4	2,2	<0,5	0,69	1,1
PCB-153 3-3	µg/kg	t.v. H	i	i	i	i	i	5,2	i
PCB-138 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	1,5	3,4	0,62	<0,5	<0,5	<0,5
PCB-180 3-3	µg/kg	t.v. H	<0,5	<0,5	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PCB Beregnet*	µg/kg	t.v.	0	6,96	12,5	6,3	0,81	9	5,48
Seven Dutch Beregnet*	µg/kg	t.v.	0	6,96	12,5	6,3	0,81	9	5,48
Naftalen i sediment 2-3	µg/kg	t.v. H	11	8,3	9,3	14	76	11	80
Acenaftylen 2-3	µg/kg	t.v. H	2,2	3,1	4,1	2,8	7,0	2,8	43
Acenaften 2-3	µg/kg	t.v. H	6,4	<2	4,3	2,9	3,1	3,5	7,0
Fluoren 2-3	µg/kg	t.v. H	7,7	5,5	7,6	9,0	15	6,3	30
Dibenzotiofen 2-3	µg/kg	t.v. H	5,6	3,4	7,0	5,9	7,4	4,5	22
Fenantren 2-3	µg/kg	t.v. H	34	39	47	36	50	36	280
Antracen 2-3	µg/kg	t.v. H	10	19	18	16	18	9,8	140
Fluoranten 2-3	µg/kg	t.v. H	88	170	170	100	120	120	1600
Pyren 2-3	µg/kg	t.v. H	83	150	160	110	110	120	1400
Benz(a)antracen 2-3	µg/kg	t.v. H	38	88	81	49	46	56	1200
Benzo(k)fluoranten 2-3	µg/kg	t.v. H	28	52	54	36	33	32	650

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	1 St. 1 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
2	2 St. 2 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
3	3 St. 3 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
4	4 St. 4 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
5	5 St. 5 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
6	6 St. 6 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
7	7 St. 7 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7	
Analysevariabel								
Metode								
Benzo(e)pyren H 2-3	µg/kg t.v.	47	89	86	56	52	51	920
Benzo(a)pyren H 2-3	µg/kg t.v.	41	88	83	48	46	51	1300
Perylen H 2-3	µg/kg t.v.	52	54	66	40	30	21	300
Indeno(1,2,3cd)pyren H 2-3	µg/kg t.v.	50	100	99	65	54	55	1200
Dibenz(ac+ah)antrac. H 2-3	µg/kg t.v.	11	19	21	14	10	10	300
Benzo(ghi)perylene H 2-3	µg/kg t.v.	42	94	90	61	51	50	920
Sum PAH Beregnet*	µg/kg t.v.	669,9	1232,3	1230,3	814,6	847,5	777,9	12992
Sum PAH16 Beregnet*	µg/kg t.v.	565,3	1085,9	1071,3	712,7	758,1	701,4	11750
Sum KPAH Beregnet*	µg/kg t.v.	248	497	488	311	271	290	6350
Sum NPD Beregnet*	µg/kg t.v.	50,6	50,7	63,3	55,9	133,4	51,5	382
Monobutyltinn H 14-1*	µg MBT/kg	28	38	41	34	23	15	19
Dibutyltinn H 14-1*	µg/kg t.v.	62	80	140	82	65	31	25
Tributyltinn H 14-1*	µg/kg t.v.	46	140	110	220	130	16	23
Monophenyltinn H 14-1*	µg/kg t.v.	<5	6,9	7,8	<5	<5	<5	<5

Diphenyltinn H 14-1*	µg/kg t.v.	<5	34	6,4	<5	<5	<5	<5
Triphenyltinn H 14-1*	µg/kg t.v.	<5	66	14	13	<5	<5	<5
Benzo(b+j)fluoranten H 2-3	µg/kg t.v.	80	150	150	99	82	86	1700
Chrysen H 2-3	µg/kg t.v.	33	100	73	50	37	52	900

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	8 St. 8 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
9	9 St. 9 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
10	10 St. 10 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
11	11 St. 11 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
12	12 St. 12 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
13	14 St. 14 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
14	15 St. 15 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14	
	Tørrstoff	%	B	49	20	46	59	27	25	32
3	Kornfordeling <63µm	% t.v.		83	80	84	53	85	82	74
	Intern*									
6	Karbon, org. total	µg/mg C TS	G	24,6	39,5	22,9	15,4	54,4	42,0	58,0
9-5	Kadmium	µg/g	E	0,5	0,6	0,5	0,2	1,3	1,0	1,1
9-5	Krom	µg/g	E	38,2	35,3	39,4	29,0	56,1	40,3	37,3
9-5	Kobber	µg/g	E	37,9	47,1	41,1	23,5	90,2	61,5	80,2
4-3	Kvikksølv	µg/g	E	0,321	0,255	0,321	0,196	0,366	0,358	0,324
9-5	Nikkel	µg/g	E	28,5	31,1	28,5	22,2	36,8	30,1	27,1
9-5	Bly	µg/g	E	32	42,5	34	24	50,1	56,4	42,3
9-5	Sink	µg/g	E	152	221	148	79,8	260	273	348
3-3	PCB-28	µg/kg t.v.	H	1,4	<0,5	1,2	0,88	<0,5	<0,5	<0,5
3-3	PCB-52	µg/kg t.v.	H	1,1	2,6	0,91	0,89	<0,5	<0,5	<1,0
3-3	PCB-101	µg/kg t.v.	H	0,65	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
3-3	PCB-118	µg/kg t.v.	H	0,86	<0,5	1,3	<0,5	0,67	0,65	0,74

PCB-153 3-3	µg/kg t.v. H	i	i	i	1,8	i	i	i
PCB-138 3-3	µg/kg t.v. H	0,73	<0,5	1,1	<0,5	0,67	0,86	0,94
PCB-180 3-3	µg/kg t.v. H	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PCB Beregnet*	µg/kg t.v.	4,74	2,6	5,61	3,57	1,34	1,51	1,68
Seven Dutch Beregnet*	µg/kg t.v.	4,74	2,6	5,61	3,57	1,34	1,51	1,68
Naftalen i sediment 2-3	µg/kg t.v. H	19	24	16	31	22	36	27
Acenaftylen 2-3	µg/kg t.v. H	3,8	3,5	3,9	17	<2	2,2	3,5
Acenaften 2-3	µg/kg t.v. H	3,2	3,1	3,6	14	6,5	4,6	2,5
Fluoren 2-3	µg/kg t.v. H	11	7,0	14	54	8,2	10	11
Dibenzotiofen 2-3	µg/kg t.v. H	7,7	4,8	8,9	31	6,3	6,5	10
Fenantren 2-3	µg/kg t.v. H	44	41	76	400	37	46	81
Antracen 2-3	µg/kg t.v. H	23	12	22	180	17	14	22
Fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	180	87	220	730	98	85	220
Pyren 2-3	µg/kg t.v. H	200	100	210	620	94	120	210
Benz(a)antracen 2-3	µg/kg t.v. H	99	32	110	390	37	29	110
Benzo(k)fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	66	21	76	190	29	23	69

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	8 St. 8 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
9	9 St. 9 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
10	10 St. 10 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
11	11 St. 11 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
12	12 St. 12 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
13	14 St. 14 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
14	15 St. 15 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
	Metode								
	Benzo(e)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	100	43	110	260	44	44	100
	Benzo(a)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	110	28	130	350	40	31	110
	Perylen 2-3	µg/kg t.v. H	49	18	47	80	18	24	51
	Indeno(1,2,3cd)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	110	41	120	280	38	36	95
	Dibenz(ac+ah)antrac. 2-3	µg/kg t.v. H	24	7,7	26	69	7,8	7,2	22
	Benzo(ghi)perylene 2-3	µg/kg t.v. H	110	41	110	240	37	42	93
	Sum PAH Beregnet*	µg/kg t.v.	1406,7	600,1	1575,4	4696	634,8	638,5	1464
	Sum PAH16 Beregnet*	µg/kg t.v.	1250	534,3	1409,5	4325	566,5	564	1303
	Sum KPAH Beregnet*	µg/kg t.v.	579	189,7	642	1749	220,8	182,2	556
	Sum NPD Beregnet*	µg/kg t.v.	70,7	69,8	100,9	462	65,3	88,5	118
	Monobutyltinn 14-1*	µg MBT/kg H	16	<5	24	10	23	33	30
	Dibutyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	21	12	28	15	64	8,6	94
	Tributyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	16	17	22	12	47	65	300
	Monophenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Diphenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Triphenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	6,7	<5	<5	<5
Benzo(b+j)fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	170	60	180	470	69	56	150
Chrysen 2-3	µg/kg t.v. H	77	26	92	290	26	22	77

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	16 St. 16 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
16	17 St. 17 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
17	18 St. 18 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
18	19 St. 19 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
19	20 St. 20 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
20	22 St. 22 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
21	23 St. 23 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	15	16	17	18	19	20	21	
	Tørrstoff	%	B	23	21	47	38	20	37	34
3	Kornfordeling <63µm	% t.v.		69	69	66	86	83	78	75
	Intern*									
6	Karbon, org. total	µg/mg C TS	G	53,9	51,5	27,2	29,4	45,8	42,8	44,0
9-5	Kadmium	µg/g	E	1,9	1,3	0,6	0,7	1,1	0,81	0,3
9-5	Krom	µg/g	E	56,1	47,5	31,9	48,6	46,8	73,7	67,9
9-5	Kobber	µg/g	E	95,6	80,3	39,0	60,7	75,9	111	97,2
4-3	Kvikksølv	µg/g	E	0,527	0,404	0,251	0,392	0,396	1,308	1,317
9-5	Nikkel	µg/g	E	38,4	36,9	23,9	34,1	33,8	40,6	32,5
9-5	Bly	µg/g	E	92,9	71,4	31	60,1	67,0	106	86,7
9-5	Sink	µg/g	E	415	337	129	217	306	258	178
3-3	PCB-28	µg/kg t.v.	H	0,77	0,51	1,5	<0,5	<0,5	1,3	1,7
3-3	PCB-52	µg/kg t.v.	H	<1,0	<1,0	1,4	<0,5	i	i	1,5
3-3	PCB-101	µg/kg t.v.	H	0,92	0,58	0,77	<0,5	<0,5	1,2	1,1
3-3	PCB-118	µg/kg t.v.	H	2,5	0,90	1,3	<0,5	0,63	1,8	1,7

PCB-153 3-3	µg/kg t.v. H	i	i	i	41	i	i	i
PCB-138 3-3	µg/kg t.v. H	2,7	1,1	0,76	<0,5	0,72	2,0	1,8
PCB-180 3-3	µg/kg t.v. H	0,63	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	<0,5
Sum PCB Beregnet*	µg/kg t.v.	7,52	3,09	5,73	41	1,35	7,4	7,8
Seven Dutch Beregnet*	µg/kg t.v.	7,52	3,09	5,73	41	1,35	7,4	7,8
Naftalen i sediment 2-3	µg/kg t.v. H	54	43	14	27	39	88	71
Acenaftylen 2-3	µg/kg t.v. H	3,1	4,3	2,6	2,4	3,3	16	17
Acenaften 2-3	µg/kg t.v. H	10	3,8	7,5	4,2	6,9	16	14
Fluoren 2-3	µg/kg t.v. H	15	11	12	8,8	11	46	29
Dibenzotiofen 2-3	µg/kg t.v. H	12	9,6	7,5	5,3	6,5	37	25
Fenantren 2-3	µg/kg t.v. H	69	64	78	36	66	370	220
Antracen 2-3	µg/kg t.v. H	25	22	24	8,4	24	82	72
Fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	160	130	230	70	130	640	540
Pyren 2-3	µg/kg t.v. H	190	150	200	81	140	620	520
Benz(a)antracen 2-3	µg/kg t.v. H	62	43	100	24	47	240	240
Benzo(k)fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	56	32	78	18	38	130	160

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	16 St. 16 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
16	17 St. 17 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
17	18 St. 18 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
18	19 St. 19 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
19	20 St. 20 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
20	22 St. 22 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25
21	23 St. 23 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	15	16	17	18	19	20	21
	Metode								
	Benzo(e)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	100	66	110	33	64	260	290
	Benzo(a)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	80	50	120	29	49	260	300
	Perylen 2-3	µg/kg t.v. H	44	33	45	40	32	82	91
	Indeno(1,2,3cd)pyren 2-3	µg/kg t.v. H	95	59	110	25	56	230	280
	Dibenz(ac+ah)antrac. 2-3	µg/kg t.v. H	16	11	26	5,8	9,4	55	61
	Benzo(ghi)perylene 2-3	µg/kg t.v. H	99	64	110	33	63	240	290
	Sum PAH Beregnet*	µg/kg t.v.	1264,1	920,7	1524,6	514,9	900,1	3972	3810
	Sum PAH16 Beregnet*	µg/kg t.v.	1108,1	812,1	1362,1	436,6	797,6	3593	3404
	Sum KPAH Beregnet*	µg/kg t.v.	439	283	594	141,8	282,4	1265	1431
	Sum NPD Beregnet*	µg/kg t.v.	135	116,6	99,5	68,3	111,5	495	316
	Monobutyltinn 14-1*	µg MBT/kg H	14	15	13	11	18	35	36
	Dibutyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	45	45	20	20	54	45	54
	Tributyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	180	140	25	33	12	47	64
	Monophenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	<5	<5	8,4	6,1

Diphenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	<5	<5	6,0	<5
Triphenyltinn 14-1*	µg/kg t.v. H	<5	<5	<5	<5	<5	5,5	<5
Benzo(b+j)fluoranten 2-3	µg/kg t.v. H	130	88	160	40	83	350	390
Chrysen 2-3	µg/kg t.v. H	44	37	90	24	32	210	200

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
22	24 St. 24 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	22
Tørrstoff	%	B 3	35
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Intern*	78
Karbon, org. total	µg/mg C TS	G 6	47,1
Kadmium	µg/g	E 9-5	1,6
Krom	µg/g	E 9-5	71,0
Kobber	µg/g	E 9-5	116
Kvikksølv	µg/g	E 4-3	1,18
Nikkel	µg/g	E 9-5	39,2
Bly	µg/g	E 9-5	102
Sink	µg/g	E 9-5	460
PCB-28	µg/kg t.v.	H 3-3	1,8
PCB-52	µg/kg t.v.	H 3-3	1,6
PCB-101	µg/kg t.v.	H 3-3	1,5
PCB-118	µg/kg t.v.	H 3-3	1,8
PCB-153	µg/kg t.v.	H 3-3	i
PCB-138	µg/kg t.v.	H 3-3	1,8
PCB-180	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
Sum PCB	µg/kg t.v.	Beregnet*	8,5
Seven Dutch	µg/kg t.v.	Beregnet*	8,5
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	H 2-3	52
Acenaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	7,3
Acenaften	µg/kg t.v.	H 2-3	7,5
Fluoren	µg/kg t.v.	H 2-3	20
Dibenzotiofen	µg/kg t.v.	H 2-3	16
Fenantren	µg/kg t.v.	H 2-3	110
Antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	35
Fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	230
Pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	250
Benz(a)antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	95
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	77

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
22	24 St. 24 0-2 cm	2007.11.21	2007.11.27	1900.09.09-2008.01.25

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	22
Benzo(e)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	130
Benzo(a)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	110
Perylen	µg/kg	t.v. H 2-3	44
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	130
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	t.v. H 2-3	26
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	t.v. H 2-3	140
Sum PAH	µg/kg	t.v. Beregnet*	1718,8
Sum PAH16	µg/kg	t.v. Beregnet*	1528,8
Sum KPAH	µg/kg	t.v. Beregnet*	608
Sum NPD	µg/kg	t.v. Beregnet*	178
Monobutyltinn	µg MBT/kg	H 14-1*	20
Dibutyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	97
Tributyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	190
Monophenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	<5
Diphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	5,2
Triphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	8,4
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	170
Chrysen	µg/kg	t.v. H 2-3	69

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2778

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

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

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

SUM NPD er summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen, C₁-C₃-naftalener, C₁-C₃-fenantrener og C₁-C₃-dibenzotiofener.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,c+a,h)antracen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Vedlegg C. SFTs nye klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (kilde: SFT TA-2229/2007)

		I	II	III	IV	V
		Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15 - 0,63	0,63 - 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
PAH	Naftalen (µg/kg)	<2	2- 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
	Acenaftylene (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
	Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
	Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
	Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
	Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
	Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
	Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
	Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
	Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
	Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	>4800
	Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
	Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
	Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH16 ¹⁾ (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000	
Andre organiske	PCB7 2) (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	>1900
	PCDD/F 3) (TEQ) (µg/kg)	<0,01	0,01 - 0,03	0,03 - 0,10	0,10 - 0,50	>0,50
	ΣDDT 4) (µg/kg)	<0,5	0,5 - 20	20 - 490	490 - 4900	>4900
	Lindan (µg/kg)		<1,1	1,1 - 2,2	2,2 - 11	>11
	Heksaklorbenzen (HCB) (µg/kg)	0,5	0,5 - 17	17 - 61	61 - 610	>610
	Pentaklorbenzen (µg/kg)		<400	400 - 800	800 - 4000	>4000
	Triklorbenzen (µg/kg)		<56	56 - 700	700 - 1400	>1400
	Hexaklorbutadien (µg/kg)		<49	49 - 66	66 - 660	>660
	SCCP 6) (µg/kg)		<1000	1000 - 2800	2800 - 5600	>5600
MCCP 7) (µg/kg)		<4600	4600 - 27000	27000 - 54000	>54000	

Vedlegg C (fortsettelse)

	Pentaklorfenol (µg/kg)		<12	12 - 34	34 - 68	>68
	Oktylfenol (µg/kg)		<3,3	3,3 - 7,3	7,3 - 36	>36
	Nonylfenol (µg/kg)		<18	18 - 110	110 - 220	>220
	Bisfenol A (µg/kg)		<11	11 - 79	79 - 790	>790
	TBBPA 8) (µg/kg)		<63	63 - 1100	1100 - 11000	>11000
	PBDE 9) (µg/kg)		<62	62 - 7800	7800 - 16000	>16000
	HBCDD 10) (µg/kg)	<0,3	0,3 - 86	86 - 310	310 - 610	>610
	PFOS 11) (µg/kg)	<0,17	0,17 - 220	220 - 630	630 - 3100	>3100
	Diuron (µg/kg)		<0,71	0,71 - 6,4	6,4 - 13	>13
	Irgarol (µg/kg)		<0,08	0,08 - 0,50	0,5 - 2,5	>2,5
TBT	TBT ¹²⁾ (µg/kg) - effektbasert	<1	<0,002	0,002-0,016	0,016-0,032	>0,032
	TBT ¹²⁾ (µg/kg) - forvaltningsmessig	<1	1-5	5 - 20	20 - 100	>100

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioksiner/furaner

4) DDT: Diklordifenyltrikloretan. ΣDDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD

5) HCB: Heksaklorbenzen

6) SCCP: Kortkjedede (C10-13) polyklorerte paraffiner

7) MCCP: middelkjedede (C14-17) polyklorerte paraffiner

8) TBBPA: Tetrabrombisfenol A

9) PBDE: Pentabromdifenyleter

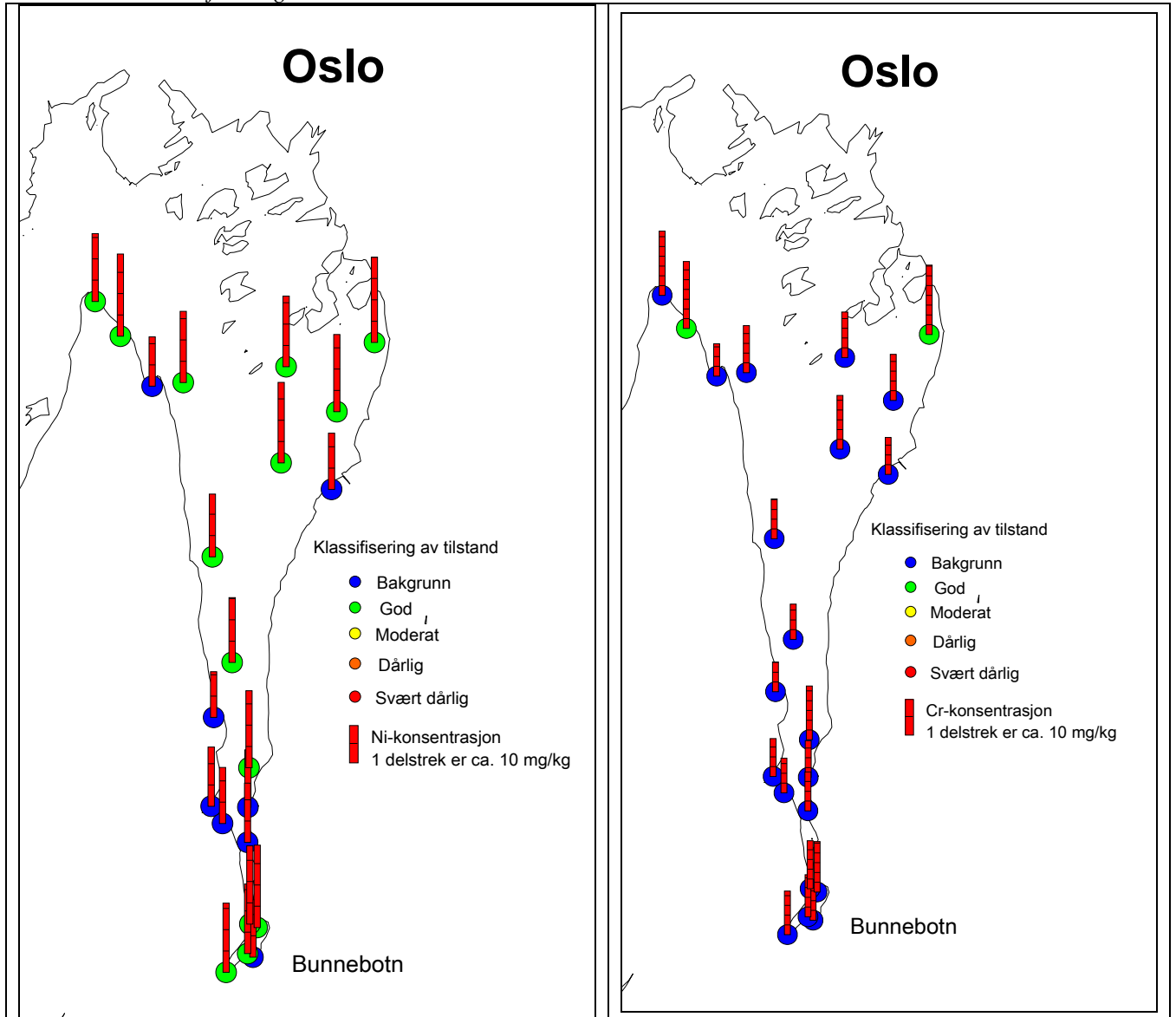
10) HBCDD: Heksabromsyklododekan

11) PFOS: Perfluorert oktylsulfonat

12) TBT: Tributyltinn

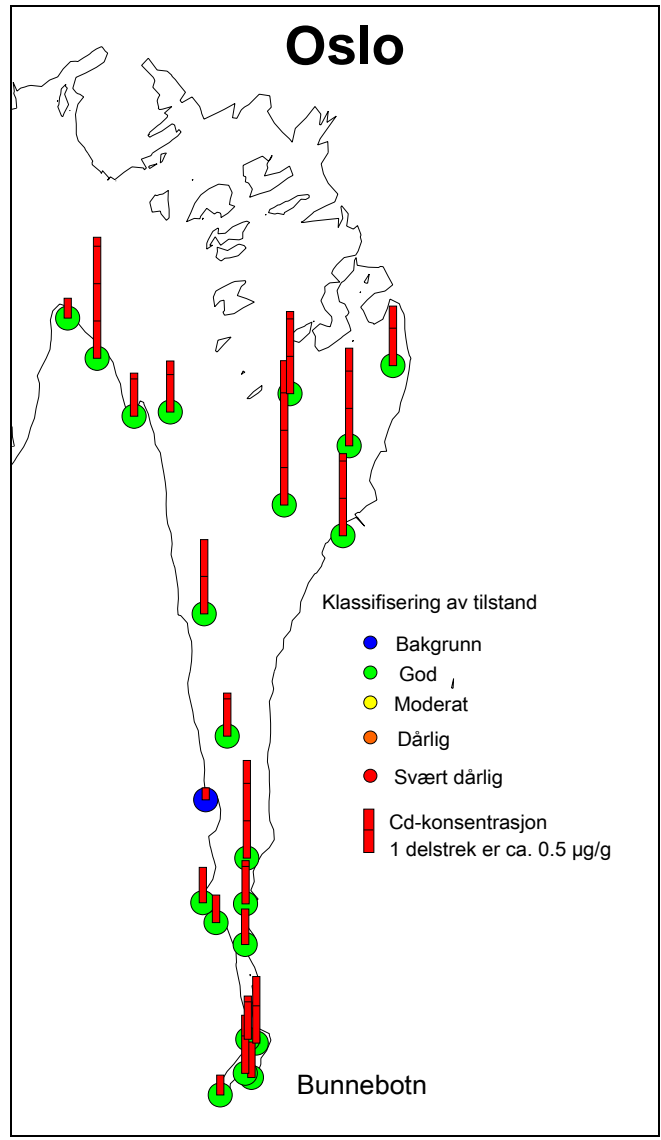
Vedlegg D. Vedleggsfigurer

Konsentrasjoner av nikkel (venstre), krom (høyre) og kadmium i sediment på de ulike stasjoner. I figurene er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvareer resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 5..



Vedlegg D Vedleggsfigurer (fortsettelse)

Konsentrasjoner kadmium i sediment på de ulike stasjoner. I figurene er konsentrasjonen på hver stasjon vist som en søyle. Fargen på basis til hver søye tilsvarer resultatet av klassifiseringen vist i Tabell 5



Kadmium

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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