


O-92024

Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn

OSLO HAVNEVESEN



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92024	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2808	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel: KARTLEGGING OG VURDERING AV FORURENSNINGSSITUASJONEN I OMRÅDET BJØRVIKA - BISPEVIKA, OSLO HAVN.	Dato: 16/11/92	Trykket: NIVA
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e): Roger M. Konieczny	Geografisk område: Oslofjorden	
	Antall sider: 87	Opplag: 75

Oppdragsgiver: Oslo Havnevesen	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	---

Ekstrakt: Undersøkelse av bunnsedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havneområde, har vist at de øvre 105cm av sedimentet er sterkt forurenset og inneholder store lagre av miljøgifter. Visuelle observasjoner indikerer at belastningen trolig strekker seg ned til nærmere 2 m sedimentdyp. Tilførsler av miljøgifter til sedimentene skjer til en viss grad i dag, men var sannsynligvis størst i perioden 1940-1960. Analysene har omfattet tungmetaller (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni og Cr), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH/ tjærestoffer), polyklorerte bifenyler (PCB), utvalgte klorerte hydrokarboner (5CB, HCB og OCS), pesticider (heksaklorsykkloheksan (α -HCH), lindan (γ -HCH), DDD, DDE og DDT) og total hydrokarboner (THC, oljeprodukter). Nivåene tilsvarte for flere av komponentene overkonsentrasjoner inntil 2-4 størrelseordener over antatte høye bakgrunnsnivåer. Også deler av vannmassene i området synes å være belastet med tungmetaller som Cu og Pb. På bakgrunn av de fremkomne data må undersøkelsesområdet betraktes som sterkt forurenset.

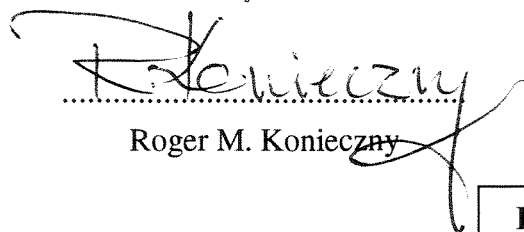
4 emneord, norske

1. Tungmetaller
2. Organiske miljøgifter
3. Sedimenter
4. Oslofjorden

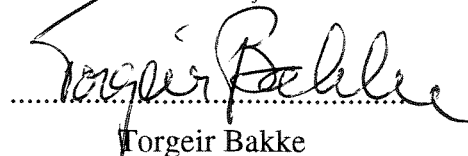
4 emneord, engelske

1. Heavy metals
2. Organic contaminants
3. Sediments
4. Oslofjorden

Prosjektleder


 Roger M. Konieczny

For administrasjonen


 Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2076-3

Norsk institutt for vannforskning

O-92024

**KARTLEGGING OG VURDERING AV
FORURENSNINGSSITUASJONEN I OMRÅDET
BJØRVIKA - BISPEVIKA, OSLO HAVN.**

Prosjektleder: Roger M. Konieczny

Medarbeidere: Lasse Berglind
Einar M. Brevik
Nina Gjøs (SI)
Frøydis Oreld (SI)

Forord

Et innledende møte mellom Oslo Havnevesen, Statens forurensningstilsyn, Fylkesmannen i Oslo og Akershus - Miljøvernavdelingen, Norges Geotekniske Institutt og Norsk institutt for vannforskning ble holdt den 20. jan. 1992. Det ble besluttet å iverksette detaljplanlegging av videre kartlegging og en tiltaksplan vedrørende forurensningssituasjonen i Oslo havneområde. Et todelt programforslag (hovedprosjektet og "akutfasen") ble utarbeidet av prosjektlederene Audun Hauge (NGI) og Roger M. Konieczny (NIVA) og overlevert oppdragsgiver 7. feb. 1992.

Denne rapporten omfatter kartleggingsdelen av "akutfasen". Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Sjefingeniør John Nilssen.

Eksternt analysearbeid ble utført ved Senter for industriforskning (SI) under ledelse av Frøydis Oreld.

Oslo, den 16 november, 1992



Roger M. Konieczny
Prosjektleder

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag	5
1. INNLEDNING	7
1.1. Bakgrunn og målsetting	7
2. MATERIALE OG METODER	8
2.1. Områdebeskrivelse.....	8
2.2. Feltarbeid og prøvematerialet.....	8
2.3. Tungmetall-analyser.....	10
2.4. Organiske analyser.....	11
2.5. Beregning av miljøgiftlageret	12
2.6. Bakgrunnsverdier og forurensningsgrader	13
3. RESULTATER.....	15
3.1. Tungmetaller	15
3.1.1. Tungmetaller i sediment	15
3.1.2. Tungmetaller i sjøvann	21
3.2. Organiske miljøgifter	22
3.2.1. Polyklorerte bifenyler - PCB	22
3.2.2. Andre klororganiske forbindelser	24
3.2.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner - PAH.....	26
3.2.4. Total hydrokarboner - THC	29
3.3. Miljøgifter lagret i sedimentene	32
3.4. Vurdering av forurensningssituasjonen.....	34
4. REFERANSER.....	35
VEDLEGGFIGURER.....	38
VEDLEGGSTABELLER	42
VEDLEGG	58

Sammendrag

Undersøkelsen av bunnsedimenter og vannprøver i Bjørvika og Bispevika har vist at området har vært og er fortsatt sterkt belastet av enkelte tungmetaller, polyklorerte bifenyler (PCB), andre utvalgte klororganiske forbindelser (CHC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH eller tjærestoffer) og oljeprodukter (THC). Det ble også registrert mindre mengder pesticider (bl.a. α -HCH og DDT). Mektigheten av det kontaminerte laget varierer mye, men de fleste av komponentene i sedimentene forekommer med få unntak i høye konsentrasjoner i hele overflatelaget (0-2cm). Lokalt registreres en tildels kraftig økning i konsentrasjonene med økende sedimentdyp (ned til 50-65cm) og analysene indikerer forurensede sedimenter helt ned til 105cm. Visuelt observeres kontaminering (bl.a. fri olje og tjæreaktige materiale) ned til ca. 130cm. Upåvirket fast og lys grå marin leire opptrer først på 2m sedimentdyp.

Av de påviste tungmetallkonsentrasjonene var forekomsten av kvikksølv og kadmium mest markert og begge ble funnet i overkonsentrasjoner på ca. 40 ganger de antatte bakgrunnsnivåene i overflatesedimentene (0-2cm) og i ca. 100 ganger overkonsentrasjon i de dypere sedimentlag sentralt i resipienten. Høyeste enkeltkonsentrasjon var henholdsvis 15.8 mgHg/kg og 24.8 mgCd/kg tørt sediment. Et gjennomsnittlig innhold av kvikksølv for alle analyserte sedimentprøver (n=57) var 4.5 mgHg/kg tørt sediment (30 ganger overkonsentrasjon) og tilsvarende for kadmium; 6.7 mgCd/kg tørt sediment (27 ganger overkonsentrasjon).

Bly og kobber ble også funnet i relativt høye konsentrasjoner og synes å følge utbredelsesmønsteret av de andre metallene. De høyeste enkeltkonsentrasjoner som ble målt var henholdsvis 880 mgPb/kg (29 ganger overkonsentrasjon) og 1590 mgCu/kg tørt sediment (45 ganger overkonsentrasjon), begge verdier registrert et stykke under sedimentoverflaten (30-35cm) sentralt i undersøkelsesområdet. Det beregnede gjennomsnittet for alle prøvene var 355 mgPb/kg (n=57) og 406 mgCu/kg tørt sediment (n=54). Begge disse verdier tilsvarer overkonsentrasjoner på 12 ganger et antatt bakgrunnsnivå.

Tidligere rapporterte data (Koniczny 1991, 1992) og en orienterende analyse på forekomsten av sink, nikkel og krom, bekreftet at disse metallene ikke utgjør tilsvarende belastning i dette området sammenlignet med de 4 andre metallene. Det ble registrert moderate konsentrasjoner og mellom 2-8 ganger overkonsentrasjon i alle undersøkte sedimentprøver (n=7).

Analyser av vannsøylen på utvalgte stasjoner i resipienten (n=10) og fra vanddypet 1m over sedimentoverflaten viste konsentrasjoner under bakgrunnsnivå for Hg og Cd, men til gjengjeld relativt høye konsentrasjoner av Pb og Cu. Forekomster som 0.3 μ gPb/l og i overkant av 1 μ gCu/l (totalt dvs. løst + partikulært) svarer til henholdsvis 6 og 11ganger overkonsentrasjon i forhold til sjøvanns naturlige innhold.

Det ble beregnet en gjennomsnittskonsentrasjon for total PCB (= sum PCB x 2) på ca. 1 mg/kg tørt sediment eller ca. 200 ganger overkonsentrasjon basert på prøver fra alle analyserte nivåer. Høyeste enkeltverdi ble målt til 6.51 mg totalPCB/kg tørt sediment og tilsvarer ca. 1300 ganger overkonsentrasjon. Den svært giftige komponenten PCB #105 ble enkelte steder registrert i konsentrasjoner på omkring 2-6 μ g/kg noe som anses å være svært høyt da den normalt opptrer i konsentrasjoner 1000 ganger lavere enn andre PCB-komponenter.

Tjærestoffer (PAH) var meget utbredt i resipienten og ble målt i konsentrasjoner på 6-82 mg totalPAH/kg tørt sediment (24 komponenter) i overflatelaget og med generelt økende konsentrasjoner nedover. Maksimalt ble det funnet inntil 1500 mgPAH/kg tilsvarende 3000 ganger antatt bakgrunnsnivå. Summen av de potensielt kreftfremkallende komponentene (KPAH) utgjorde

gjennomsnittlig i overkant av 30% av total PAH og i et tilfelle ble den antatt mest betydningsfulle av disse; benzo(a)pyren målt til 105 mgB(a)P/kg tørt sediment som tilsvarer 10500x et antatt høyt bakgrunnsnivå.

Forekomsten av total hydrokarboner (THC/olje) utgjør den mest markerte belastningen med konsentrasjoner i overflatelaget på 60-7850 mgTHC/kg og et gjennomsnitt for alle prøver på 4750 mgTHC/kg tørt sediment. Konsentrasjonene øker generelt med sedimentdypet ned til 30-65cm og kom maksimalt opp i 19500 mgTHC/kg tørt sediment eller ca. 2000 ganger antatt bakgrunnsnivået.

Fra resultatene av analyser og beregninger som er utført kan følgende vurderinger og sluttninger trekkes:

1. Bunn sedimentene i området Bjørvika - Bispevika, ved Akerselvens utløp, er sterkt forurensset av tungmetallene kvikksølv og kadmium og totalt ligger det lagret ca. 400 kg Hg og 700 kg Cd i den øvre meteren av sedimentene.
2. Videre er området også betydelig til sterkt forurensset med bly og kobber, både i vannmassene og bunn sedimentene, hvor det er beregnet innlagrede totalmengder for hver av metallene på ca. 40 tonn i den øverste meteren.
3. I tillegg må det påregnes en mindre belastning av sink, nikkel og krom i sedimentene, selv om størrelsen på lagret ikke er beregnet.
4. Nivåene av organiske miljøgifter total PCB, sum PAH og TCH anses å være svært høye flere steder i resipienten og utgjør konsentrasjonsmessig klart den største belastningen. Totalt er lagere i sedimentenes øvre meter beregnet til 80 kg PCB med en stor andel av PCB #105, nærmere 30 tonn PAH, hvorav ca. 650 kg B(a)P og i rundt 350 tonn THC. Av andre klororganiske forbindelser, pesticidene inkludert, er innlagrede mengder tilsvarende beregnet til maksimalt 13 kg. Konsentrasjonsmessig er sedimentene betydelig, tildels sterkt belastet med enkeltforbindelser som 5CB og HCB.
5. Analysene primært, men også de visuelle inntrykk av sedimentene i området, viser at de sentrale og østlige deler av Bjørvika, området utenfor Akerselvens munning og hele Bispevika er mest forurensset. Spesielt peker sedimentnivået 30-65cm syd og sydvest for Akerselven seg ut. Utfra antatt sedimentakkumulasjon, kjennskap til industriell og annen menneskelig aktivitet, anses forurensningstilførslene å ha vært størst i perioden 30-50 år tilbake i tid. Lokalt høye konsentrasjoner i øvre sedimentnivåer (0-10cm) indikerer at tilførslene av miljøgifter har vært og trolig fortsatt er betydelige, selvom dette foreløpig ikke er knyttet til bestemte kilder.

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn og målsetting

I forbindelse med å sikre normal havnedrift og den pågående moderniseringen av Oslo havn har Oslo Havnevesen initiert undersøkelser for å oppfylle de miljørettede krav som er satt av forurensningsmyndighetene. Gjennom kartleggende arbeid utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i bunnsedimenter på flere lokaliteter i havneområdet, er det fremkommet at forurensningstilstanden enkelte steder er til dels alvorlig (Konieczny 1991, 1992). Dette har ført til at alt mudrings- og utbyggingsarbeid i havnen midlertidig er stoppet.

Forbudet har videre ført til en todelt problemstilling. Det foreligger et akutt mudringsbehov i deler av innløpet til Bjørvika for å opprettholde skipstrafikken. Ønsket om å avlaste Oslo Veivesen ved å motta sprengningstein fra arbeidet med Ekeberg tunnelen for bygging av nytt kaianlegg i Bispevika gis høy prioritet. En utfylling av stein i Bispevika vil senere føre til at mudring blir nødvendig.

Oslo Havnevesen har av den grunn fremmet ønske om å fortsette arbeidet frem til en noe mer omfattende kartlegging av forurensningstilstanden i hele det området som omfattes av deres virksomhet. Videre ønsker etaten at å utrede forbedrede tekniske muligheter for mudring og deponering av løsmasser og forurensede bunnsedimenter. Det foreligger også et ønske fra forurensningsmyndighetene om å evaluere forurensningskildene som ligger til grunn for den situasjonen som råder i havneområdet i dag, samt å stoppe eventuelle eksisterende kilder. Til dette arbeid har Havnevesenet engasjert Norges Geotekniske Institutt (NGI) i samarbeid med NIVA.

Den primære målsettingen i henhold til programforslaget for delprosjektet ("akutfasen") har vært følgende:

- Kartlegge nivåer av tungmetaller og organiske miljøgifter i bunnsedimentene og overliggende vannmasser i området Bjørvika - Bispevika ved Akerselvens munning.
- Vurdere forurensningssituasjonen ved å belyse utbredelsen av den eventuelle forurensningen, tykkelsen av det forurensede sedimentlaget og beregne lagrede mengder miljøgifter.

Det bemerkes til målsettingen at evalueringen av både nye og eldre forurensningskilder i området ikke er utførlig diskutert i rapporten, men kun nevnes sporadisk ved behov. En lokalisering og registrering av tilførselskilder krever en helt annen og regionalt mer omfattende prøvetakingsstrategi. Dette forhold vil bli belyst i den store kartleggingsundersøkelsen av Indre Oslofjord i SFT-regi påbegynt oktober 1992. I akutfasen inngikk også en undersøkelse av forurensningssituasjonen mhp. olje i jord og grunnvann på Sjursøya, samt geotekniske undersøkelser i Bispevika, men disse undersøkelsene rapporteres separat (Haga 1992, Hauge og Gregersen 1992).

2. MATERIALE OG METODER

2.1. Områdebeskrivelse

Undersøkellesområdet er definert som den delen av havneområdet som ligger innenfor linjen Vippetangen - Grønlikaia (Figur 1) og utgjøres av to bassenger, et på hver side av Akerselvans munning (jfr. Sone 1, Konieczny 1992). Hele området har et areal ca. 0.33 km², hvorav Bjørvika utgjør ca. 2/3 av dette. Vanddypet resipienten varierer mellom ca. 1-15m.

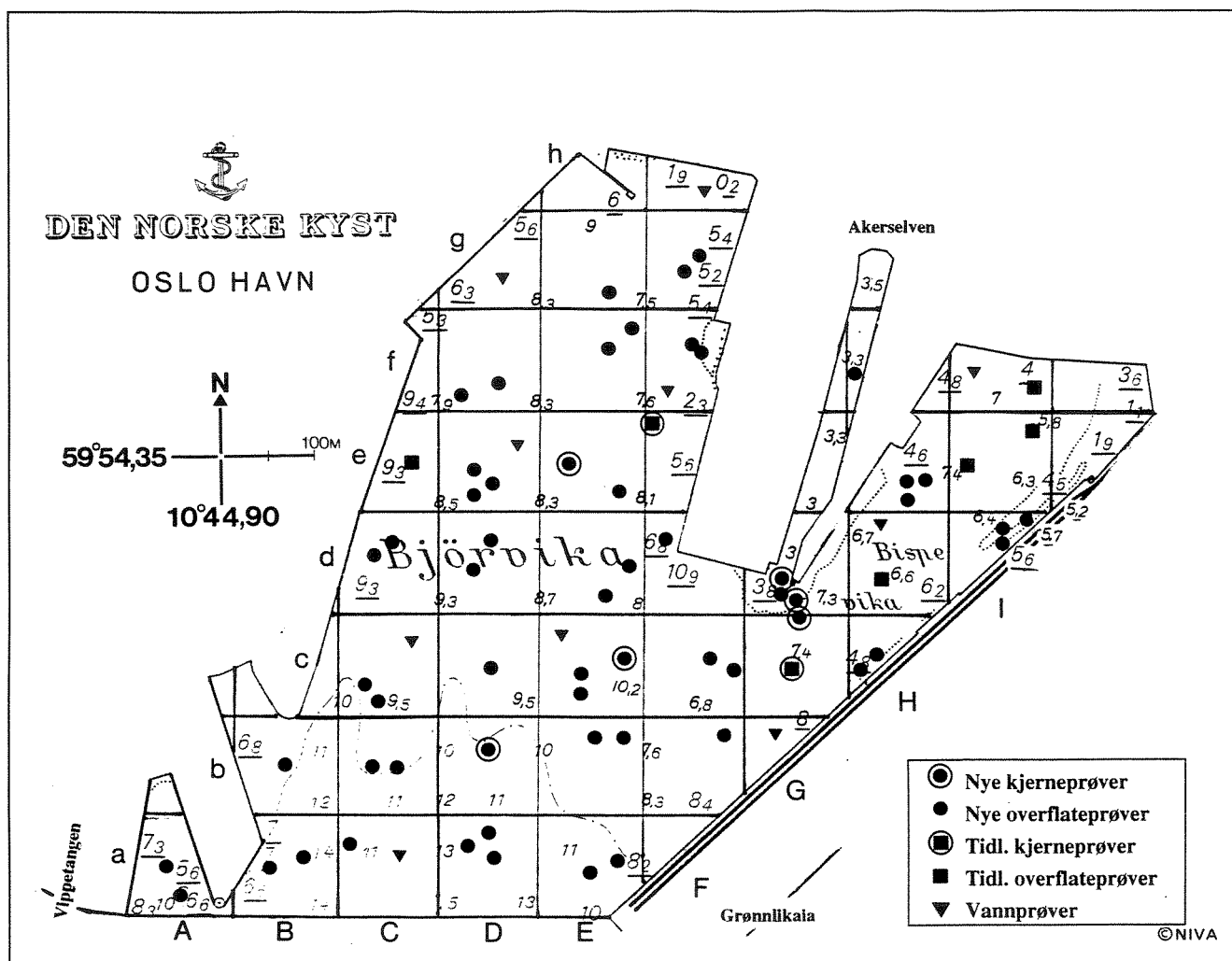
Bispevika og Bjørvika er tildels sterkt belastet med skipstrafikk slik at den naturlige sedimenttilveksten forstyrres i store deler av området. Generelt vil propellvann fra båter i slike grunne områder føre til økt turbulens og resuspensjon av sedimentenes øvre lag. Mye av det resuspenderte materialet blir på grunn av vannbevegelsene transportert ut av området. Til gjengjeld kompenseres dette tildels av store tilførsler av suspendert materiale via Akerselven (ca. 500 tonn i 1990, jfr. Wold 1991). Størrelsen på resuspensjon og transport av partikler og Akerselvans influensområde som eventuell kilde er ikke tilfredstillende kjent. Det foreligger heller ikke dateringer for sedimentene i området, så det vil etter behov bli benyttet en antatt sedimentasjonsakkumulasjon på 5mm/år. Tilsvarende sedimentasjonshastigheter er tidligere beregnet for andre nærliggende deler av det indre fjordområdet (Risidal 1963, Skei og Paus 1979, Skei og Melsom 1982), selv om gjennomsnittet for hele indre fjordområdet er noe lavere; 1-2mm/år (Abdullah 1986, Haugen 1986).

Området har også vært gjenstand for perioder med mudring av oppgrunnede områder og utfylling av løsmasser i forbindelse med modernisering av kaianlegg. Sedimentenes øvre lag bærer tydelig preg av dette, spesielt i de indre deler av Bjørvika og langs alle kaiene i hele undersøkelsesområdet. Trolig har det også i noen utstrekning forekommet "dumping" i Bjørvika, da det blandt annet i nordøst (jfr. rutene Ff og Fg figur 1) ble observert betydlige mengder bygningsmateriale (teglstein, sement o.l.) i de øvre lag og lenger vest (jfr. rute Df figur 1) ble det funnet kullbiter på 3-4cm størrelse.

2.2. Feltarbeid og prøvematerialet

Hovedfeltarbeidet for delprosjektet ble innledet med vann- og sedimentprøvetaking i området Bjørvika - Bispevika med "F/F Bjørn Føyn" (Univ. i Oslo) i perioden 24. - 26. februar 1992. Fra tidligere eksisterte det sedimentdata fra 7 undersøkte stasjoner (Konieczny 1991, 1992). Dette feltarbeidet ble gjennomført i to omganger, henholdsvis den 10. oktober 1991, ble "M/S Siddis Girl" og den 31. oktober 1991 med "F/F Trygve Braarud" (Univ. i Oslo). Detaljer vedrørende disse feltarbeidene er her ikke nærmere beskrevet.

Det ble valgt en prøvestrategi og prøvetatt i henhold til det foreskrevet rutenett på 100 x 100 m med 2-4 parallelle sedimentkjerner på hver stasjon der det ble funnet nødvendig for å få tilstrekkelig prøvemateriale til de respektive analyser (Figur 1). Prøvestasjonene ble på forhånd fordelt i rutenettet for å oppnå maksimal dekkning i resipienten medregnet de stasjoner som tidligere er analysert og rapportert (Konieczny 1991, 1992).



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet Björvika - Bispevika, Oslo havn, med fullstendig prøvedekning avmerket (inkludert tidligere rapporterte stasjoner). Det inntegnede rutenett har målestokk 100x100m.

Observasjoner av det antatt kontaminerte sedimentlag varierte såvidt mye (både regionalt og vertikalt i sedimentdypet) at det ble funnet nødvendig å øke prøveantallet (ca. 10%) i henhold til prøveprogrammet (jfr. vedleggstabell 1). Totalt ble det samlet inn 62 nye kjerner, hvorav 58 ble benyttet til analyser for kartleggingen av det forurensede sedimentlags utbredelse og mektighet (Vedleggstabell 1). Av det totale prøvematerialet ble det tatt ut 137 sedimentprøver hvorav 69 var overflateprøver (0-2 cm) og 68 fra dypere sedimentlag (2-105cm).

Tre kjerner ble samlet inn for geotekniske undersøkelser i Bispevika og en kjerne for senere datering. Sedimentkjernen for aldersbestemmelse ved hjelp av bly-datering (istopen Pb^{210}) ble tatt i et antatt uforstyrret lokalitet (23m vanddyb) utenfor undersøkelsesområdet og er av betydning for den historiske utviklingen i forbindelse med kildeevalueringen.

Prøvetakingen av sedimenter ble i hovedsak utført med en gravitasjonsprøvetaker (Niemistö 1974), som er egnet for sedimentkjerner av inntil 50-100cm lengde ($\Phi = 5.0\text{cm}$) avhengig av sedimentenes beskaffenhet. Til prøvetakingen av dypere nivåer ble det benyttet en 3m lang, tyngre gravitasjonsprøvetaker med noe større rørdiameter ($\Phi = 10\text{cm}$). For dette undersøkelsesområdet syntes Niemistö-coreren å fungere ned til ca. 75cm sedimentdyp og den noe kraftigere prøvetakeren ned til ca. 2m. Sedimentprøvene ble etter uttak i ønskede nivåer lagt på spesialbeholdere av plast (TOC, metaller og PAH) eller glass (PCB og THC) alt etter type påfølgende analyse.

Som supplement til sedimentprøvene for å belyse en eventuell pågående utlekking av metaller fra sedimentoverflaten til vannmassene, ble det innsamlet 10 vannprøver med en 3 liters Niskin-vannhenter fra nivået 1m over bunnen (Vedleggstabell 3). Stasjonene for disse prøvene ble jevnt fordelt i hele området (Figur 1 og vedleggstabell 3). Sjøvannprøvene ble tappet direkte på spesialvaskede flasker av glass for kvikksølv-analyser og tilsvarende flasker av plast for de andre 3 metallene.

2.3. Tungmetall-analyser

Forurensningsmyndighetenes liste over prioriterte tungmetaller i miljøgiftanalyser av marine sedimenter, omfatter de 8 metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), krom (Cr) og arsen (As). På bakgrunn av tidligere og nylig fremkomne data fra området (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979 og Konieczny 1991, 1992) ble det primært valgt å konsentrere undersøkelsen om de tre mest fremtredende av disse; Hg, Cd og Pb.

I tillegg ble også Cu inkludert, på bakgrunn av metallens potensielle giftighet og muligheter for kobling til bløtbunnsfauna undersøkelser (Rygg 1985). Totalt ble det analysert 47 sedimentprøver med hensyn på 4 metaller og en orienterende prøve der alle 8 prioriterte tungmetaller var inkludert. As ble senere ekskludert fra analyseprogrammet.

Etter frysetørring av ufraksjonerte sedimentprøver ble prøvene oppsluttet i 50% salpetersyre (HNO_3 , Norsk standard 4768). Denne oppslutningsmetoden gir ikke totalkonsentrasjoner av metaller, men er mere representativ for den mobile tungmetall-fraksjon. Metallanalysene er i hovedsak gjort ved flamme-atomabsorpsjon, med unntak av enkelte Cd-analyser (lave konsentrasjoner) som foretas i grafittovn. Bestemmelsen av Hg er gjort på en P.E. Coleman-50 Hg-analysator, hvor det oksydert Hg reduseres til elementært Hg med tinn(II)klorid og drives over i analysatoren med luft for måling ved 253.7 nm.

Vannprøvene ble kun analysert på de samme 4 prioriterte metallene som for sediment; Hg, Cd, Pb og Cu. Ved analyse av sjøvannprøver med forventede lave konsentrasjoner og hvor Hg ikke kan bestemmes direkte, ble det benyttet en gullfelle - kalddamp atomabsorpsjonsteknikk (Bloom og Crecelius 1983). Hg-ionene i prøven reduseres til metallisk tilstand med tinn(II)klorid i surt miljø. Hg-dampen drives av med helium som bæregass og føres via et tørkerør med magnesium-perklorat gjennom gullfelle hvor Hg amalgerer. Hg frigjøres ved elektrotermisk oppvarming av gullfellen og drives videre gjennom en målecelle hvor signalet måles ved kalddamp atomabsorpsjon (ombygget Perkin Elmer 1100B). De andre metallene ble freon-ekstrahert og bestemt/kvantifisert i grafittovn.

2.4. Organiske analyser

Den anvendte analysemetoden for polyklorerte bifenyl (PCB) fokuserer primært på de antatt 7 viktigste av de 209 PCB komponentene som teoretisk kan være til stede (Ballschmiter og Zell 1980). Disse omfatter PCB nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 ("the seven Dutch"). Summen av disse blir i det følgende angitt som PCB₇ og utgjør normalt samlet ca. 50% av de PCB-komponentene som kan være tilstede (L. Berglind pers. med).

Martinsen et al. (1991) angir for biologisk materiale en total PCB = 1.5xPCB₇, men dette vurderes å være lavt av Berge (1991) hvor det angis en faktor på 2.4. Det er foreløpig ikke avgjort om dette lar seg overføre direkte til sedimenter. Det er i denne undersøkelsen likevel valgt å multiplisere de målte verdier for PCB₇ med en faktor på 2 (middelverdi), som estimerer for tilnærmede verdier av total PCB i sedimenter.

I tillegg kan det også opereres med ΣPCB som tilsvarende summen av alle PCB-komponentene målt i analysen (totalt 10) dvs. PCB₇ + PCB nr. 105, 156 og 209 (10CB=dekaklorbifenyl). Disse ulike estimatene har først og fremst betydning dersom de aktuelle verdier skal sammenliknes med andre og spesielt eldre data fra Oslofjorden. I de tilfeller der det er nyttig andre kombinasjoner for å angi total PCB i sammenlikningsgrunnlaget, er det foretatt liknende estimerer.

Prinsippet for prøveopparbeiding og bestemmelse av de klorerte forbindelsene er at sedimentprøven ekstraheres i en 1:1 blanding med sykloheksan og isopropanol under omrøring. Isopropanol fjernes ved vanntilsats og ekstraktet tørkes med natriumsulfat og senere inndampet i Vigreuxkolonne til små volum. Ekstraktene ble så behandlet med konsentrert svovelsyre for fjerning av ikke-persistente forbindelser. Ekstraktet blir deretter injisert splittløst på en gasskromatograf (GC) med 30m kapillarkolonne med i.d. 0.32 mm belagt med 0.1µm DB-5. EC-detektor ble benyttet. Identifisering og kvantifisering ble gjort ved hjelp av intern standard (PCB nr. 53) og "multilevel" kalibrering. Deteksjonsgrensen for enkeltkomponentene var 0.1-0.2 ng/g tørt sediment.

Analysemetoden beskrevet over gir i tillegg informasjon om 8 andre klorerte forbindelser; pentaklorbenzen (5CB), heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS), og pestisidene Lindan eller γ-heksaklorsykloheksan (γ-HCH), α-heksaklorsykloheksan (α-HCH), diklodifenyiltrikloretan (DDT) og DDT-derivatene (p,p-DDD og p,p-DDE). I det følgende er ΣDDT lik summen av DDT+DDE+DDD. Deteksjonsgrensene for enkeltkomponentene har vært 0.001 mg/kg tørt sediment.

Analyse av total hydrokarboner (THC) er utført ved Senter for Industrieforskning (SI) etter følgende opparbeidingsteknikk (jfr. også vedlegg 1): Ca. 20-50g vått sediment forsåpes med 80ml 0.5 N metanolisk NaOH under koking og tilbakeløpskjøling i 2 timer. Prøvene filtereres med sug og vaskes med 50ml metanol og 75ml diklormetan (første ekstraktvolum). Filtaratet overføres til skilletrakt og rystes. Diklormetanfasen tappes av og filtratet ekstraheres ytterligere en gang med 50ml diklormetan. Det samlede diklormetane-kstraktet tørkes med natriumsulfat, oppkonsentreres og polare komponenter fjernes ved kromatografering på Bond-Elut Silica kolonne (Analytichem International). Etter eluering fra Bond-Elut blir ekstraktet oppkonsentrert til et passende volum og injisert splittløst 1µl (bæregass hydrogen) på en gasskromatograf (HP 5880 med HP 7671 A autosampler) med 12.5m kapillarkolonne med i.d. 0.20mm belagt med silika ("fused silica crosslinked with dimethylsilicon"). Kvantifiseringen ble gjort med en flammeionisasjonsdetektor og Marin diesel ble benyttet som intern standard.

Primært omfatter en slik "oljeanalyse" en kvantifisering av mengden hydrokarboner eller petroleumsprodukter i kokepunktområdet n-C14 til n-C35 alkan (270-490°C). Aromatiske forbindelser faller også inn under denne kategorien, slik at THC-konsentrasjonene i realiteten også omfatter deler av tilstedeværende PAH.

Bestemmelsen av PAH ble utført ved at <5g frysetørret sediment ble tilsatt deuterert PAH som indre standard og ekstrahert med sykloheksan i Soxlet i ca. 8 timer. Etter tørking med natriumsulfat ble ekstraktvolumet redusert før rensing på silikagel deaktivert med 15% vann. Sykloheksan benyttes som elueringsmiddel og ekstraktvolumet reduseres til 0.1-2ml før analyse på gasskromatograf (GC) med splittløs injektor og kapillarkolonne. Gasskromatografen er tilkoblet en masseselektiv detektor innstilt i SIM slik at PAH identifiseres ut fra molekylionene og retensjonstid. Kvantifiseringen skjer ved hjelp av de indre standarder. Totalt ble det analysert på 24 PAH-komponenter, hvorav 6 komponenter tilhører samleggruppen "potensielt kreftfremkallende forbindelser" (KPAH, jfr. Vedlegg 3). Deteksjonsgrensen var 20 ng/g for enkeltkomponentene.

Som en støtteparameter vil sedimentenes innhold av total organisk karbon (TOC) bli målt på et utvalg av stasjonene.

2.5. Beregning av miljøgiftlageret

Prinsippet for beregning av størrelsen på innlagrede miljøgifter i sedimenter er gjennnitt i punktene 1-6 nedenfor og baseres dels på målte, dels beregnede og kjente størrelser. Nødvendige rådata er gitt i tabeller og vedleggstabeller andre steder i rapporten. Resultatene og hovedgrunnlaget for beregningene i denne undersøkelsen og eventuelle nødvendige avvik fra den generelle metoden nedenfor, er noe mer detaljert beskrevet i avsnitt 3.3.

1. Et sedimentlags våtvolum i m³ (V) beregnes utfra et beregnet sedimentareal i m² (A) og tykkelsen på det aktuelle lag i m (H):

$$V = A \cdot H$$

2. Sedimentlagets vanninnhold i % (w) regnes utfra et bestemt eller gjennomsnittet for alle målte verdier for tørrstoffinnhold i % (t):

$$w = 100 - t$$

3. Beregning av tettheten i g/cm^3 av aktuelt vått sediment (D_w) er basert på erfaringsmessig generell tetthet av tørre sedimenter ($D_t = 2.3 \text{ g/cm}^3$):

$$D_w = 100/(w + (100 - w)/D_t)$$

4. Beregning av det aktuelle sedimentlagets våtvekt i tonn (M_w) baseres på sedimentlagets volum i m^3 (V) og tettheten av vått sediment i g/cm^3 (D_w):

$$M_w = V \cdot D_w$$

5. Beregning av sedimentlaget tørrvekt i tonn (M_t), basert på det aktuelle lagets våtvekt i tonn (M_w) og % tørrstoffinnhold (t):

$$M_t = M_w \cdot t/100$$

6. Beregning av mengde innlagret miljøgift i tonn (L) basert på sedimentlagets tørrvekt i tonn (M_t) og beregnet gjennomsnittlig konsentrasjonen pr. vektenhet (C) minus bakgrunnsverdien (b) for den aktuelle komponent:

$$L = M_t (C - b)$$

2.6. Bakgrunnsverdier og forurensningsgrader

Bakgrunnsnivåene som analyseresultatene relateres til ved beregning av overkonsentrasjoner, er hentet fra Knutzen og Skei (1990) og refererer seg til antatte høye nivåer eller normale konsentrasjoner i diffust påvirkede marine sedimenter uten punktkilder. For de analyserte tungmetallene (prioritert liste) er disse henholdsvis 0.15 mgHg/kg, 0.25 mgCd/kg, 30 mgPb/kg og 35 mgCu/kg, 150 mgZn/kg, 30 mgNi/kg, 70 mgCr/kg og 20 mgAs/kg tørt sediment (Vedleggstabell 6).

For bakgrunnsverdier av tungmetaller i sjøvann er det benyttet et foreløpig forslag gitt i Knutzen og Skei (1990). Rapporterte målinger i oseaniske vannmasser antyder det her verdier på 0.005 µgHg/l, 0.05 µgCd/l, 0.05 µgPb/l og 0.1 µgCu/l som øvre grense for sjøvanns naturlige innhold (Vedleggstabell 7).

For total PCB i sedimenter er bakgrunnsnivået i diffust påvirkede områder antatt å være 0.005 mg/kg tørt sediment og for de klororganiske forbindelsene 5CB, HCB og OCS tilsvarende, men noe usikkert 0.0005 mg/kg tørt sediment (Knutzen og Skei 1990, Næs og Oug 1991). Hva bakgrunnsnivå for sum PAH angår, så opereres det med intervallet 0.2-0.5 mg/kg tørt sediment (Knutzen og Skei 1990), hvor øvre grense er foreslått som et naturlig nivå i uforurensede fjordsedimenter i Norge (Vedleggstabell 4).

For THC er bakgrunnsnivået <5-10 mgTHC/kg tørt sediment, antatt å gjelde for hele Nordsjøen (Kaarstad og Telfer 1991). Betydelig høyere verdier er imidlertid målt lokalt i kystnære farvann, men det er foreløpig ikke foreslått noen entydig bakgrunnsverdi. Derfor benyttes foreløpig den øvre grense for Nordsjøsedimenter som beregningsgrunnlag i rapporten (Vedleggstabell 6).

Det benyttes som nevnt i det følgende betegnelsen overkonsentrasjon, som er en tilnærmet verdi for konsentrasjoner et antall ganger over bakgrunnsnivået. Dette benyttes for å lette tilgjengeligheten av tallmaterialet. Men det er de målte konsentrasjoner som danner grunnlaget for vurdering og karakterisering av forurensningsbelastning (Vedleggstabellene 8 og 9).

Et foreslått klassifiseringssystem for forurensningsgrad i fjordsedimenter generelt (Knutzen og Skei 1990), karakteriserer belastningen av sedimenter etter deres innhold av de ulike miljøgiftforbindelser. Det er foreslått følgende 4 klasser og følger i prinsippet inndelingen som er benyttet i Rotterdam Havn (Jansen 1987):

- Klasse 1 - Svakt forurenset/lite eller ubetydelig berørt**
- Klasse 2 - Moderat forurenset/moderat belastet**
- Klasse 3 - Betydelig Forurenset/markert belastet**
- Klasse 4 - Sterkt forurenset/sterkt belastet**

Det er valgt å modifisere klasse 3 ved å benevne denne betydelig forurenset. Vedleggstabell 8 og 9 gir en oversikt over grenseverdiene for klasseinndelingen som er angitt over. Resultater i denne undersøkelsen indikerer at enkelte sedimentlag inneholder så høye verdier at det danner grunnlag for en lokal 5. klasse - ekstremt forurenset/ekstremt belastet.

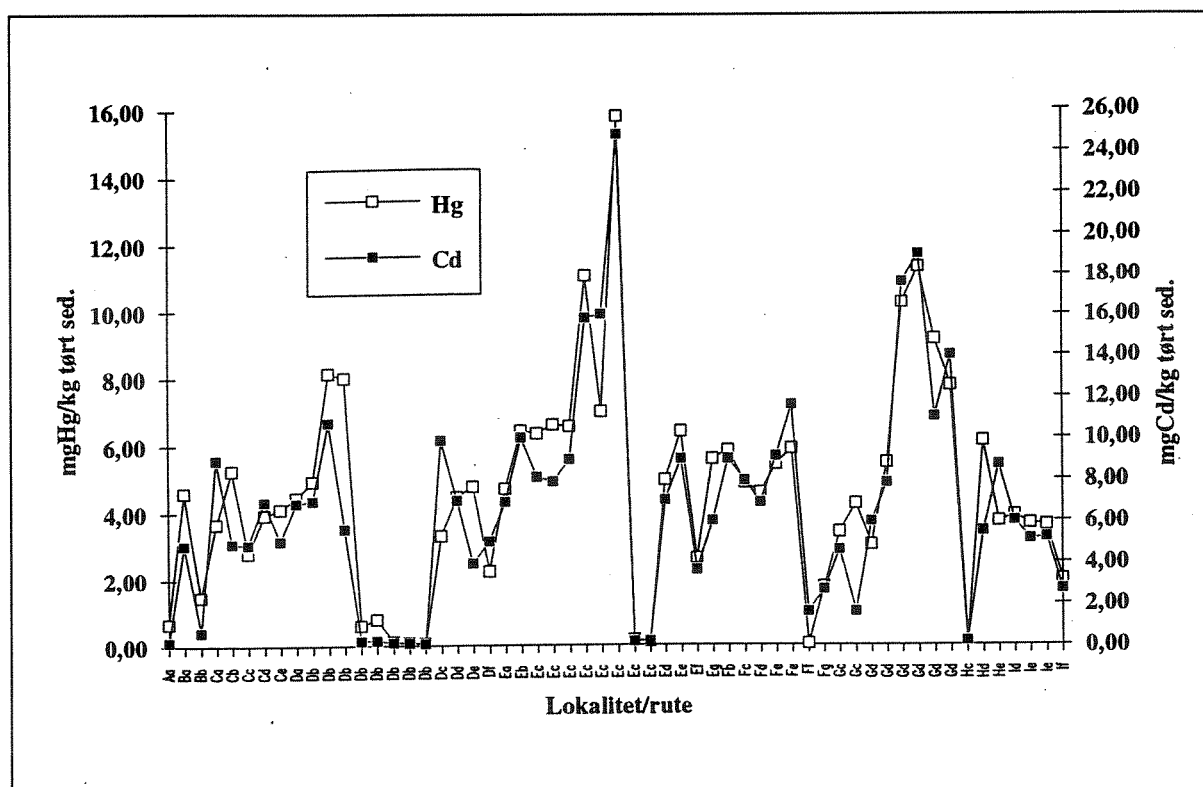
3. RESULTATER

Resultatene og beregninger er i det følgende presentert i et utvalg av tabeller og figurer, mens rådataene er gitt i vedlegg. Tidligere rapporterte relevante data er i noen tilfeller inkludert og dette blir bemerket i hvert enkelt tilfelle.

3.1. Tungmetaller

3.1.1. Tungmetaller i sediment

Rådataene for sedimentenes innhold av tungmetaller og beregnede overkonsentrasjoner er gitt i tabell 1. Det ble funnet tildels store variasjoner i forekomsten innen de enkelte metaller utover i resipienten og med økende sedimentdyp. Dette ses av konsentrasjonsforholdene vist i Figurene 2 og 3 (jfr. også vedleggstabell 10). Statistisk behandling av tallene viste derimot god samvariasjon mellom de 4 prioriterte metallene. Ved en lineær regresjons-analyse (antall frihetsgrader $n=54-57$) ble resultatet en korrelasjonskoeffisient på $r^2 = 0.52-0.84$ og signifikansnivået $p>0.001$ dvs. bedre enn 99.9% (Vedleggsfigurene 1-3).



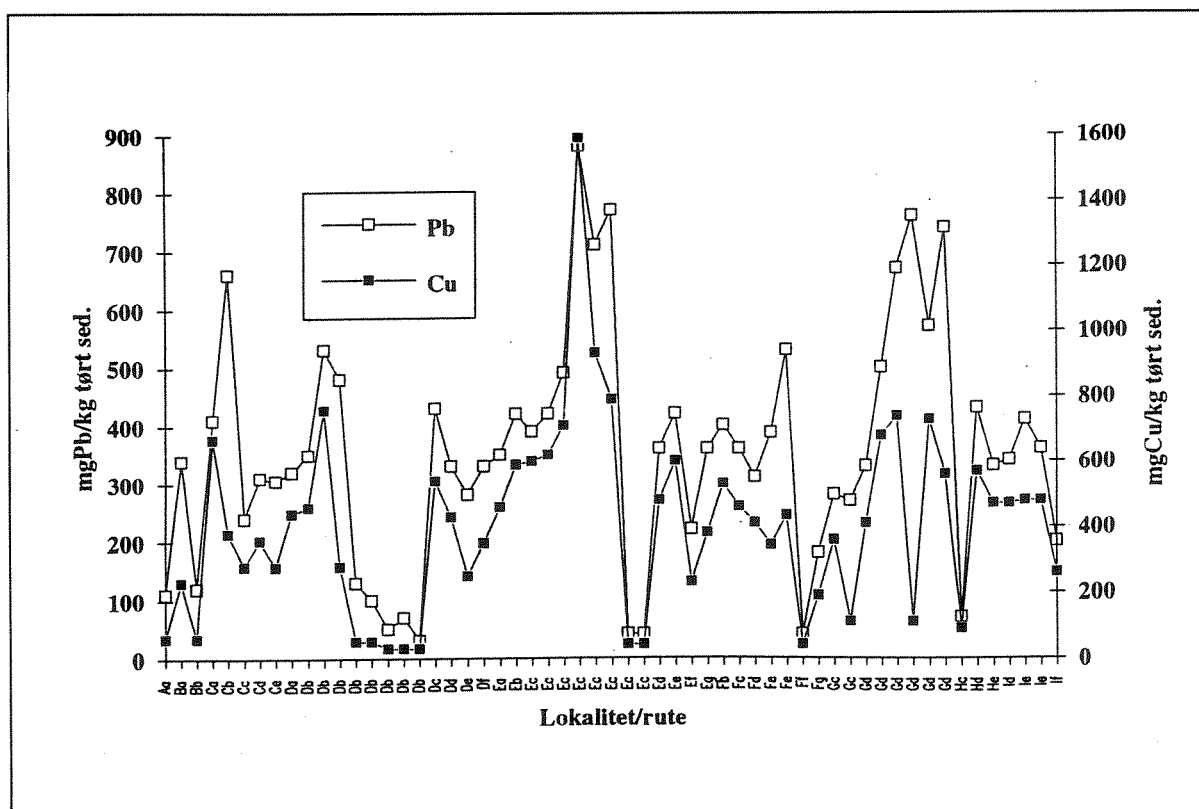
Figur 2. Konsentrasjoner av Hg og Cd i mg/kg tørt sediment målt i bunnsedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.

Av de påviste tungmetallkonsentrasjonene var forekomsten av kvikksølv (0.03-6.53 mgHg/kg tørt sediment) og kadmium (0.20-10.0 mgCd/kg tørt sediment) mest markert og begge ble funnet i overkonsentrasjoner på ca. 40x bakgrunnsnivåene i overflatesedimentene (0-2cm) og i ca. 100x overkonsentrasjon i de dypere sedimentlag sentralt i resipienten. Høyeste enkeltkonsentrasjoner var henholdsvis 15.8 mgHg/kg og 24.8 mgCd/kg tørt sediment. Et gjennomsnittlig innhold av kvikksølv

for alle undersøkte sedimentnivåer (n=57) var på 4.5 mgHg/kg tørt sediment (30x overkonsentrasjon) og tilsvarende for kadmium på 6.7 mgCd/kg tørt sediment (27x overkonsentrasjon).

Høye Hg-konsentrasjoner 20-25 mgHg/kg tørt sediment, er tidligere påvist lokalt andre steder i havnebassenget som for eksempel Bekkelagsbassenget (Skei 1977) og Frognerkilen (Kirkerud et al. 1979). Gjennomsnittsnivåene var av samme størrelsesordenen som i disse undersøkelsene (Vedleggstabell 12). Derimot synes Cd-konsentrasjonene å være klart høyere enn hva som tidligere er rapportert fra tilgrensende områder i havnebassenget (Kirkerud et al. 1979, Konieczny 1992). Figurene 4 og 5 viser forenklet forurensningssituasjonen av overflatesedimentene i området i dag.

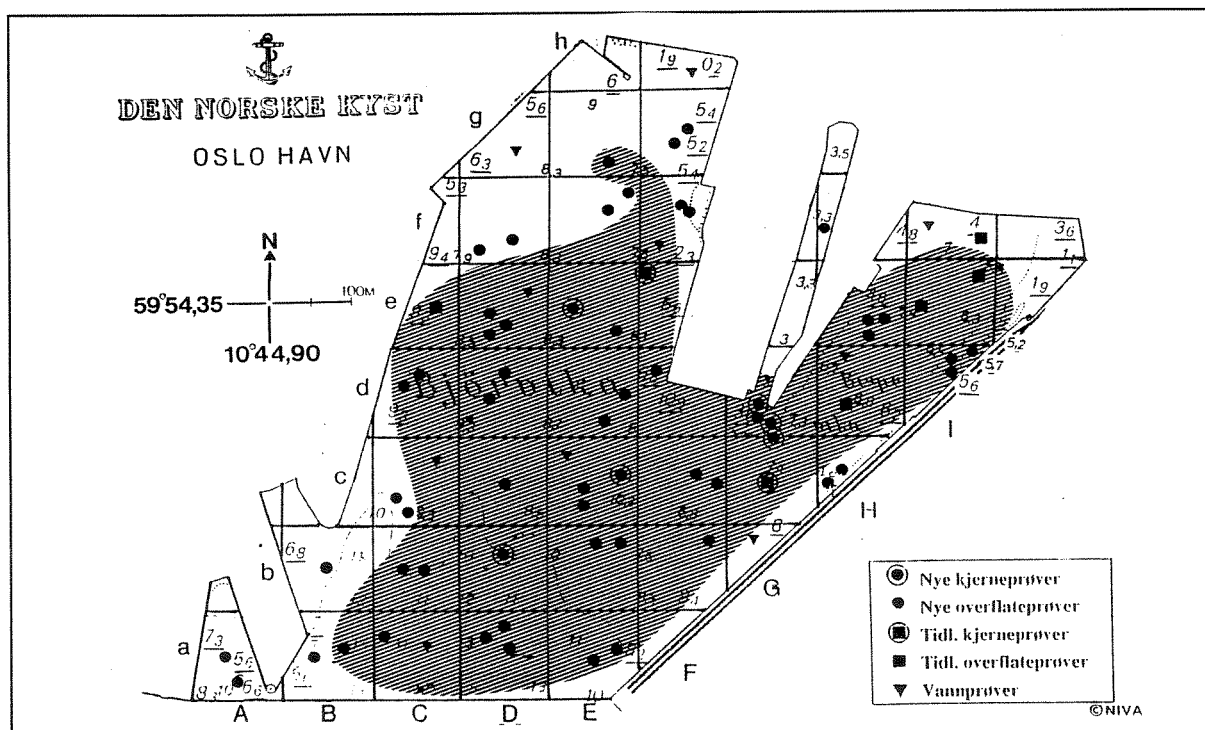
Bly og kobber ble også funnet i relativt høye konsentrasjoner, dog ikke like fremtredende og synes å følge utbredelsen av de andre metallene. Variasjonene var i overflatesedimentene henholdsvis 40-660 mgPb/kg og 40-670 mgCu/kg tørt sediment (Tabell 1). De høyeste enkeltkonsentrasjoner som ble målt var henholdsvis 880 mgPb/kg (29x overkonsentrasjon) og 1590 mgCu/kg tørt sediment (45x overkonsentrasjon), og ble registrert et stykke under sedimentoverflaten sentralt i undersøkelsesområdet. Det beregnede gjennomsnittet for alle prøvene var 355 mgPb/kg (n=57) og 406 mgCu/kg tørt sediment (n=54). Begge verdier tilsvarer overkonsentrasjoner på 12x bakgrunnsnivå.



Figur 3. Konsentrasjoner av Pb og Cu i mg/kg tørt sediment målt i bunnsedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.

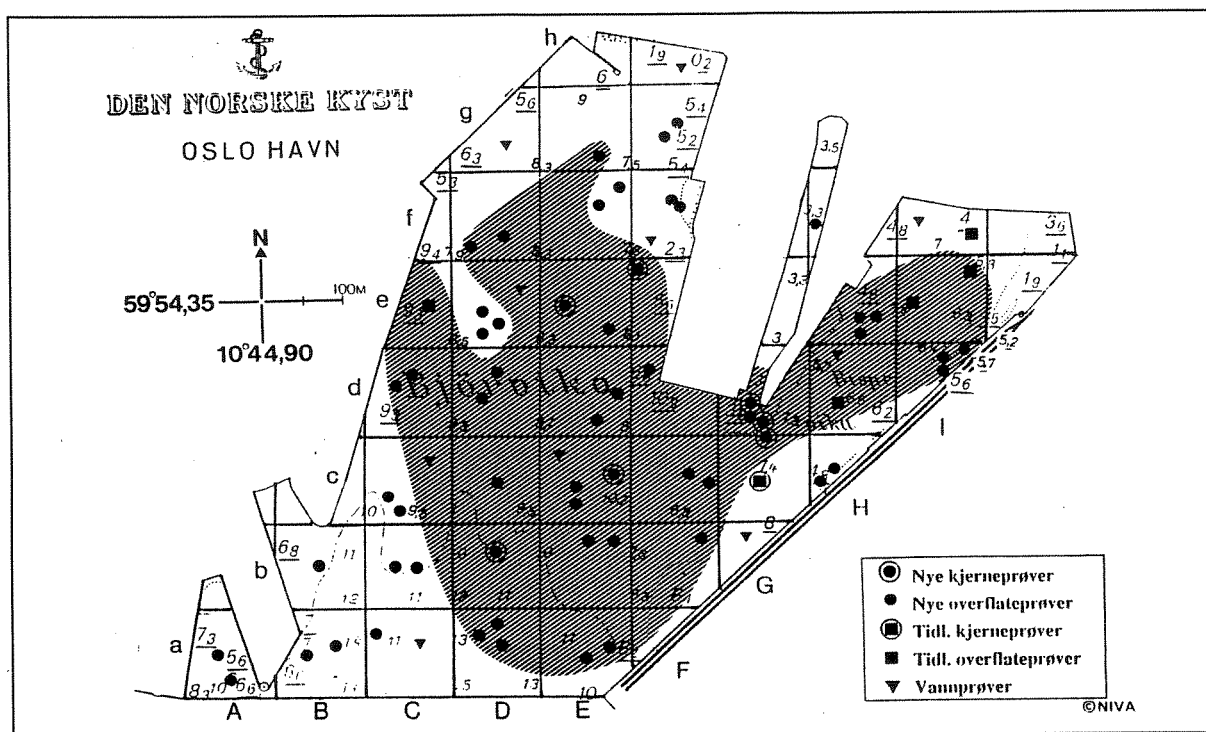
Enkelte av Pb og Cu nivåene lokalt i Bjørvika og Bispveika synes å være noe høyere enn hva som tidligere er registrert (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979), men er generelt klart sammenlignbare med resten av havneområdet (Vedleggstabell 12). Figurere 6 og 7 viser forenklet forurensningssituasjonen i overflatesedimentene i området i dag.

Tidligere data på forekomsten av sink, nikkell og krom tydet på at disse metallene ikke utgjorde noen nevneverdig belastning, med unntak av lokale forekomster av sink (Doff 1969, Skei 1977, Kirkerud et al. 1979, Konieczny 1991,1992). Dette ble bekreftet av relativt lave konsentrasjonene i den orienterende analysen (kjerne Gd 0-2cm). De registrerte maksimumsverdier i undersøkelsesområdet var henholdsvis 1200 mgZn/kg, 55.2 mgNi/kg og 142 mgCr/kg tørt sediment, tilsvarende overkonsentrasjoner på 2-8x bakgrunsnivåene (Tabell 1 og vedleggstabell 6).

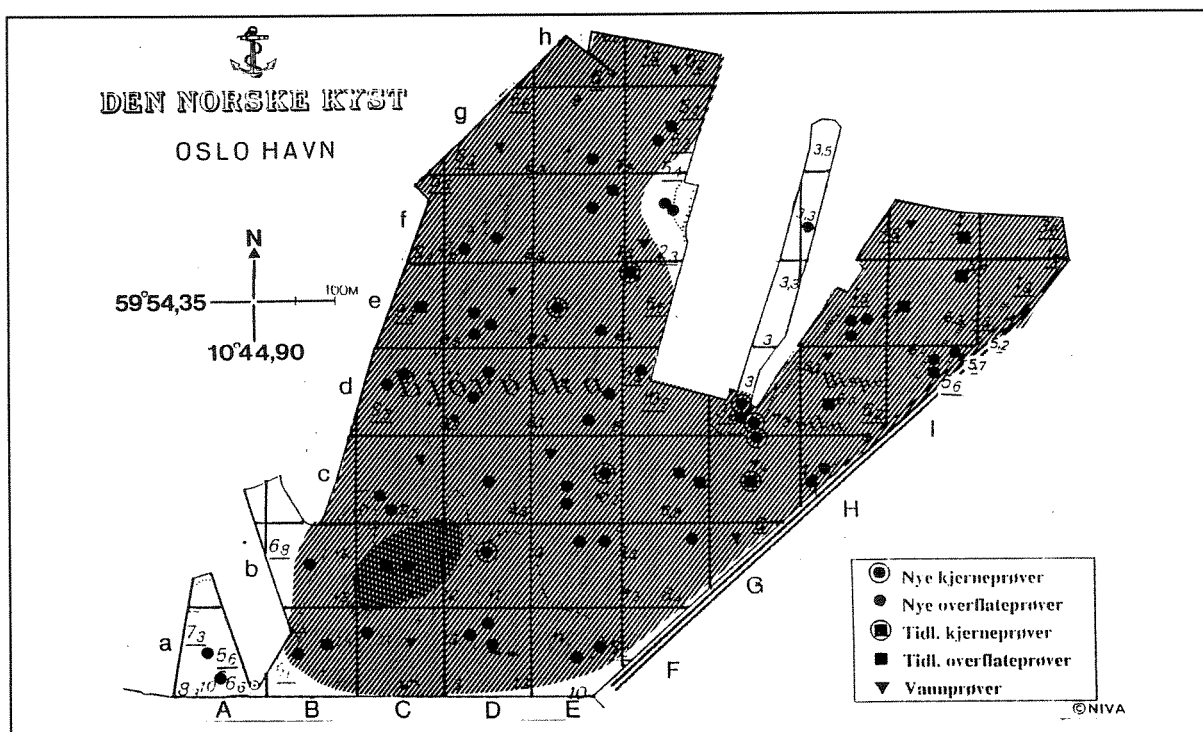


Figur 4. Horizontalutbredelse av sterkt forurensede overflatesedimenter (0-2cm) med hensyn på kvikksølv (>3 mgHg/kg tørt sediment, 20x overkonsentrasjon).

Generelt, men noe avhengig av sedimentenes tykkelse, synes sedimentlagene dypere enn 60-65cm å være svært lite påvirket av tungmetaller med konsentrasjoner ofte lavere enn bakgrunsnivåene (Tabell 1 og vedleggstabell 6). Dette har dels sammenheng med at bakgrunsnivåene som det sammenlignes med er relatert dagens diffust belastede fjordområder og dels den utslippshistoriske utviklingen i området. Sedimentene i disse dypene representerer trolig en "preindustriell" situasjon slik den var i perioden 200 år tilbake dersom det antas at sedimentene er rimelig uforstyrret.



Figur 5. Horizontalutbredelse av sterkt forurensete overflatesedimenter (0-2cm) med hensyn på kadmium (>5 mgCd/kg tørt sediment, 20x overkonsentrasjon).



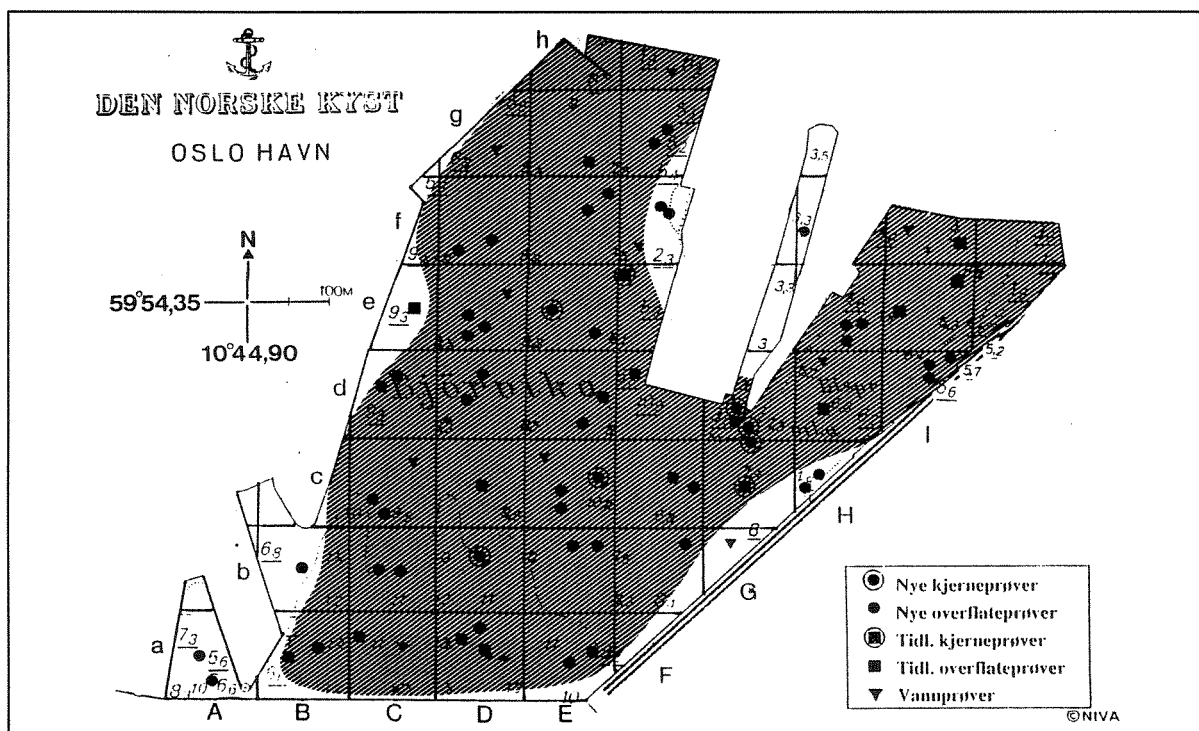
Figur 6. Horizontalutbredelse av markert og sterkt forurensete overflatesedimenter (0-2cm) med hensyn på bly (>120 mgPb/kg tørt sediment, >4x overkonsentrasjon).

Tabell 1. Tungmetallkonsentrasjoner i mg/kg tørt sediment og overkonsentrasjoner (ant. x bakgrunnsverdi) i bunnsedimentene fra området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn. Manglende/ikke beregnet eller angitt verdi (-). *= Tidligere rapporterte data (Konieczny 1991, 1992), i.a.= ikke analysert.

Lok. Rute	Nivå i cm	Hg mg/kg	Over-kons.	Cd mg/kg	Over-kons.	Pb mg/kg	Over-kons.	Cu mg/kg	Over-kons.	Zn mg/kg	Over-kons.	Ni mg/kg	Over-kons.	Cr mg/kg	Over-kons.
Aa	0-2	0.66	4x	0.20	-	110	4x	60	2x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ba	0-2	4.61	31x	4.91	20x	340	11x	230	7x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Bb	0-2	1.47	10x	0.65	3x	120	4x	60	2x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ca	0-2	3.66	24x	9.05	36x	410	14x	670	19x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Cb	0-2	5.25	35x	4.99	20x	660	22x	380	11x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Cc	0-2	2.79	19x	4.95	20x	240	8x	280	8x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Cd	0-2	3.92	26x	7.02	28x	310	10x	360	10x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ce*	0-2	4.09	27x	5.11	20x	305	10x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Da	0-2	4.43	30x	6.93	28x	320	11x	440	13x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Db	0-2	4.92	33x	7.03	28x	350	12x	460	13x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	5-10	8.01	53x	10.80	43x	530	18x	760	22x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	15-20	7.96	53x	5.66	23x	480	16x	280	8x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	30-35	0.59	4x	0.21	-	130	4x	50	1x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	45-50	0.79	5x	0.23	-	100	3x	50	1x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	60-65	0.11	-	0.12	-	50	2x	30	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	80-85	0.08	-	0.10	-	70	2x	30	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	100-105	0.06	-	0.08	-	30	-	30	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Dc	0-2	3.27	22x	9.91	40x	430	14x	540	15x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Dd	0-2	4.41	29x	7.01	28x	330	11x	430	12x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
De	0-2	4.72	31x	3.98	16x	280	9x	250	7x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Df	0-2	2.21	15x	5.03	20x	330	11x	350	10x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ea	0-2	4.65	31x	6.93	28x	350	12x	460	13x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Eb	0-2	6.37	42x	10.00	40x	420	14x	590	17x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ec	0-2	6.29	42x	8.12	32x	390	13x	600	17x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	5-10	6.53	44x	7.89	32x	420	14x	620	18x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	15-20	6.49	43x	8.95	36x	490	16x	710	20x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	30-35	11.00	73x	15.80	63x	880	29x	1590	45x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	45-50	6.94	46x	16.00	64x	710	24x	930	27x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	60-65	15.80	105x	24.80	99x	770	26x	790	23x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	80-85	0.14	-	0.16	-	40	1x	40	1x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	100-105	0.10	-	0.18	-	40	1x	40	1x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ed	0-2	4.92	33x	7.00	28x	360	12x	480	14x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ee	0-2	6.35	42x	8.99	36x	420	14x	600	17x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ef	0-2	2.58	17x	3.64	15x	220	7x	230	7x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Eg	0-2	5.53	37x	6.01	24x	360	12x	380	11x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Fb	0-2	5.79	39x	8.98	36x	400	13x	530	15x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Fc	0-2	4.83	32x	7.95	32x	360	12x	460	13x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Fd	0-2	4.53	30x	6.89	28x	310	10x	410	12x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Fe	0-2*	5.37	36x	9.13	37x	387	13x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
	17-22*	5.84	39x	11.60	46x	529	18x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Ff	0-2	0.03	-	1.61	6x	40	1x	40	1x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Fg	0-2	1.74	12x	2.69	11x	180	6x	190	5x	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-

Tabell 1. Fortsetter.

Lok. Rute	Nivå i cm	Hg mg/kg	Over-kons.	Cd mg/kg	Over-kons.	Pb mg/kg	Over-kons.	Cu mg/kg	Over-kons.	Zn mg/kg	Over-kons.	Ni mg/kg	Over-kons.	Cr mg/kg	Over-kons.
Gc	0-2*	3.37	22x	4.60	18x	280	9x	360	10x	790	5x	45.6	2x	110	2x
	42-45*	4.21	28x	1.60	6x	270	9x	110	3x	460	3x	38.2	-	55.8	-
Gd	0-2	2.99	20x	5.98	24x	330	11x	410	12x	870	6x	45.8	2x	120	2x
	5-10	5.43	36x	7.85	31x	500	17x	680	19x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
	15-20	10.20	68x	17.60	70x	670	22x	740	21x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
	30-35	11.30	75x	19.00	76x	760	25x	110	3x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
	45-50	9.09	61x	11.00	44x	570	19x	730	21x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
	58-63	7.70	51x	14.00	56x	740	25x	560	16x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
Hc	0-2	0.11	-	0.18	-	70	2x	90	3x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
Hd	0-2*	6.06	40x	5.50	22x	430	14x	570	16x	1200	8x	55.2	2x	142	2x
He	0-2	3.68	25x	8.70	35x	330	11x	470	13x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
Id	0-2	3.84	26x	6.00	24x	340	11x	470	13x	ia.	-	ia.	-	ia.	-
Ie	0-2*	3.61	24x	5.10	20x	410	14x	480	14x	1020	7x	46.6	2x	110	2x
Ie	0-2*	3.59	24x	5.20	21x	360	12x	480	14x	1060	7x	48.4	2x	121	2x
If	0-2*	1.95	13x	2.70	11x	200	7x	260	7x	560	4x	27.5	-	63.9	-
Gj.sn.	-	4.5	30x	6.7	27x	355	12x	406	12x	851	6x	43.9	1.5x	103	1.5x



Figur 7. Horizontalutbredelse av markert eller sterkt forurensede overflatesedimenter (0-2cm) med hensyn på kobber (>150 mgCu/kg tørt sediment, >4x overkonsentrasjon).

3.1.2. Tungmetaller i sjøvann

Det ble samlet inn totalt 10 sjøvannprøver fra vanddyppet 1m over sedimentoverflaten på stasjoner fordelt rundt i resipienten. Formålet var å måle tungmetallkonsentrasjonene i vannmassene som følge av frigivelse fra sedimentene under. De fleste av stasjonene var samordnet med prøvetaking av sedimentet, men noe ble tatt i ruter hvor det ikke forelå sedimentprøver (Figur 1). En potensiell frigivelse avhenger i første rekke av konsentrasjonene i sedimentet og regnes som summen av naturlig utlekking (løst andel ved diffusjon og likevektinnstilling) og partikkelbunnet "utlekking" ved resuspensjon av sedimentet.

Tabell 2. Tungmetallkonsentrasjoner i vannprøver tatt 1m over bunnen i Bjørvika - Bispevika og beregnede overkonsentrasjoner (jfr. vedleggstabell 7) basert på Knutzen og Skei (1990).

Lokalitet	Dyp	Hg	Cd	Pb	Overkons.	Cu	Overkons.
rute	i m	ng/l	µg/l	µg/l	x	µg/l	x
Ca	13	<2.0	0.027	0.078	2	0.66	7
Cc	8	<2.0	0.027	0.140	3	0.96	10
De	8	<2.0	0.030	0.090	2	0.84	8
Dg	7	<2.0	0.030	0.110	2	1.04	10
Ec	13	<2.0	0.030	0.080	2	0.75	8
Ff	4	<2.0	0.032	0.170	3	1.00	10
Fh	3	<2.0	0.032	0.150	3	1.13	11
Gb	8	<2.0	0.029	0.180	4	1.00	10
Hd	4	<2.0	0.035	0.290	6	1.08	11
If	5	<2.0	0.030	0.270	5	1.04	10
Gj. snitt	-	<2.0	0.030	0.156	3	0.95	10

Tabell 2 nedenfor viser resultatene fra analyser av Hg, Cd, Pb og Cu. Det naturlige innhold av Hg i sjøvann er satt til <2-5ng/l (eller <0.002-0.005µg/l, Knutzen og Skei 1990). Forekomstene av Hg i vannprøvene var gjennomgående <2.0 ng/l (deteksjonsgrensen). Tilsvarende viste Cd en gjennomgående forekomst under bakgrunnsnivået <0.05 µg/l (Knutzen og Skei 1990) og lå i intervallet 0.027- 0.035 µg/l.

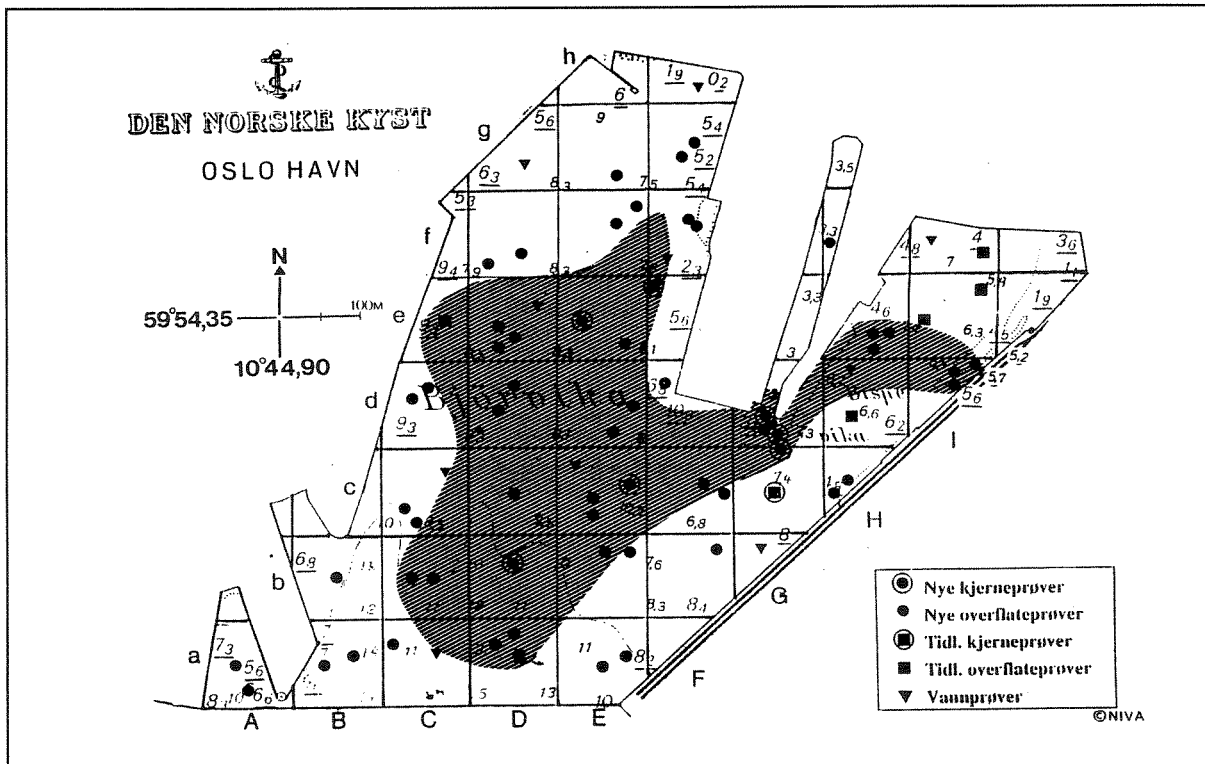
Derimot viste forekomsten av Pb at vannmassene i undersøkelsesområdet inneholdt forhøyede verdier av dette metallet. De målte verdier mellom 0.078-0.29 µg/l er inntil ca. 6x (gjennomsnitt 3x) bakgrunnsnivået, <0.05µg/l (Knutzen og Skei 1990). Den største belastningen i vannmassene synes Cu å utgjøre og det ble målt mellom 0.66-1.13µg/l eller maksimalt i overkant av 11x (gjennomsnitt 10x) bakgrunnsnivået (Tabell 2). Analysen av vannmassene i området tyder på at de bunnære deler av vannmassene var forurenset av Pb og Cu. Forekomstene av Pb var mest markert i ytre deler av Bispevika, mens forekomsten av Cu var størst innerst i Bjørvika, samt hele Bispevika (Figurene 6 og 7). Data for året 1990 basert på ukentlige målinger av metaller i Akerselva, viste til sammenlikning "lave" Cu-verdier 20 µg/l (ukemiddel) med enkelte høyere verdier i forbindelse med registrerte utslipp. Dette er klart høyere nivåer (> 20 ganger) enn hva som ble målt i Bjørvika-Bispevika. Tilsvarende ble det også målt "lave" Cd-verdier, ukemiddel 0.11 µg/l og "høye" Pb-verdier, ukemiddel på 2,3 µg/l i Akerselven i 1990. Også disse verdier er høyere målingene i Bjørvika-Bispevika (jfr. Wold 1990). Det anses foreløpig ikke å være tilstrekkelig grunnlag for å avgjøre om forholdene i Bjørvika og Bispevika skyldes frigivelse fra sedimentene eller en direkte tilførsel.

3.2. Organiske miljøgifter

3.2.1. Polyklorete bifenyler - PCB

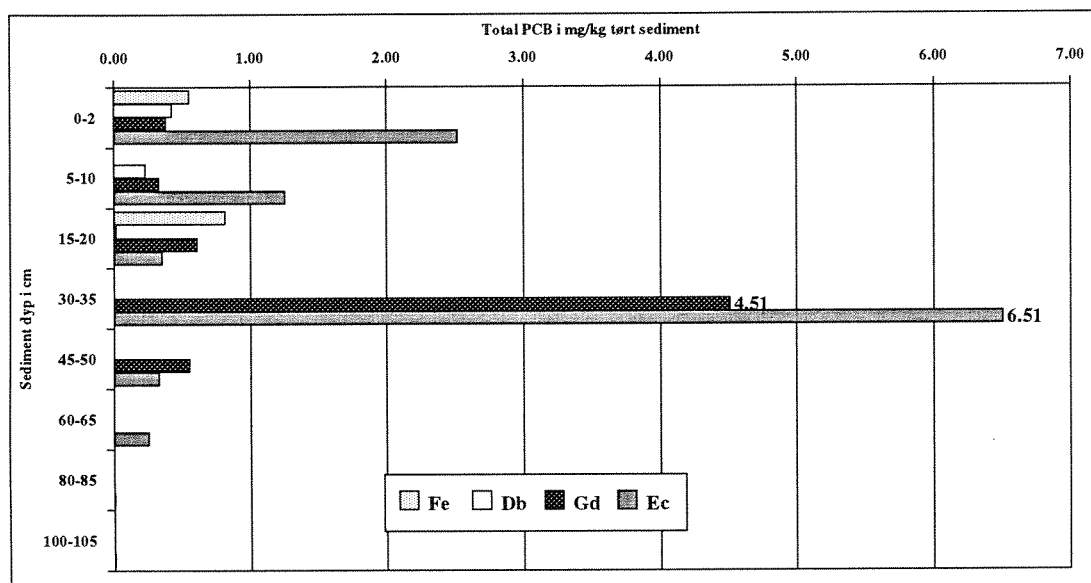
De beregnede total PCB verdiene varierte tildels betydelig innenfor undersøkellesområdet og lå i intervallet 0.01-3.95 mg/kg tørt sediment i sedimentenes øvre lag (0-2cm). Dette tilsvarer maksimalt en overkonsentrasjon på nærmere 800x bakgrunnsnivået (Tabell 3). Gjennomsnittet for hele området (n=12) var ca. 1 mgPCB/kg tørt sediment eller ca. 200x overkonsentrasjon. Høye verdier ble funnet i de sentrale deler av innløpet til Bjørvika og opp mot utløpet av Akerselven (Figur 8).

Forekomsten av PCB i de underliggende sedimentlag varierte noe, men med en generell økning i konsentrasjonene ned til 30-35cm i de to lengre kjernene nærmest Akerselven (Ec og Gd, jfr. figur 1). Høyeste registrerte konsentrasjon (kjerne Ec 30-35cm) av total PCB var 6.51 mg/kg tørt sediment eller i overkant av 1300x overkonsentrasjon (Tabell 3). Gjennomsnittet for total PCB i hele området og alle nivåer var også ca. 1 mg/kg tørt sediment. Figur 9 viser fordelingen av total PCB med økende sedimentdyp i de områder der dypereliggende sedimenter er undersøkt.



Figur 8. Horisontalutbredelse av sterkt forurensede overflatesedimenter (0-2cm) med hensyn på totalPCB (>0.1 mg/kg tørt sediment, 20x overkonsentrasjon).

Av de enkelt PCB-kongenerene ble den pentaklorerte PCB #101 og heksaklorerte PCB #153 gjennomgående registrert i de høyeste konsentrasjonene med et gjennomsnitt på henholdsvis 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ og 137 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment ($n=28$). Kongenerene PCB #105, #118 og #156 som hører til de mono-ortho klorerte, antas å være blandt de giftigste av PCBene (Parkinson og Safe 1987, Ahlborg et al. 1992). Disse opptrer relativt sjelden og normalt i forholdet 1:1000 mot de mer vanlige PCB-kongenerene (Hansen 1987). Disse ble funnet på flere steder i resipienten, men noe ujevnt fordelt i 0-50cm laget. Innbyrdes høye verdier for de 3 var var ikke sammenfallende og det bemerkes at forekomsten av f. eks. PCB #105 ikke var samsvarende med høye verdier for total PCB (jfr. tabell 3).



Figur 9. Vertikal forekomst av totalPCB i mg/kg tørt sediment i sentrale deler av området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.

Det bemerkes videre at triklorerte PCB #28 ikke ble detektert i noen av prøvene i denne undersøkelsen, på grunn av interferens/maskering av andre tilstedeværende lavmolekylære forbindelser (jfr. også vedlegg 3), men er funnet i lave konsentrasjoner tidligere i disse sedimentene (Koniczny 1992). Konsentrasjonene av total PCB som ble målt i Bjørvika - Bispevika-området er blandt de høyeste verdier som til nå er registrert i indre Oslofjord.

Tidligere er det registrert verdier på ca. 1-5.5 mg/kg tørt sediment flere steder i havneområdet (Skei 1977, Abdullah et al. 1982, Ringstad 1983, Green 1989, 1992, Koniczny 1992). Nyere data fra overflatesedimenter i Bergen havn viser konsentrasjoner i samme størrelsesordenen som målingene i Bjørvika-Bispevika (total PCB 0.2-8.0 mg/kg tørt sediment), men PCB sammensetningen er her svært forskjellig (Bjerknes et al. 1992).

Tabell 3. Konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB) målt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment i bunnsedimenter fra Bjørvika-Bispevika, Oslo havn. Merk at total PCB er omregnet og gitt i mg/kg tørt sediment. *= tidligere rapporterte data, u.d.= under deteksjonsgrensen, i.d.= ikke detektert og M= maskert verdi.

Lokalitet		PCB										ΣPCB $\mu\text{g}/\text{kg}$	PCB 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Total PCB mg/kg	
Rute	Nivå cm	#28 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#52 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#101 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#105 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#118 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#138 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#153 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#156 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#180 $\mu\text{g}/\text{kg}$	#209 $\mu\text{g}/\text{kg}$				
Aa	0-2	M	0,5	1,5	u.d.	0,6	0,4	1,4	u.d.	0,5	u.d.	4,9	4,9	0,01	
Cb	0-2	M	66	171	u.d.	78	142	259	6,9	189	1,7	913,6	906,7	1,81	
Ce	0-2*		12	22	35	i.d.	29	34	38	i.d.	20	2	192	192	0,38
Da	0-2	M	162	493	u.d.	173	154	621	5,6	359	15	1982,6	1977	3,95	
Db	0-2	M	23	42	u.d.	26	49	48	2,9	25	0,4	216,3	213,4	0,43	
	5-10	M	15	21	3,1	15	32	23	1,6	10	0,2	120,9	116,2	0,23	
	15-20	M	3	1,7	u.d.	0,9	1,6	1,4	u.d.	0,5	u.d.	9,1	9,1	0,02	
	30-35	M	0,2	0,2	u.d.	0,1	0,3	0,4	u.d.	0,2	u.d.	1,4	1,4	0,003	
	45-50	M	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	<0,1	<0,0002	
Dd	0-2	M	77	156	u.d.	83	86	161	3,7	89	3	658,7	655	1,31	
Ec	0-2	M	143	308	u.d.	133	127	343	5	205	3,9	1267,9	1262,9	2,53	
	5-10	M	87	148	u.d.	79	91	145	3,9	76	1,8	631,7	627,8	1,26	
	15-20	M	20	35	5	21	43	42	2,9	17	0,4	186,3	178,4	0,36	
	30-35	M	312	650	u.d.	314	405	942	36	630	1,2	3290,2	3254,2	6,51	
	45-50	M	18	27	0,6	23	34	38	2,4	25	u.d.	168	165	0,33	
	60-65	M	18	20	u.d.	12	36	30	1,6	12	u.d.	129,6	128	0,26	
	80-85	M	0,3	0,3	u.d.	0,1	0,3	0,6	u.d.	0,1	u.d.	1,7	1,7	0,003	
100-105	M	0,4	0,5	u.d.	0,3	0,5	0,6	u.d.	0,2	u.d.	2,5	2,5	0,01		
Fe	0-2*		16	33	47	i.d.	41	50	55	i.d.	33	1	276	276	0,55
	17-22*		26	51	71	i.d.	63	76	78	i.d.	43	1	409	409	0,82
Fg	0-2	M	5,8	7,2	1,9	4,9	12	12	0,8	5	0,2	49,8	47,1	0,09	
Gd	0-2	M	22	35	5,8	25	46	45	3,4	18	0,4	200,6	191,4	0,38	
	5-10	M	22	31	3	21	39	37	2,6	15	0,4	171	165,4	0,33	
	15-20	M	32	58	1,7	40	64	65	5,1	47	0,3	313,1	306,3	0,61	
	30-35	M	211	552	u.d.	207	184	675	3,9	428	u.d.	2260,9	2257	4,51	
	45-50	M	40	58	u.d.	37	46	61	2,3	34	u.d.	278,3	276	0,55	
He	0-2	M	18	31	2,7	22	37	35	2,6	15	0,4	163,7	158,4	0,32	
Id	0-2	M	47	86	u.d.	49	76	87	3,9	49	1	398,9	395	0,79	
Gjennomsnitt:			13,5	51,8	110	2,64	53,5	66,6	137	4,86	83,8	1,81	529,58	525,1	1,01

3.2.2. Andre klororganiske forbindelser

De utvalgte klororganiske forbindelsene pentaklorbenzen (5CB), heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) ble registrert i varierende mengder og forekom i detekterbare mengder i ca. 80% av prøvene (Tabell 4). Rådataene er gjennnitt i vedlegg 2. Samlet kom de tre komponentene (def. som CHC) opp i maksimalt 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment i overflatesedimentene (0-2cm). Gjennomsnittet var derimot kun 26 $\mu\text{gCHC}/\text{kg}$ tørt sediment (n=12).

Tabell 4. Konsentrasjoner i $\mu\text{g}/\text{kg}$ av utvalgte klororganiske forbindelser i bunnsedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn. (*) = tidligere rapporterte data, u.d.= under deteksjonsgrensen og (-) = ikke angitt verdi.

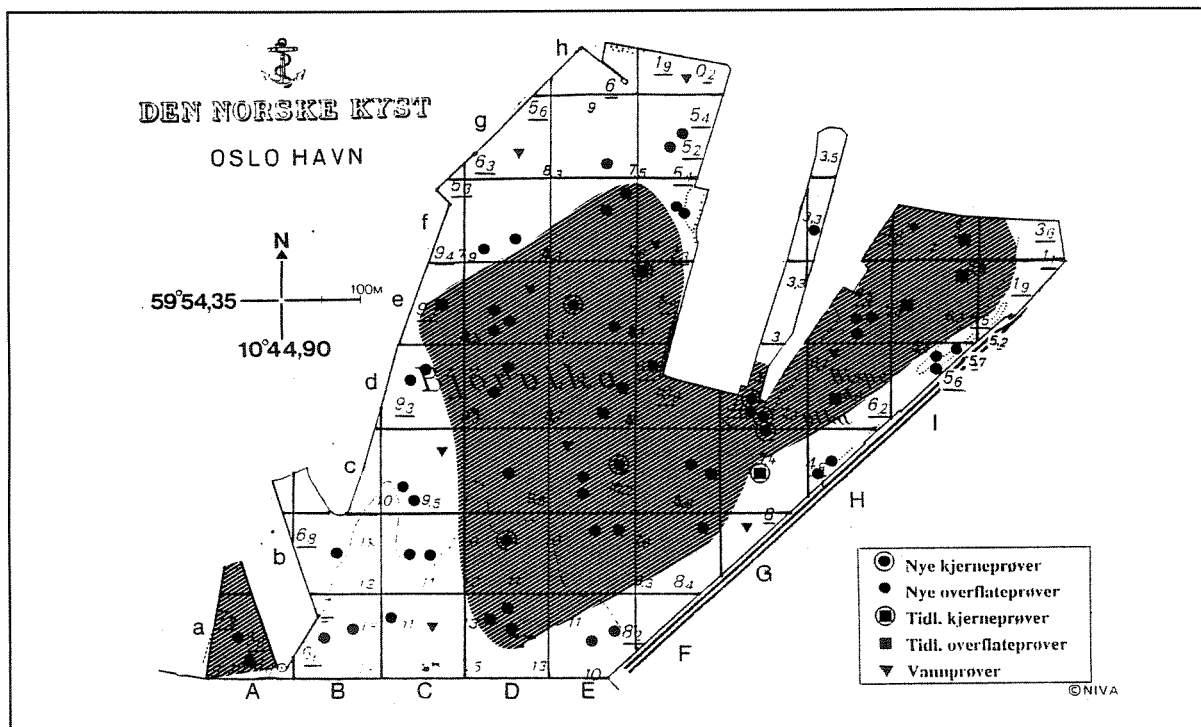
Lok. Rute	Nivå cm	5CB $\mu\text{g}/\text{kg}$	Over kons	HCB $\mu\text{g}/\text{kg}$	Over kons.	OCS $\mu\text{g}/\text{kg}$	Over kons	ΣCHC $\mu\text{g}/\text{kg}$	αHCH $\mu\text{g}/\text{kg}$	γHCH $\mu\text{g}/\text{kg}$	ΣHCH $\mu\text{g}/\text{kg}$	DDE $\mu\text{g}/\text{kg}$	DDD $\mu\text{g}/\text{kg}$	ΣDDT $\mu\text{g}/\text{kg}$
Aa	0-2	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Cb	0-2	2,4	5x	9,6	19x	1	2x	13	0,6	u.d.	0,6	1,1	u.d.	1,1
Ce	0-2*	2	4x	3	6x	2	4x	7	2	u.d.	2	5	1	6
Da	0-2	20	40x	80	160x	10	20x	110	3,7	u.d.	3,7	1,9	u.d.	1,9
Db	0-2	0,8	2x	3,4	7x	0,4	-	4,6	u.d.	u.d.	u.d.	5	u.d.	5
Db	5-10	0,2	-	1,6	3x	u.d.	-	1,8	u.d.	u.d.	u.d.	5,8	u.d.	5,8
Db	15-20	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	0,3	u.d.	0,3
Db	30-35	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Db	45-50	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Dd	0-2	3,1	6x	16	32x	1,7	3x	20,8	0,9	u.d.	0,9	1,7	u.d.	1,7
Ec	0-2	5,6	11x	48	96x	4,2	8x	57,8	4,3	u.d.	4,3	2,1	u.d.	2,1
Ec	5-10	3,2	6x	20	40x	1,9	4x	25,1	0,4	u.d.	0,4	2,7	u.d.	2,7
Ec	15-20	2	4x	16	32x	1,3	3x	19,3	u.d.	u.d.	u.d.	6,9	u.d.	6,9
Ec	30-35	u.d.	-	0,9	2x	u.d.	-	0,9	u.d.	u.d.	u.d.	3,1	u.d.	3,1
Ec	45-50	u.d.	-	0,6	1x	u.d.	-	0,6	u.d.	u.d.	u.d.	2,4	u.d.	2,4
Ec	60-65	u.d.	-	0,9	2x	u.d.	-	0,9	u.d.	u.d.	u.d.	7,5	u.d.	7,5
Ec	80-85	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Ec	100-105	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	-	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Fe	0-2*	2	4x	3	6x	2	4x	7	4	u.d.	4	7	u.d.	7
Fe	17-22*	2	4x	2	4x	3	6x	7	6	u.d.	6	3	2	5
Fg	0-2	0,2	-	1,1	2x	u.d.	-	1,3	u.d.	u.d.	u.d.	2,3	u.d.	2,3
Gd	0-2	0,6	1x	3,9	8x	0,4	-	4,9	u.d.	u.d.	u.d.	7,4	u.d.	7,4
Gd	5-10	0,7	1x	4,2	8x	0,3	-	5,2	u.d.	u.d.	u.d.	8,5	u.d.	8,5
Gd	15-20	0,6	1x	2,9	6x	0,4	-	3,9	u.d.	u.d.	u.d.	3,6	u.d.	3,6
Gd	30-35	39	78x	207	414x	33	66x	279	1,3	u.d.	1,3	0,9	u.d.	0,9
Gd	45-50	2,7	5x	15	30x	1,8	4x	19,5	u.d.	u.d.	u.d.	1,8	u.d.	1,8
He	0-2	0,5	1x	3,2	6x	0,4	-	4,1	u.d.	u.d.	u.d.	5,8	u.d.	5,8
Id	0-2	1,8	4x	9,3	19x	1	2x	12,1	u.d.	u.d.	u.d.	4,7	u.d.	4,7
Gjennomsnitt:		≈ 5	10x	≈ 20	40x	≈ 4	8x	≈ 26	≈ 2	-	≈ 2	≈ 4	≈ 2	≈ 4

Enkeltvis var forekomstene av HCB mest markert og ble funnet i overkonsentrasjoner på ca. 100-400x i flere sedimentprøver sentralt i Bjørvika både i overflaten og noe lenger ned i sedimentet (Tabell 4). Generelt synes forekomsten å være knyttet til nærområdet utenfor Akerselven (Figur 1).

Pesticidene $\alpha\text{-HCH}$ og ΣDDT (DDE+DDD+DDT) forekom i svært moderate mengder. Gjennomsnittlig var konsentrasjonene 2-4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment. Disse synes derfor ikke å utgjøre noen nevneverdig belastning (Tabell 4). Det bemerkes at det tidligere er rapportert DDT-konsentrasjoner lenger ut i havnebassenget i størrelsesordenen 200x maksimumsverdien i denne undersøkelsen (Abdullah et al. 1982, Ringstad 1983).

3.2.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner - PAH

Det ble totalt analysert 29 sedimentprøver (n=29) fra området med hensyn på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og rådataene er gitt i vedlegg 3. Av disse var 10 prøver fra overflatelaget (0-2cm) og de resterende fra dypere nivåer i sedimentet ned til 105cm. Fra tidligere eksisterer det informasjon fra totalt 9 sedimentprøver fra dette området (Konieczny 1991, 1992), hvorav 7 gir PAH-nivåer i overflatelaget.



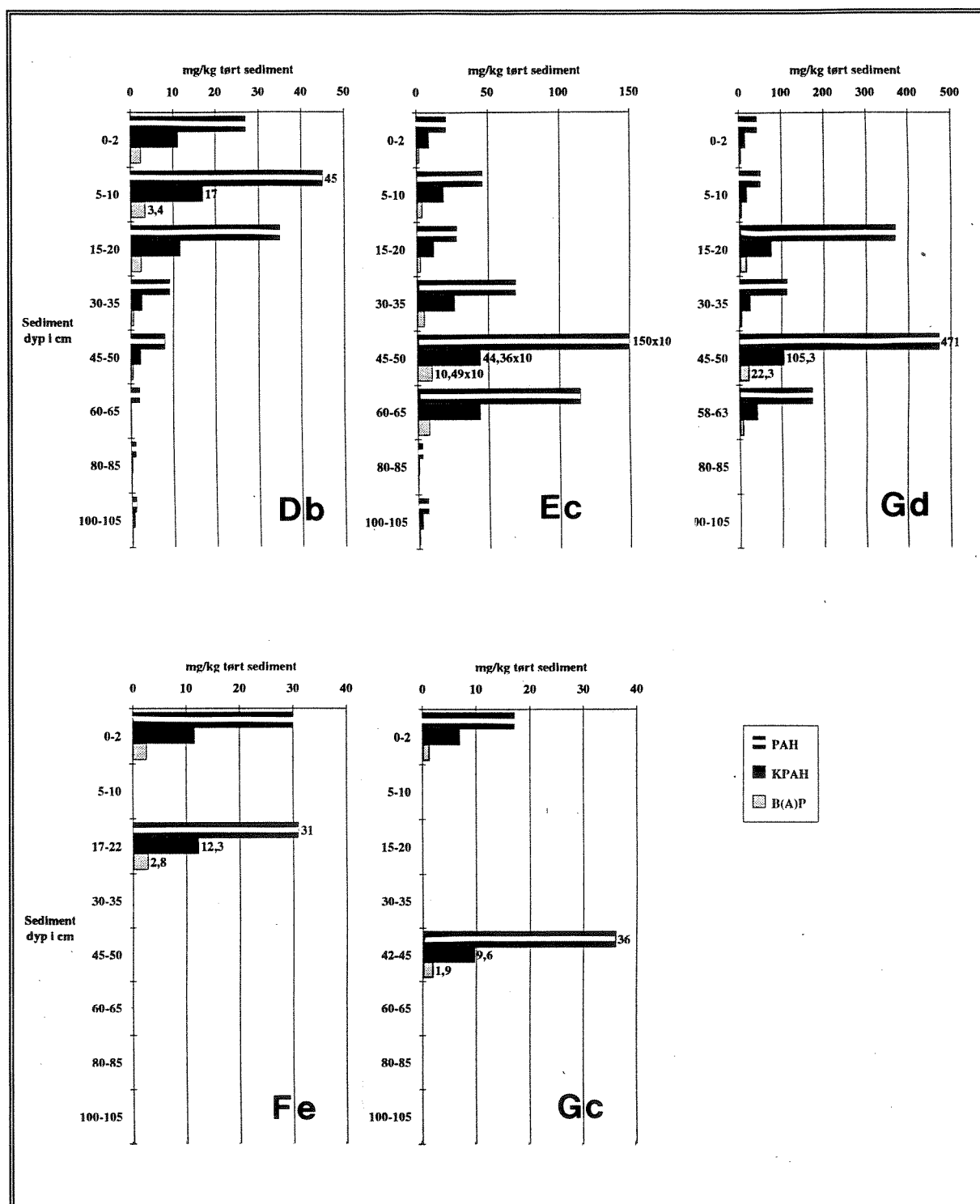
Figur 10. Horisontal utbredelse av sterkt forurensede overflatesedimentene (0-2cm) med hensyn på Σ PAH (> 6 mgPAH/kg tørt sediment, > 12x overkonsentrasjon).

Det ble i denne undersøkelsen målt konsentrasjoner i overflaten på mellom 6-82 mgPAH/kg. Dette gir ett gjennomsnitt på 34 mgPAH/kg tørt sediment (n=10). De tidligere data fra Bispevika (Konieczny 1991) og Bjørvika (Konieczny 1992) faller innenfor dette konsentrasjonsintervallet. Ved å inkludere de supplerende data angis det et gjennomsnitt for undersøkelsesområdet (0-2cm laget) på 32 mgPAH/kg tørt sediment (n=17) eller en overkonsentrasjon på i overkant av 60x bakgrunnsnivået (Tabell 5).

Resultatene fra analyser av de underliggende sedimentnivåer viser en generell økning i konsentrasjonene med økende dyp ned til 50cm og fortsatt høye verdier ned til ca. 65cm for to av kjernene (Ec og Gd, jfr. tabell 5). Konsentrasjonene i intervallet ned til 65cm lå mellom 28-1500 mgPAH/kg tørt sediment (n=10), dvs. maksimalt inntil 3000x et høyt bakgrunnsnivå. Den tredje kjernen (Db) viser den samme hovedtrend, men tilførsler og sedimentakkumulasjonen har ikke vært like høy i denne del av området (Figur 1), slik at det ble målt langt lavere konsentrasjoner i høyere sedimentnivåer (Figur 11).

Tabell 5. Konsentrasjoner og overkonsentrasjoner av Σ PAH (avrundet), Σ KPAH og B(a)P i mg/kg tørt sediment, samt %-andel KPAH i Bispevika - Bjørvika området. Tidligere rapporterte verdier (*).

Lokalitet	Sed. nivå	Σ PAH	Over	B(a)P	Σ KPAH	Σ KPAH
Rute	i cm	i mg/kg	kons.	i mg/kg	i mg/kg	%
Aa	0-2	20	40x	1,0	4,6	23
Bb	0-2	6	12x	0,4	2,1	33
Ce	0-2*	22	44x	8,4	1,8	39
Da	0-2	27	54x	1,7	8,1	29
Db	0-2	27	54x	2,4	11,2	41
	5-10	45	90x	3,4	17,0	38
	15-20	35	70x	2,4	11,6	33
	30-35	9	18x	0,6	2,6	29
	45-50	8	16x	0,5	2,3	28
	60-65	2	4x	0,03	0,1	7
	80-85	1	2x	0,06	0,2	24
	100-105	1	2x	0,03	0,6	41
Dc	0-2	82	164x	6,8	34,0	39
Ec	0-2	21	42x	1,8	8,7	41
	5-10	46	92x	3,8	19,1	42
	15-20	28	56x	2,5	12,0	43
	30-35	69	138x	5,1	26,3	39
	45-50	1500	3000x	104,9	443,6	30
	60-65	115	230x	8,3	44,0	38
	80-85	3	6x	0,2	0,7	23
	100-105	7	14x	0,8	2,8	43
Eg	0-2	41	82x	3,3	16,1	39
Fb	0-2	41	82x	3,3	16,1	39
Fd	0-2	33	66x	3,3	12,4	38
Fe	0-2*	30	60x	2,6	11,6	39
	17-22*	31	62x	2,8	12,3	40
Gc	0-2*	17	34x	1,3	6,9	41
Gc	42-45*	36	72x	1,9	9,6	28
Gd	0-2	41	82x	2,8	13,1	32
	5-10	48	96x	3,5	16,3	34
	15-20	369	638x	15,7	74,3	20
	30-35	111	222x	4,8	24,5	22
	45-50	471	942x	22,3	105,3	22
	58-63	171	342x	8,3	40,9	24
Hd	0-2*	23	46x	1,5	7,2	30
Ie	0-2*	30	60x	2,2	11,3	37
Ie	0-2*	33	66x	2,3	11,7	36
If	0-2*	50	100x	3,4	17,9	36
Gj.snitt	-	≈100	200x	≈6,0	≈30,0	33

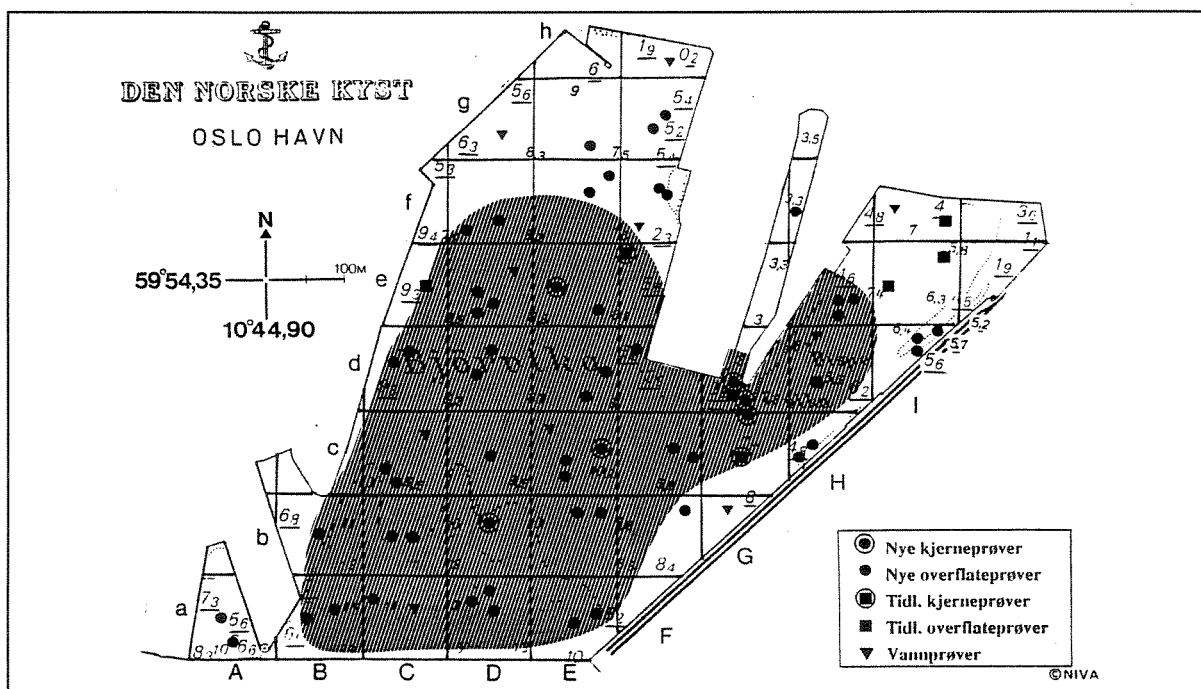


Figur 11.

Konsentrasjoner av sum PAH, sum KPAH og B(a)P målt i mg/kg tørt sediment for alle stasjoner hvor sedimentkjerner er undersøkt vertikalt. Merk vedrørende kjerne Ec; 10x oppgitt konsentrasjon i 45-50cm nivået.

Høye konsentrasjoner av Σ PAH er ledsaget av tilsvarende høye Σ KPAH-verdier (summen av de potensielt kreftfremkallende komponentene) og den antatt farligste av disse komponentene B(a)P (benzo-a-pyren) (jfr. tabell 5). Høyeste konsentrasjon ble målt i prøve Ec 45-50cm og var henholdsvis 444 mgKPAH/kg og 105 mgB(a)P/kg tørt sediment, som gir en overkonsentrasjon av B(a)P på 10500x. Generelt utgjør andelen Σ KPAH mellom 20-43% av Σ PAH (Tabell 5).

Den høye KPAH-andelen indikerer at PAH-profilene i noen grad heller mot dominans av tyngre komponenter, men det forekommer også moderat mengde av mer flyktige hetro-/di-sykliske forbindelser. Av enkeltkomponenter er fluoranten, pyren og fenantren gjennomgående de mest fremtredende (vedlegg 3). Gjennomsnitt for alle tilgjengelige prøver 0-105cm inklusive tidligere data (n=38) er beregnet til ca. 100 mgPAH/kg tørt sediment (ca. 200x høy bakgrunn), ca. 30 mgKPAH/kg og 6 mgB(a)P/kg tørt sediment (ca. 620x høy bakgrunn). Figur 10 viser forenklet forurensningssituasjonen i overflatesedimentene i området i dag.



Figur 12. Horizontalutbredelsen av overflatesedimenter (0-2cm) med mer enn 1000 mgTHC/kg tørt sediment eller >100x overkonsentrasjon.

3.2.4. Total hydrokarboner - THC

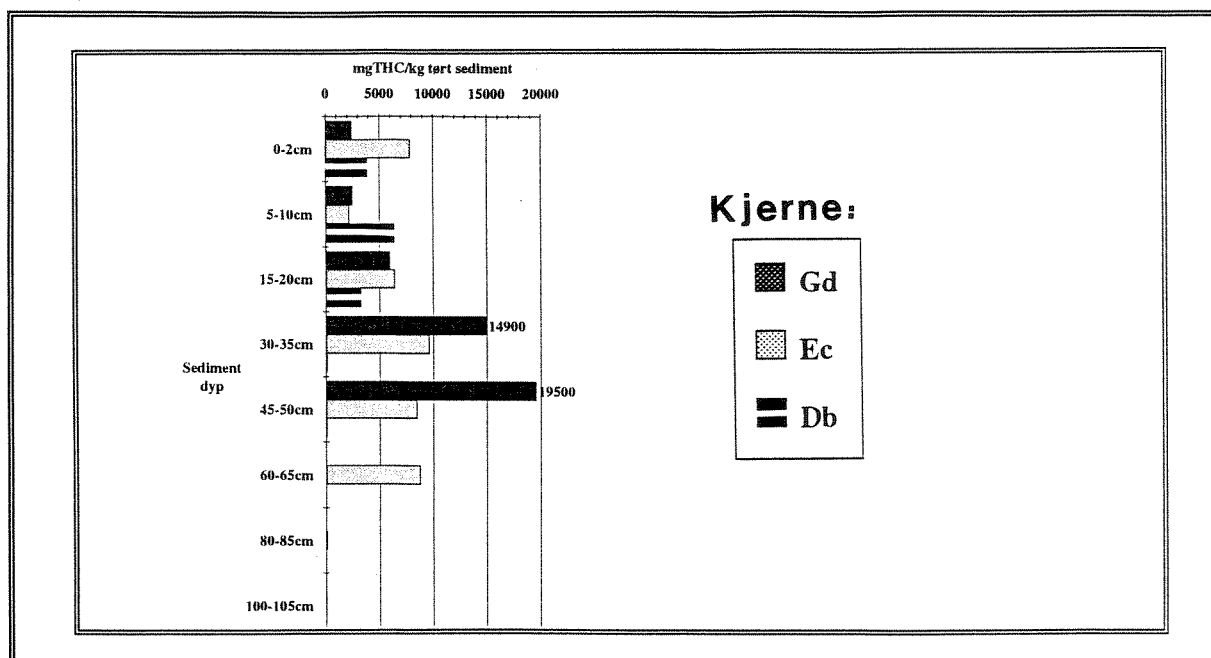
Totalt ble det analysert 12 overflateprøver og 15 prøver fra dypere nivåer i sedimentet med hensyn på total hydrokarboner eller olje/petroleumprodukter. Alle prøver indikerte innhold av olje enten ved lukt eller utseende. Fra tidligere forelå det indikasjoner på store forekomster av olje i sedimentene i det indre havneområdet; 7400 mgTHC/kg tørt sediment (jfr. KO-14, tabell 6 og Konieczny 1992). Forslagsvis kunne det her dreie seg om tunge oljeprodukter, f.eks. fyringolje eller bunkersolje. Utover dette foreligger lite data vedrørende forekomster i undersøkelsesområdet eller tilgrensende områder (jfr. vedleggstabell 11).

Det ble i overflatesedimentene (0-2cm) i Bjørvika-Bispevika målt THC-verdier i intervallet 33-7850 mg/kg tørt sediment (figur 12). Gjennomsnittskonsentrasjonen i overflatelaget var 4732 mgTHC/kg tørt sediment, det vil si mer enn 470x et antatt bakgrunnsnivå (vedleggstabell 6). Som kjent omfatter THC analyser også en vesentlig andel aromatiske forbindelser, det vil si forbindelser som utgjør/tilsvare PAH, men det var likevel ingen direkte sammenheng mellom høye konsentrasjoner av PAH og THC der dette ble undersøkt parallelt.

På de stasjoner hvor det også ble undersøkt underliggende sedimentlag registreres en økende gradient med økende sedimentdyp og de høyeste verdiene ble gjennomgående målt i 30-50cm nivået. Høyeste enkeltverdi målt i Gd 45-50cm, utenfor Akerselven (Figur 1) var på 19500 mgTHC/kg eller nærmere 2% (Tabell 6). Det bemerkes at oljen i de fleste prøver var tildels kraftig biologisk/bakterielt nedbrutt (dvs. manglende karakteristiske alkanmønster), spesielt i de dypere lag, slik at opprinnelsen var vanskelig å fastslå (jfr. gasskromatogrammer i vedlegg 1).

Tabell 6. Total hydrokarbonkonsentrasjoner i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn. Verdiene er målt i kokepunktområdet n-C14 til n-C35 alkan (270-490°C) og gitt i mg/kg tørt sediment og antall ganger det naturlige bakgrunnsnivået. 1) Usikker verdi pga. høyt vanninnhold, jfr. vedlegg 1, (*)= tidligere rapportert verdi.

LOKALITET	SED. NIVÅ	THC	Overkons.
RUTE	cm	mg/kg	(10 mg/kg)
Ba-02	0-2	2490	249
Cc-02	0-2	1940	194
Da-02	0-2	2170	217
Db-01	0-2	3880	388
	5-10	6400	640
	15-20	3250	325
	30-35	122	12
	45-50	67	7
De-01	0-2	4620	462
Df-02	0-2	2310	231
Eb-01	0-2	1950	195
Ec-03	0-2	7850 ¹	785
	5-10	2150	215
	15-20	6430	643
	30-35	9630	963
	45-50	8440	844
	60-65	8740	874
Ef-01	80-85	119	12
	100-105	33	3
Ff-01	0-2	60	6
Gd-03	0-2	2440	244
	5-10	2500	250
	15-20	5950	595
	30-35	14900	1490
	45-50	19500	1950
Hc-02	0-2	4090	409
He-03	0-2	3590	359
KO-14	12-17	7400*	740
Gj. snitt	-	4750	475x



Figur 13. Vertikal forekomst av THC i mg/kg tørt sediment i tre kjerne sentralt i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.

3.2.5 Total organisk karbon - TOC

Det ble tatt totalt sedimentprøver i 0-2cm nivået for analyse av total organisk karbon. TOC-verdien varierte mellom 3.1-7.4%, med et gjennomsnitt på 4.2%. Verdier over gjennomsnittet synes å være forbundet med Akerselvens munning og Bispevika (Figur 1). Høyeste enkeltverdi viste prøven tatt inne i Akerselvens utløp (Hf 0-2cm, jfr. tabell 7).

Tabell 7. Total organisk karbon i bunnsedimenter fra området Bjørvika - Bispevika målt i $\mu\text{g}/\text{mg}$ tørrvekt og omregnet til %.

LOKALITET	SED. NIVÅ	TOC
RUTE	i cm	i %
Cd	0-2	3.8
De	0-2	3.6
Ea	0-2	3.1
Ed	0-2	4.3
Ef	0-2	3.5
Fc	0-2	4.4
Gd	0-2	3.1
Hf	0-2	7.4
Id	0-2	4.6
Gj.snitt	-	4.2

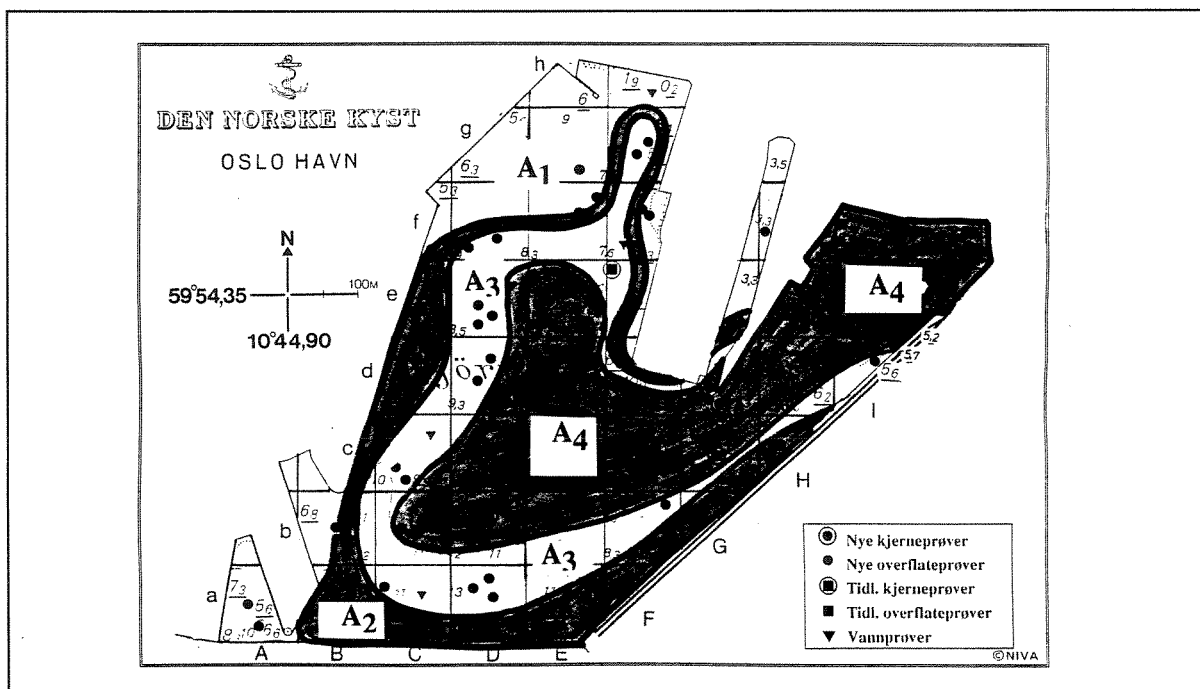
Transporten av total organisk karbon i Akerselva var i 1990 totalt omkring 200 tonn eller 40% av total suspendert materiale (Wold 1991). Mye av dette blir tilført og akkumuleres i Bjørvika og Bispevika.

3.3. Miljøgifter lagret i sedimentene

Observasjoner av tykkelsen på det antatt kontaminert sedimentlaget, basert på ialt 66 sedimentkjerner og 5 dypere brønner (Hauge og Gregersen 1992), har ledet til at undersøkelsesområdet arealmessig kan deles i 4 delområder A₁ -A₄ (jfr. vedleggstabellene 1 og 2 og figur 14) :

- | | |
|----------------|--|
| A ₁ | - ca. arealet med kontaminert lag inntil 20cm tykt - 330000m ² |
| A ₂ | - ca. arealet med kontaminert lag inntil 30cm tykt - 270000m ² |
| A ₃ | - ca. arealet med kontaminert lag inntil 40cm tykt - 200000m ² |
| A ₄ | - ca. arealet med kontaminert lag inntil ≥50cm tykt - 130000m ² |

Arealene danner basis for sedimentvolumene ved anslag av innlagrede mengder miljøgifter og utgangspunktet for beregningene er de 3 sedimentkjernene (Db, Ec og Gd, jfr. vedleggstabell 1) sentralt i resipienten, hvor forurensningen er mest fremtredende. Her ble det analysert på flere vertikalsnitt nedover i kjernene. I tillegg er data fra to tidligere undersøkelsene inkludert (Konieczny 1991, 1992). Det generelle prinsippet for beregningene er beskrevet i kapittel 2.5.



Figur 14. Arealer for anslått økende sedimenttykkelse for beregning av innlagrede mengder miljøgifter.

Fra analyseresultatene ses den noe ujevne fordelingen av mengden miljøgifter, slik at det er nødvendig å operere med gjennomsnittskonsentrasjoner for de enkelte komponentene. Den ujevne fordelingen har årsak i at de miljøgiftene transporteres noe forskjellig i miljøet. Spredningen påvirkes av en rekke fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Flere av stoffene opptrer f. eks. bunnet til fine partikler, andre opptrer løst i vann. I tillegg kan mudringsoperasjoner, utfylling av løsmasser og hyppige skipsanløp fysisk påvirke de mer naturlige prosessene. Det forekommer bla. lave miljøgiftkonsentrasjoner marginalt i undersøkelsesområdet (langs kaianleggene og indre deler av Bjørvika) som resultat av sedimentoverflaten helt mangler finmateriale som trolig er virvlet opp og transportert bort.

Første ledd i beregningene var å anslå mengde miljøgifter i de sedimentnivåer hvor det ikke forelå målinger. Utgangpunktet var gjennomsnittskonsentrasjoner målt i 0-2 cm, 5-10 cm, 15-20 cm osv. Fra disse verdiene ble det estimert konsentrasjoner for de mellomliggende sedimentlag (2-5 cm, 10-15cm osv.). Konsentrasjonene er da beregnet som gjennomsnittet av verdiene i de to tilgrensende lag. Det forurensede sedimentlaget var mange steder tykkere enn 50cm, men antallet prøver i dype nivåer er ikke tilstrekkelig for å gjøre tilsvarende beregninger. Derfor er konsentrasjoner målt i intervallet 50-105cm slått sammen (gjennomsnitt), og beregninger gjort for hele sedimentlaget (Tabell 8).

For ikke å overestimere de innlagrede mengder av de enkelte miljøgifter, ved kun å beregne fra et begrenset antall kjerner med høye konsentrasjoner, måtte det kompenseres for dette. Det ble derfor valgt å redusere de benyttede gjennomsnittsverdiene for de respektive lagene med %-andel. Reduksjonen er basert på forskjellen i gjennomsnittskonsentrasjonen målt i 0-2 cm laget i de 3 sentrale kjernene (som gjennomgående er høyere) og gjennomsnittet for alle tilgjengelige 0-2 cm prøver i resipienten. Det antas at forekomsten av en enkelt miljøgiftkomponent f. eks. i 5-10 cm sedimentlaget var utsatt for de samme prosesser da dette nivået representerte sediment-overflaten, slik at konsentrasjoner som nå måles i de dypere sedimentlag bør reduseres med tilsvarende %-andel. For de komponentene hvor det ikke er forskjell på de to gjennomsnittsverdiene er det benyttet reelle gjennomsnittsverdier.

For å belyse prinsippene nevnt over og antyde presisjonsnivået for de aktuelle beregningene/anslagene gitt i tabell 8, utdypes dette ved et eksempel (jfr. også kapittel 2.5). Beregningsgrunnlaget for innlagrede mengder kvikksølv (Hg) i de øvre 10 cm av sedimentene. Hg ble målt i alle overflateprøver (0-2cm) med et gjennomsnitt på 3.85 mg/kg tørt sediment (n=36). Gjennomsnittet for de 3 sentrale kjernene (Db, Ec og Gd) var 4.73 mgHg/kg tørt sediment eller ca. 20% høyere. Det målte gjennomsnitt for 5-10 cm nivået fra kjernene (n=3) var 6.66 mgHg/kg tørt sediment. Dersom det hadde blitt analysert tilsvarende mange prøver fra 5-10 cm nivået som fra overflatelaget (0-2 cm), antas altså en noe lavere gjennomsnittskonsentrasjon. Den reduserte gjennomsnittskonsentrasjonen for 5-10 cm ble derfor satt til 5.33 mgHg/kg tørt sediment (dvs. 20% lavere). Konsentrasjonsgrunnlaget for det mellomliggende sedimentlag 2-5 cm (hvor det ikke ble målt konsentrasjoner) ble da beregnet til gjennomsnittet av 3.85 og 5.33 mgHg/kg tørt sediment eller 4.59 mgHg/kg tørt sediment.

Ved deretter å beregne sedimentlagenes volum, vanninnhold og tetthet, samt kompensere for bakgrunnsnivået ("naturlig innhold av Hg") ble lageret av kvikksølv i 0-2 cm, 2-5 cm og 5-10 cm sedimentnivå anslått til hhv. ca 15 kg, 20 kg og 40 kg (avrundede verdier). Det bemerkes at mengdene for de komponenter som i utgangspunktet ble målt i svært lave konsentrasjoner f. eks. de klororganiske (CHC) gir et redusert presisjonsnivå (Tabell 8).

Tabell 8. Beregnede totalt innlagrede mengder miljøgifter i hhv. kilo og tonn (avrundede verdier) i utvalgte sedimentlag i intervallet 0-105cm fra området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.* = usikre verdier.

Sediment lag i cm	Hg kg	Cd kg	Pb tonn	Cu tonn	PCB kg	CHC* kg	KPAH kg	B(a)P kg	PAH tonn	THC tonn
0-2cm:	15	20	1	1	4	0,3	40	10	1	10
2-5cm:	20	35	2	2	4	0,4	80	20	1	15
5-10cm:	40	65	4	5	4	0,4	160	30	1	20
10-15cm:	40	70	4	5	4	0,4	200	45	2	30
15-20cm:	45	80	4	4	3	0,4	250	55	3	30
20-30cm:	70	140	8	7	25	4,5	330	70	4	70
30-35cm:	25	50	3	3	15	3	100	20	1	30
35-45cm:	45	80	5	5	15	3,5	870	200	8	60
45-50cm:	10	20	2	2	1	0,2	500	110	5	20
50-105cm:	90	170	8	6	3	-	500	100	4	70
Totalt:	~400	~700	~40	~40	~80	~13	>3000	>650	~30	~350

3.4. Vurdering av forurensningssituasjonen

Ut fra kjennskap til naturlige bakgrunnsnivåer for de enkelte miljøgiftkomponenter og miljøgiftgrupper er det foreslått en klassifikasjon av marine sedimenter og vannmasser (Knutzen og Skei 1990, Knutzen 1992). Konsentrasjonsintervallene som er foreslått er ment å være generell og gjelder primært for norske fjordsedimenter (Vedleggstabellene 6-9). Verdiene anses å være foreløpige og forventes å bli revidert når ny kunnskap blir tilgjengelig.

Hva undersøkelsesområdet angår må sedimentene her hovedsaklig karakteriseres som sterkt forurenset (tildels ekstremt lokalt) for de fleste komponenter som ble undersøkt. Flere steder var konsentrasjonene av for eksempel PAH og THC, inntil flere størrelsesordener høyere enn nedre grense for klasse 4 sedimenter, slik at klassifikasjonen vanskelig lot seg anvende illustrativt. Kun noen av de dypere sedimentlag >60cm i avgrensede områder hvor sediment-akkumulasjonen trolig har vært noe begrenset, ble det registrert klasse 2 og 3 sedimenter (moderat til betydelig forurenset). Både analysene og de visuelle inntrykk av sedimentene i området viser at de sentrale og østlige deler av Bjørvika, nærområdet utenfor Akerselvns munning og hele Bispevika er mest forurenset. Spesielt peker sedimentnivået 30-65cm syd og sydvest for Akerselven seg ut (jfr. figur 1). Ut fra antatt sedimentakkumulasjon, og kjennskapet til industriell og annen menneskelig aktivitet, anses forurensningstilførslene å ha vært størst i perioden 30-50 år tilbake i tid.

Nivåer som 1500 mgPAH/kg, over 100 mgB(a)P/kg tørt sediment og nærmere 2% olje, er verdier som overgår hva som tidligere er registrert, selv ikke i våre mest belastede fjorder. Sammen med gjennomgående høye konsentrasjoner av tungmetaller, PCB, innslag av giftige og potensielt kreftfremkallende komponenter, må forurensningen karakteriseres som alvorlig, selv om situasjonen foreløpig er lokal.

4. REFERANSER

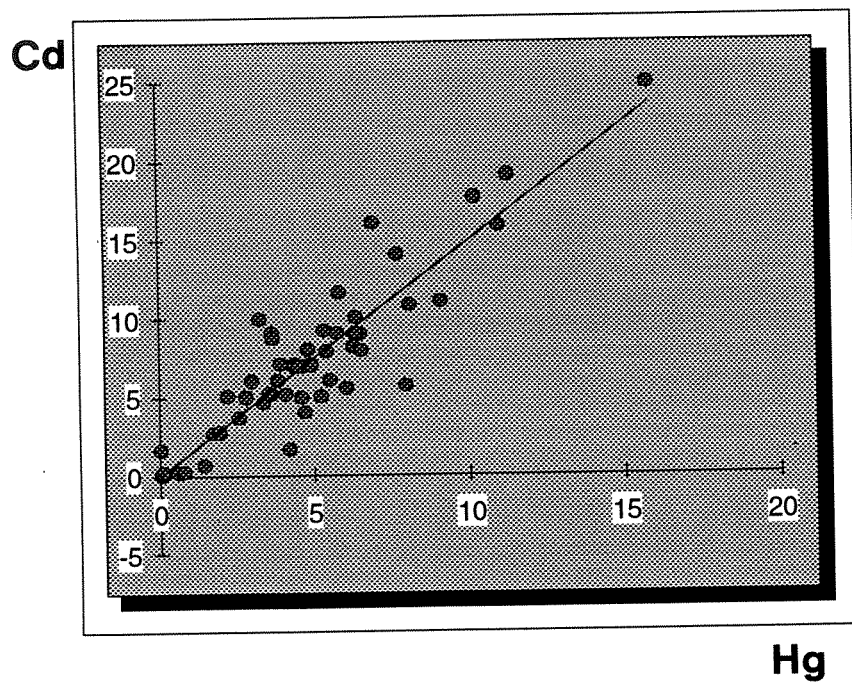
- ABDULLAH, M.I., 1986. Kjemisk undersøkelse av effekten av utslipp fra SVR på Vestfjorden, Indre Oslofjord. Delrapport i J.S. Gray og I.M. Abdullah (eds.), Resipientundersøkelse i nærområdet ved SVR, 1980/1981 og 1985. Rapport Univ. i Oslo, 33s.
- ABDULLAH, M.I. og M. DANIELSEN, 1989. Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Sedimentanalyser. Delprosjekt 3.10. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Notat Biol. Inst., UiO, 26s.
- ABDULLAH M.I., O. RINGSTAD og N.J. KVESETH, 1982. Polychlorinated biphenyls in the sediments of the inner Oslofjord. *Water, Air and Soil Poll.*, 18, 485-497.
- BALLSCHMITER, K. og M. ZELL, 1980. Analysis of polychlorinated biphenyls by capillary gas chromatography. *Fresenius Z. Analyt. Chem.*, 302, 20-31.
- BERGE, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Koster området. Statlig program for forurensningsovervåking, NIVA-rapport 446/91, 1. nr.2560, 192s.
- BJERKNES, V., N. GREEN, J. KLUNGSØYR og S. WILHELMSEN, 1992. Undersøkelse av PCB i det marine miljø utenfor ubåtbunker ved Nordrevåg, Bergen. Fase 1 - innledende observasjoner. NIVA-rapport nr. 2789, 29s.
- BLOOM, N.S. og E.A. CRECELIUS, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14, 49-49.
- BRULAND, K.W. og R.P. FRANKS, 1983. Mn, Ni, Cu, Zn and Cd in the Western North Atlantic. In C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton og E.D. Goldberg (eds.), *Trace Metals in Sea Water*, 395-414. Plenum, New York.
- BURTON, J.C., W.A. MAHLER og P.J. STATHAM, 1983. Some recent measurements of trace metals in Atlantic ocean water. In C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton og E.D. Goldberg (eds.), *Trace Metals in Sea Water*, 415-426. Plenum, New York.
- CRANSTON, R.E. og J.W. MURRAY, 1978. The determination of chromium species in natural waters. *Analyt. Chim. Acta.*, 99, 275-282.
- DANIELSSON, L.-G. og S. WESTERLUND, 1983. Trace metals in the Arctic Ocean. In C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton og E.D. Goldberg (eds.), *Trace Metals in Sea Water*, 85-95. Plenum, New York.
- DOFF, D. H., 1969. The geochemistry of Recent oxic and anoxic sediments of Oslo fjord, Norway. Unpubl. Ph. D. Thesis, Univ. of Edinburgh, 245s.
- FOWLER, S.W., 1990. Critical review of selected heavy metal and chlorinated hydrocarbon concentrations in the marine environment. *Mar. Environ. Res.*, 29, 1-64.
- GREEN, N.W., 1989. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1987. NIVA-rapport, O-80106, 51s.
- GREEN, N.W., 1992. Joint Monitoring Programme (JMP) and North Sea Task Force - Master Monitoring Plan (NSTF/MMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1990, with special emphasis on contaminants in biota. NIVA-note, O-80106, JMG 17/3/18, 65s.

- HANSEN, L.G., 1987. Environmental toxicology of polychlorinated Biphenyls, 15-48. In: Safe, S. (ed.), Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Mammalian and environmental toxicology. Environmental toxin series 1. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- HAUGE, A. og O. GREGERSEN, 1992. Oslo havnebasseng - forurensning. Plan for utfylling av Bispevika. NGI-rapport 924006-2, Rev. 1, 32s.
- HAUGEN, J.-E., 1986. Gass-kromatografisk analyse og diagenese av aminosyrer i resente marine sedimenter fra indre Oslofjord. Cand.Scient. oppg., Univ. i Oslo, 95s.
- JANSEN, A., 1987. Criteria for sediments. In: Application and interpretation bioassay and biomonitoring: A planning document. S.H. Kay and J.M. Marquenie (eds.). Report No. R 87/266. London. Europ. Res. Off. U. S. Army. 4-48 - 4-52.
- KAARSTAD, I. og T. TELFER, 1991. 1990 environmental monitoring survey of the Gullfaks Field. IKU-report no. 22.1968.00/01/90, 249s.
- KIRKERUD, L., J. MAGNUSSON, G. NILSEN og J. SKEI, 1979. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram - Årsrapport 1978. NIVA-rapport, O-71160, l. nr. 1140, 81s.
- KNUTZEN, J. og J. SKEI, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport, O-862602, l. nr.2540, 139s.
- KONIECZNY, R.M., 1991. Undersøkelser av tungmetall- og PAH-forurensede bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord, i forbindelse med snøtipping fra Bispekaia. NIVA-rapport, O-91099, l. nr. 2654, 19s.
- KONIECZNY, R.M., 1992. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde. NIVA-rapport, O-91150, l. nr.2696, 52s.
- LINGSTEN, L., Å. BRABRAND, T. BREMNES, J. BRITAIN, H. EFRAIMSEN, T. KÄLLQVIST, S.J. SALTVEIT, og B. ØKLAND, 1989. Undersøkelse i Akerselva 1988. Kartlegging av glødeskallenes beliggenhet og mektighet. Sedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter samt effekter på bunndyr og fisk. NIVA-rapp. nr. 2342, 84s.
- MARTINSEN, I., G. STAVELAND, J.U. SKAARE, K.I. UGLAND og A. HAUGEN, 1991. Levels of environmental pollutants in male and female Flounder (*Platichthys flesus* L.) and Cod (*Gadus morhua* L.) caught during the year 1988 near or in the waterways of Glomma, the largest river of Norway. I. Polychlorinated biphenyls. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 20, 353-360.
- NIEMISTÖ, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst., Skr. Helsinki, 238, 33-38.
- NÆS, K., 1989. Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Delrapport 1: Konsentrasjon og mengde av miljøgifter i sedimentene. NIVA-rapp. nr. 2192, 76s.
- NÆS, K. 1991. Frigivelse av PAH fra forurenset sjøbunn. NIVA-rapport nr. 2667, 74s.
- NÆS, K. og E. OUG, 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 1. Konsentrasjoner og mengde klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje. NIVA-rapport, O895903/E-90406, l.nr. 2570, 193s.

- OLAFSSON, J., 1983. Mercury concentrations in the North Atlantic in relation to cadmium, aluminium and oceanographic parameters. In C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton og E.D. Goldberg (eds.), *Trace Metals in Sea Water*, 475-485. Plenum, New York.
- PARKINSON, A. og S. SAFE, 1987. Mammalian biology and toxic effects of PCBs, 49-76. In: Safe, S. (ed.), *Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Mammalian and environmental toxicology. Environmental toxin series 1*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- RINGSTAD, O., 1983. PCB and DDT residues in sediments from the Inner Oslofjord. Cand. Real. Thesis., Univ. Oslo, 191s.
- RISDAL, D., 1963. Foraminiferfaunaen i en del sedimentkjerner fra indre Oslofjord. NGU nr. 244, Univ. forl., Oslo, 90s.
- RYGG, B., 1985. Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in bentic communities in Norwegian Fjords. *Mar. Poll. Bull.*, 15, 469-473.
- SILJEHOLM, J., 1985. Vannforurensninger og tiltak mot vannforurensninger ved Esso raffineriet på Slagentangen. En miljøkjemisk analyse og "kost/nytte" vurdering. Hovedf. oppg., UiO, 255s.
- SKEI, J., 1977. Sedimentundersøkelser i Bekkelagsbassenget Januar 1977. NIVA-rapport, O-34/76, 45s.
- SKEI, J. og P.E. PAUS, 1979. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 239-246.
- SKEI, J. og S. MELSOM, 1982. Seasonal and vertical variation in the chemical composition of suspended particulate matter in an oxygen-deficient fjord. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 14, 61-78.
- SKEI, J., A. PEDERSEN, J.A. BERGE, T. BAKKE og K. NÆS, 1987. Inder Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapp. nr. 2067, 101s.
- SPORSTØL, S., N. GJØS, R.G. LICHTENTHALER, K.O. GUSTAVSEN, F. ORELD, og J. SKEI, 1983. Source identification of aromatic hydrocarbons in sediments using GC/MS. *Environ. Sci. Techn.*, 17, 282-286.
- WOLD, T., 1991. Vassdrag i Oslo. Oslo vann- og avløpsverk, miljøtilsyn, Årsrapport 1990, 130s.

VEDLEGGFIGURER

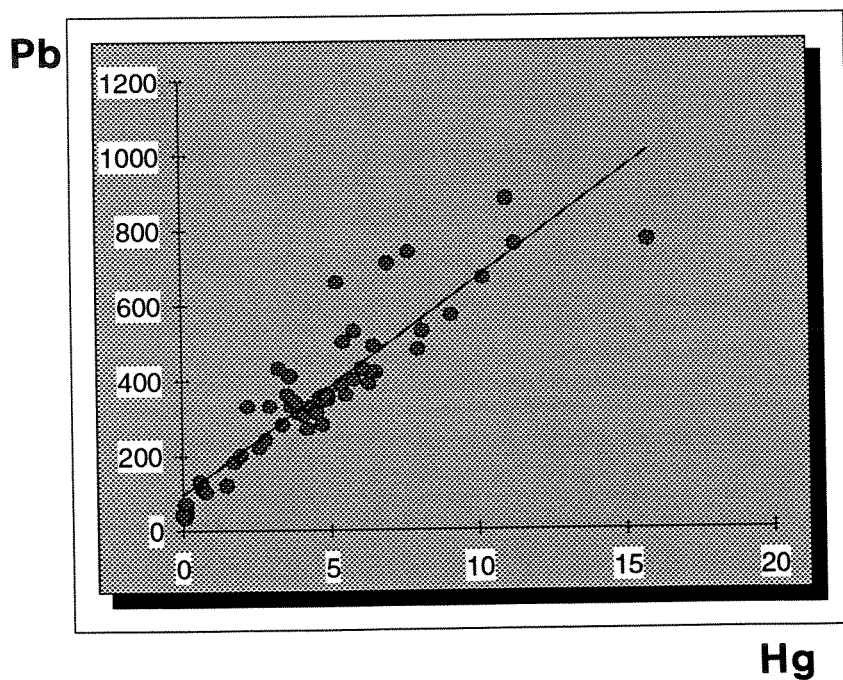
Vedleggsfigur 1. Lineær regresjon mellom konsentrasjonene av Hg og Cd (A) og Hg og Pb (B) i sedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.



$$y = 1,49x - 0,01$$

r: 0,83
 F: 287,7012
 p: > 0,001

A

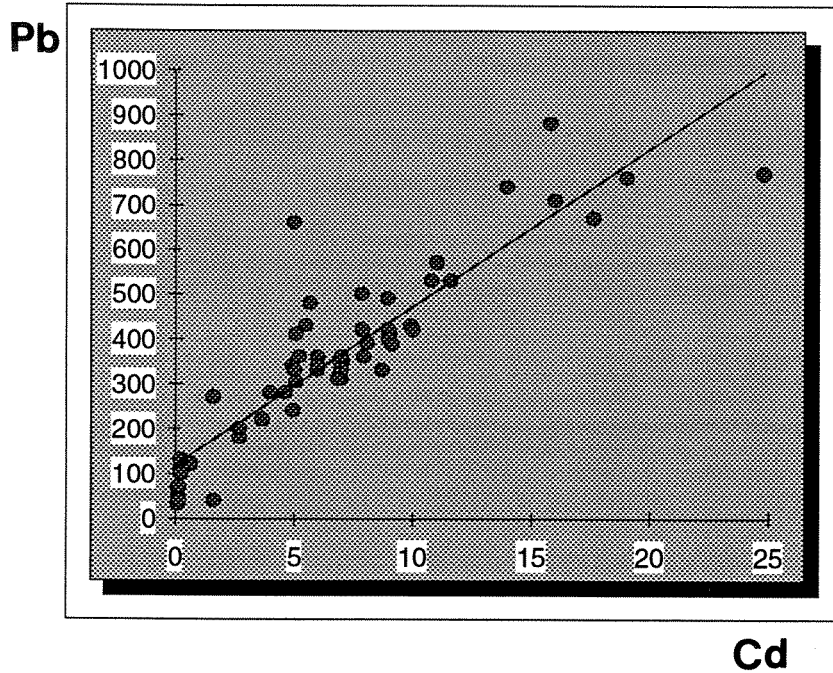


$$y = 58x + 93,91$$

r: 0,83
 F: 270,2788
 p: > 0,001

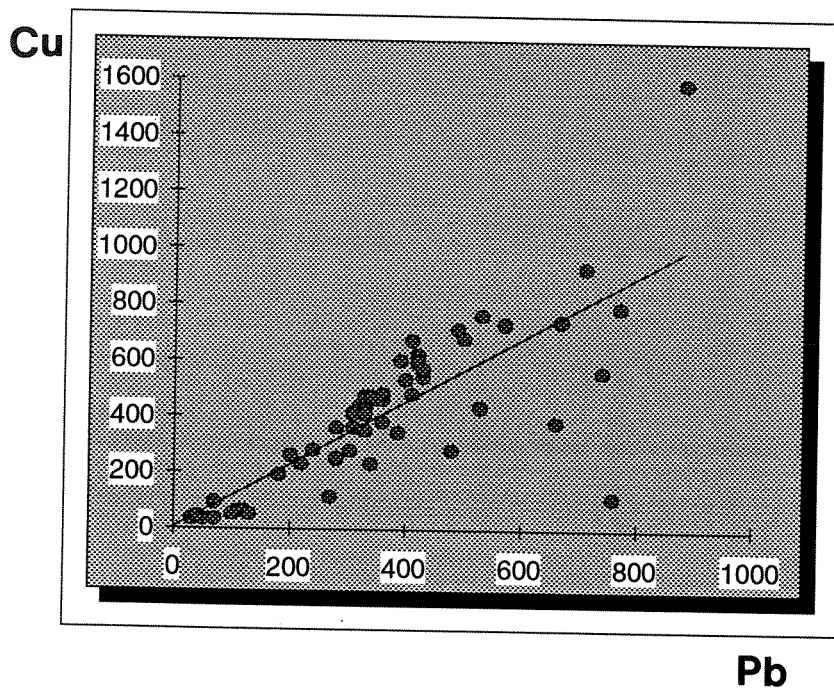
B

Vedleggsfigur 2. Lineær regresjon mellom konsentrasjonene av Cd og Pb (A) og Pb og Cu (B) i sedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.



$$y = 35,3x + 118,68$$

r: 0,81
F: 240,1767
p: > 0,001

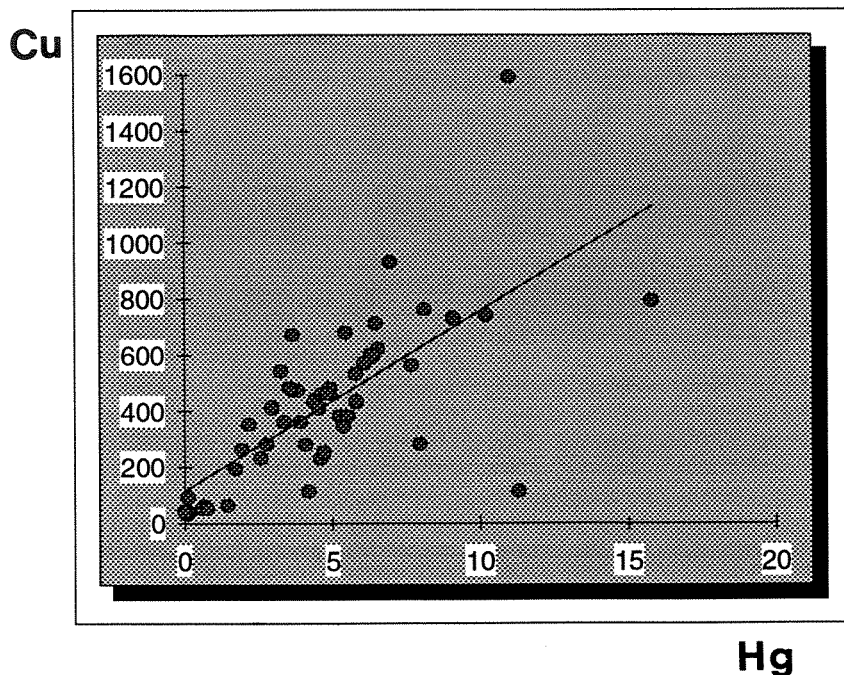
A

$$y = 1,12x + 4,6$$

r: 0,64
F: 97,88145
p: > 0,001

B

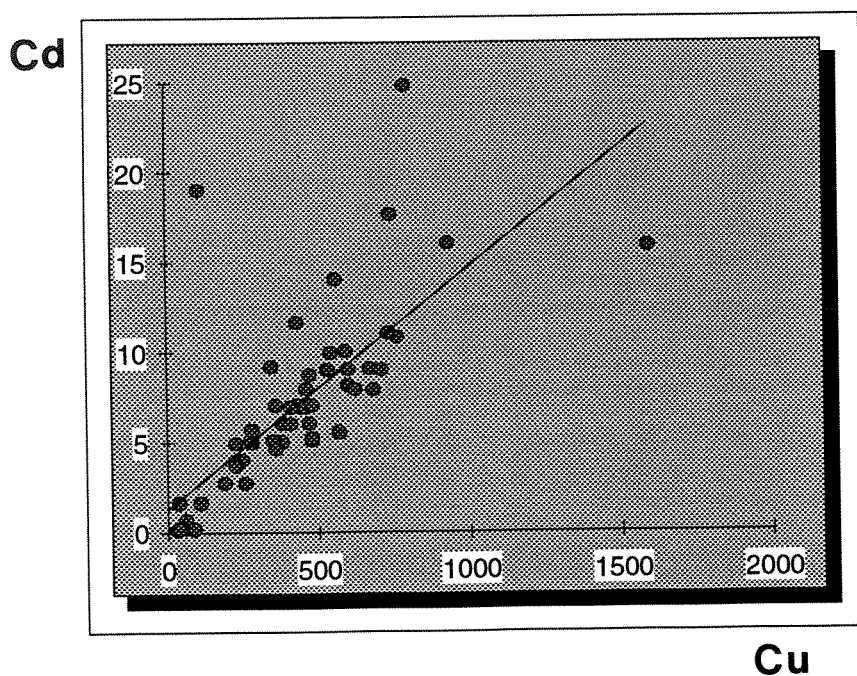
Vedleggsfigur 3. Lineær regresjon mellom konsentrasjonene av Hg og Cu (A) og Cd og Cu (B) i sedimentene i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn.



$$y = 64,45x + 112,96$$

r: 0,52
F: 59,89975
p: > 0,001

A



$$y = 0,01x + 1,27$$

r: 0,54
F: 66,16941
p: > 0,001

B

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Data vedrørende prøvestasjonene og prøvematerialet, samt visuell beskrivelse av de enkelte sedimentkjernene med tilhørende analyser. Analyse ikke utført (*)

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595408 Ø104488	7	Aa	I	11	0-2	Topplag manglet. Homogen fast lys grå mudret leire, med innslag av sand og grove fragmenter. Polychaet på 5cm sedimentdyp.	MET, PAH
N595406 Ø104489	12	Aa	II	17	0-2	Topplag 2-3mm løst grågrønt slam m/ Nematoder. Homogen fast lys grå mudret leire, med grove fragmenter. Polychaet på 8 cm sedimentdyp.	PCB
N595408 Ø104494	13	Ba	I	18.5	0-2	Topplag 1cm grågrønt løst slam. Resten grå/sort vekslende sandig leire, noe fastere nedover. Olje-skimmer og lukt, samt svak H ₂ S-lukt.	MET
N595409 Ø104498	15	Ba	II	34	0-2	Topplag 1cm grågrønt løst slam m/ grove fragmenter. Resten sort sandig/siltig leir ned til bunn m/ noen grå partier Olje-skimmer og lukt,	THC
N595410 Ø104500	14	Ca	I	47	0-2	Topplag 1cm grønbrun løst slam, fulgt av 4cm gråsort bløt leire. Deretter bløt sort leire ned til 20cm, fastere mot bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET
N595410 Ø104505	12	Da	I	31	0-2	Topplag 2cm grågrønt løst slam. Sort løs leire ned til 15cm. Innslag av grå leire noe fastere mot bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET, PAH
N595409 Ø104507	13	Da	II	47	0-2	Topplag 2cm noe siltig grågrønt slam. Bløt sort tjæreaktig leire ned til 37cm m/ olje-skimmer og lukt. Fastere grå leire i bunnen.	THC
N595411 Ø104506	12	Da	III	20	0-2	Topplag 1cm løst gråbrunt løst slam over i bløt sort leire ned til bunnen med noe innslag av grovt materiale. Olje-skimmer og lukt.	PCB
N595407 Ø104513	12	Ea	I	26	0-2	Topplag 1.5cm rødlig gulgrønt løst slam over i bløt sort leire ned til 13cm. Resten mørkgrå siltig leire. Olje-skimmer og lukt.	MET
N595409 Ø104515	11	Ea	II	25	0-2	Topplag 1.5cm rødlig gulgrønt løst slam. Bløt sort leire ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	TOC
N595415 Ø104497	7	Bb	I	7	0-2	Topplag mangler. Lys grå sandig/siltig fast leire, mudder-/dumpemasser. Grus i bunnen.	MET, PAH
N595415 Ø104502	9	Cb	I	50	0-2	Topplag 2cm løst grågrønt slam over i 5cm gråsort løs leire. Resten sort siltig/sandig bløt leire m/ olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt.	PCB

Vedleggstabell 1. Fortsetter.

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595415 Ø104503	9	Cb	II	31	0-2	Topplag 1cm løst grågrønt slam, over i 5cm gråsort bløt leire m/skjellsand, Nematoder og Polychaet. Metangass på 12cm. Gråsort sandig bløt leire ned m/ olje-skimmer og lukt . H ₂ S-lukt.	MET
N595417 Ø104506	11	Db	I	119	0-2 5-10 15-20 30-35 45-50 60-65 80-85 100-105	Topplag 2cm grågrønt løst slam . Videre over i sort bløt siltig leire ned til ca. 60cm med olje-skimmer og lukt. Faste mørk grå til sort leire i veksling med lysere partier av mørk grå siltig leire mot bunnen. Grå fast leire i de nedre 20cm.	MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH MET, PAH MET, PAH
N595418 Ø104513	11	Eb	I	18	0-2	Topplag 2cm løst grågrønt fint slam . Resten grå /sort fast sandig/siltig leire m/ olje-skimmer og lukt.	THC
N595418 Ø104515	10	Eb	II	43	0-2	Topplag 1cm grågrønt løst slam. Videre bløt sort leire med innslag av sand ned til 20cm. Derfra fastere og fra 32cm fast mørk grå leire til bunnen Olje-skimmer og lukt .	MET
N595418 Ø104520	9	Fb	I	38	0-2	Topplag 3cm grågrønt løst slam fulgt av 7cm sort bløt leire m/ organisk debris . Fastere fra 12-20cm. Derfra gråsort fast siltig leire til bunnen. Noe olje-skimmer og svak lukt ,	MET, PAH
N595422 Ø104501	13	Cc	I	36	0-2	Topplag 2cm grønbrun løst slam, fulgt av 8cm gråsort bløt sandig leire. Deretter noe fastere mørk grå leire fra 10-15cm. Nedre 5cm sort grov grus.Olje-skimmer og lukt.	MET
N595420 Ø104502	14	Cc	II	24	0-2	Topplag 1cm grågrønt løst slam. m/grus og skjellsand. Resten grå sandig leire/muddermasse til bunnen.	THC
N595423 Ø104506	13	Dc	I	14	0-2	Topplag 2cm noe siltig grågrønt slam over i bløt sort leire med sand og grus ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt..	MET, PAH
N595423 Ø104512	13	Ec	I	60	0-2	Topplag 2cm noe grågrønt slam over i bløt sort siltig leire ned til 25cm. Derfra noe fastere sort leire mot bunnen. Olje-skimmer og lukt. Metangass.	PCB
N595421 Ø104512	13	Ec	II	75	0-2	Topplag 2cm noe grågrønt slam over i mørk grå sandig leire. Videre bløt sort siltig leire over i noe fastere sort leire mot bunnen. Olje-skimmer og lukt. Metangass.	*

Vedleggstabell 1. Fortsetter.

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595424 Ø104515	12	Ec	III	186	0-2 5-10 15-20 30-35 45-50 60-65 80-85 100-105	Topplag 2cm løst mørk gråt løst slam . Videre bløt sort tjæreaktig siltig leire m/ olje skimmer og lukt ned til 25cm, noe fastere ned til ca. 120cm. Metangass. Nedre del, veksling mellom mørk grå lag (ca. 20cm) og grå (ca. 5cm) av fastere siltig leire. nedre 10 cm fast grå leire.	MET, PAH , THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC MET, PAH , PCB, THC
N595424 Ø104519	13	Fc	I	65	0-2	Topplag 2cm grågrønt løst slam over i bløt sort leire ned til 52cm. Olje-skimmer og lukt. Resten mørkgrå siltig leire. med grus i bunnen. Metangass.	TOC
N595423 Ø104521	13	Fc	II	66	0-2	Topplag 1.5cm grågrønt løst slam over i bløt sort leire med mye flis, metangass ned til 20cm . Derfra sort noe faster ned til ca. 50cm. Lys grå leire i bunnen. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt .	MET
N595424 Ø104532	9	Hc	I	13	0-2	Topplag 3mm løst grågrønt slam. Resten mørk grå sandig/siltig leir, muddermasse. Polychaet på 4cm dyp.	MET
N595423 Ø104531	9	Hc	II	27	0-2	Topplag 2cm løs grågrønt slam med flis ned til 15cm, over i sort bløt siltig leire. Resten mørk grå leire. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt i øvre deler	THC
N595428 Ø104502	11	Cd	I	18	0-2	Topplag 1cm grågrønt fint slam m/nematoder. Resten sort bløt leire med olje-skimmer og lukt ned til 14cm. Nedre 4cm mørk grå til grå fastere leire. Noe H ₂ S-lukt .	MET
N595429 Ø104503	10	Cd	II	37	0-2	Topplag 1cm grågrønt fint slam m/nematoder. Sort bløt leire med olje-skimmer og lukt nedover til 18cm. Nedre deler mørk grå til grå fast siltig leire. Noe H ₂ S-lukt.	TOC
N595429 Ø104506	9	Dd	I	40	0-2	Topplag 1cm grågrøt løst slam m/ nematoder og 1cm fastere grå leire. Ned til 20cm sort bløt leire med olje-skimmer og lukt over i mørk grå leire. 1cm fast lys grå leire i bunnen.	MET
N595427 Ø104505	10	Dd	II	41	0-2	Topplag 1cm grågrøt løst slam m/ nematoder. Ned til 29cm sort bløt leire med olje-skimmer og lukt over i fastere mørk grå leire til bunnen.	PCB
N595425 Ø104514	7.5	Ed	I	52	0-2	Topplag 2cm løst grågrønt slam over i bløt sort leire til bunnen. Metangass. Olje-skimmer og lukt.	MET

Vedleggstabell 1. Fortsetter.

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595427 Ø104515	8	Ed	II	42	0-2	Topplag 3cm løst grågrønt slam over i bløt sort leire. Noe sandig i bunnen. Olje-skimmer og lukt.	TOC
N595428 Ø104517	8	Fd	I	25	0-2	Topplag 1cm rødlig gulbrunt løst slam over 1cm lys grå bløt leire. Ned til 5cm grå leire m/flis over i sort bløt leire ned til 12cm. Fra 12-16cm sort med organisk debris. Resten fast sort leire med olje-skimmer og H ₂ S-lukt.	MET, PAH
N595426 Ø104523	5	Gd	I	43	0-2	Topplag 3cm grågrønt slam med noe grovt og flis over i sandig bløt sort leire. Nedre 10cm sort fastere leire med grov grus. Olje-skimmer og lukt.	TOC
N595425 Ø104523	6	Gd	II	50	0-2 5-10 15-20 30-35 45-50	Topplag 2cm grågrønt løst slam over i sort bløt siltig leire ned til 30cm. Derfra sort noe fastere til bunnen. Nedre deler noe grus. Olje-skimmet og lukt, samt tjæreaktig.	MET, PAH MET, PAH MET, PAH MET, PAH MET, PAH
N595424 Ø104524	6	Gd	III	63	0-2 5-10 15-20 30-35 45-50 58-63	Topplag 2cm løst grågrønt slam. Resten sort bløt leire ned til 30cm. Derfra fastere sort leire med noe grovt innslag ned til bunnen. Tjæreaktig pluss olje-skimmer og lukt. Grov grus i nedre deler.	THC THC THC THC THC MET, PAH
N595424 Ø104524	5	Gd	IV	54	0-2 5-10 15-20 30-35 45-50	Topplag 2cm løst grågrønt slam over i sort bløt leire til 30cm. Derfra fastere sort leire ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt, samt tjæreaktig. Grus i nedre deler.	PCB PCB PCB PCB PCB
N595429 Ø104543	6	Id	I	17	0-2	Topplag 1cm grågrønt fint slam over i grå/ sort bløt siltig leire med olje-skimmer og lukt ned til bunnen.	MET
N595428 Ø104543	6	Id	II	43.5	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam over i 10cm bløt sort leire. Noe fastere sort leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	PCB
N595430 Ø104545	7	Id	III	59	0-2	Topplag 2cm grågrønt løst slam med noe sort innslag. Videre bløt sort leire med olje-skimmer og lukt ned til 52cm. Nedre 7cm grå fast leire med <i>M. edulis</i> .	TOC
N595432 Ø104505	9	De	I	35	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam over i bløt sort leire. 4cm fastere grå leire i bunnen. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt.	THC
N595433 Ø104506	8.5	De	II	28	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam etterfulgt av 5cm bløt grå/sort leire. Nedre 5cm fastere grå leire. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt. Metangass.	MET

Vedleggstabell 1. Fortsetter.

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595434 Ø104505	10	De	III	37	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam etterfulgt av 5cm bløt grå/sort leire. Nedre 5cm fastere grå leire . Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt. Metangass.	TOC
N595432 Ø104515	8	Ee	I	46	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam over i bløt sort leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET
N595434 Ø104512	8	Ee	II	60	-	Topplag 2cm grågrønt fint slam over i bløt sort leire til ca. 50cm. Grå leire i bunnen. Olje-skimmer og lukt.	*
N595431 Ø104534	6	He	I	21	0-2	Topplag 1cm grågrønt løst slam over i 4cm bløt gråsort m/flis. Deretter bløt sort leire med sand/grus i bunnen. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt.	MET
N595432 Ø104534	7	He	II	35	0-2	Topplag 2cm grågrønt løst slam over i bløt sort leire ned til 26cm . Øvre 10cm mye flis. Fastere grå leire mot bunnen. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt.	PCB
N595432 Ø104535	6	He	III	48	0-2	Topplag 1cm løst slam+ 5cm grågrønt bløt leire m/skjellsand. Deretter 5cm sort bløt leire m/flis over i sort tjæreaktig bløt leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	THC
N595436 Ø104504	9	Df	I	32	0-2	Topplag 2cm løst grågrønt slam + 3cm bløt leire. Derfra bløt sort leire med 1-3cm store kullbiter ned til 13cm. Resten fastere mørk grå leire. Olje-skimmer og lukt.	MET
N595437 Ø104506	10	Df	II	42	0-2	Topplag 2cm løst grågrønt slam over i sort bløt leire til 12cm. Derfra fastere gråsort leire ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	THC
N595440 Ø104516	9	Ef	I	18	0-2	Topplag 1cm rødlig fint slam over i grå og sort vekslende bløt siltig leire ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt . Mudret?	MET
N595439 Ø104514	8	Ef	II	20	0-2	Topplag 1cm rødlig fint slam over i grå og sort vekslende bløt siltig leire ned til bunnen. Olje-skimmer og lukt . Mudret?	TOC
N595438 Ø104518	4	Ff	I	26	0-2	Topplag mangler. Homogen grå mudret fast sandig leire iblandet noe grovt materiale. Nedre 1cm grov sort grus.	THC
N595438 Ø104518	4.5	Ff	II	28	0-2	Topplag mangler. Homogen grå mudret fast sandig leire iblandet noe grovt materiale. Grus i bunnen.	MET

Vedleggstabell 1. Fortsetter.

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595437 Ø104531	3	Hf	I	20	0-2 2-4	Topplag 2cm sort løst organisk rikt slam etterfulgt av løst sort slam/leire med noe sand og grus. Fra 15cm fastere sort bløt leire . Olje-skimmer og svak lukt. H ₂ S-lukt. Metangass.	* TOC
N595442 Ø104513	9	Eg	I	14	0-2	Topplag 1cm rødlig fint slam over i 2cm mørk grå bløt siltig leire. Resten ned til bunnen grå fastere leire. Olje-skimmer og lukt.	MET, PAH
N595445 Ø104519	6	Fg	I	28	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam med noe grov innslag. Etterfulgt av fast grå/sort sandig/siltig leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET
N595444 Ø104518	6.5	Fg	II	38	0-2	Topplag 2cm grågrønt fint slam med noe grov grus, antropogent. Etterfulgt av fastere sort sandig/siltig leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt. H ₂ S-lukt.	PCB

Vedleggstabell 2. Data vedrørende supplerende (tidligere undersøkte) sedimentstasjoner. Posisjonene er justert og beskrivelsene av sedimentet er noe revidert utfra visuelle bedømmelse under feltarbeidet i denne undersøkelsen (jfr. også Konieczny 1991, 1992).

POSIJON	VANN DYP m	RUTE	KJERNE Nr.	KJERNE LENGDE cm	SED. NIVÅ cm	KJERNEBESKRIVELSE	ANALYSE
N595436 Ø104545	4	If	1	43	0-2	Topplag 10 cm sort løst slam med mye grus, over i bløt sort siltig leire. Mørk grå /sort fastere leire mot bunnen. Tjæreaktig og Olje-skimmer og lukt. Nematoder i topplaget. H ₂ S-lukt.	MET, PAH
N595445 Ø104545	5.5	Ie	2	105	0-2	Topplag 10cm sort løst slam med noe mindre grov innslag . Bløt sort leire ned til 50cm, noe fastere derfra. Etterfulgt av mørk grås fastere leire til bunnen. Olje-skimmer og lukt, øvre deler tjæreaktig. Metangass.	MET, PAH
N595433 Ø104541	5.8	Ie	3	105	0-2	Topplag 2cm brumgrønt løst slam med røybyggende Polychaeter. Etterfulgt av bløt sort siltig leire, noe faster og grå mot bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET, PAH
N595423 Ø104533	7	Hd	4	75	0-2	Topplag 2cm brumgrønt løst slam . Etterfulgt av bløt sort siltig leire, noe faster og grå mot bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET, PAH
N595424 Ø104523	8	Gc	5	120	0-2 42-45	Topplag 2cm grågrønt løst slam med Nematoder. Etterfulgt av bløt sort leire med overgang til mørk grå på 40cm. Fastere leire neover til bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET, PAH MET, PAH
N595436 Ø104515	6.5	Fe	BJ-01	45	0-2 17-22	Topplag 1cm grågrønt løst slam , etterfulgt av sort bløt leire ned til 15cm. Nedre deler sort til mørk grå noe fastere leire. Olje-skimmer og lukt. Metangass og H ₂ S-lukt..	MET,PAH,PCB MET,PAH,PCB
N595434 Ø104505	11	Ce	BJ- 03	26	0-2	Topplag 3cm grågrønt med innslag av sort løst slam . Bløt sort leire til15cm, noe fastere derfra og grå leire i bunnen. Olje-skimmer og lukt.	MET,PAH,PCB

Vedleggstabell 3. Bakgrunnsdata vedrørende de utfyllende vannprøvestasjoner undersøkt i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn (jfr. figur 1).

POSISJON	VANN DYP m	RUTE	PRØVEDYP m	ANALYSE
N595409 Ø104503	13	Ca	12	MET
N595425 Ø104506	8	Cc	7	MET
N595435 Ø104507	8	De	7	MET
N595443 Ø104506	7	Dg	6	MET
N595426 Ø104511	13	Ec	12	MET
N595437 Ø104516	4	Ff	3	MET
N595450 Ø104518	3	Fh	2	MET
N595418 Ø104523	8	Gb	7	MET
N595428 Ø104533	4	Hd	3	MET
N595437 Ø104541	5	If	4	MET

Vedleggstabell 4. Sedimentenes tørrstoffinnhold i % og gjennomsnittet for alle undersøkte overflatesedimenter i Bjørvika - Bispevika området.

Lok./rute	Sed. nivå	% TTS	Lok./rute	Sed. nivå	% TTS
Aa-01	0-2	66	Ee-01	0-2	31
Ba-01	0-2	66	Ef-01	0-2	38
Bb-01	0-2	67	Ef-02	0-2	28
Ca-01	0-2	56	Fb-01	0-2	35
Cb-02	0-2	46	Fc-01	0-2	28
Cc-01	0-2	43	Fc-02	0-2	28
Cd-01	0-2	36	Fd-01	0-2	32
Cd-02	0-2	36	Fe-01	0-2	35
Ce-01	0-2	34	Eg-01	0-2	31
Da-01	0-2	38	Ff-02	0-2	69
Db-01	0-2	39	Fg-01	0-2	50
Dc-01	0-2	34	Gc-01	0-2	35
Dd-01	0-2	29	Gd-01	0-2	52
De-02	0-2	35	Gd-02	0-2	37
De-03	0-2	35	Hc-01	0-2	35
Df-01	0-2	30	Hd-01	0-2	38
Ea-01	0-2	42	He-01	0-2	41
Ea-02	0-2	42	Hf-01	2-4	23
Eb-02	0-2	35	Id-01	0-2	33
Ec-01	0-2	20	Id-03	0-2	38
Ec-03	0-2	20	Ie-01	0-2	32
Ed-01	0-2	34	Ie-02	0-2	30
Ed-02	0-2	34	If-01	0-2	30
Gj.snitt % tørrstoff i 0-2 cm laget (n = 46):				38	

Vedleggstabell 5. Sedimentenes tørrstoffinnhold i % i sedimentnivåer dypere enn 2cm i området Bjørvika - Bispevika.

Lok./rute	Sed. nivå	% TTS
Db	5-10	33
	15-20	47
	30-35	64
	45-50	64
	60-65	66
	80-85	66
	100-105	65
	Ec	5-10
15-20		29
30-35		28
45-50		37
60-65		34
80-85		67
100-105		66
Fe		17-22
Gc	42-45	55
Gd	5-10	46
	15-20	46
	30-35	50
	45-50	46
	58-63	52
Hf	2-4	23
Gj.snitt % TTS (n=22):		48

Vedleggstabell 6. Antatte og foreslåtte bakgrunnsverdeier for de undersøkte tungmetaller og organiske miljøgiftene i finkornige fjordsedimenter og marine sedimenter i mg/kg tørrvekt (= ppm).

Komponent	Konsentrasjon	Referanse
Uorganiske		
Arsen-As*	15 ± 5	Knutzen og Skei 1990
Bly-Pb	20 ± 10	Knutzen og Skei 1990
Kadmium-Cd	0.2 ± 0.05	Knutzen og Skei 1990
Kobber-Cu	25 ± 10	Knutzen og Skei 1990
Krom-Cr	50 ± 20	Knutzen og Skei 1990
Kvikksølv-Hg	0.1 ± 0.05	Knutzen og Skei 1990
Nikkel-Ni	20 ± 10	Knutzen og Skei 1990
Sink-Zn	100 ± 50	Knutzen og Skei 1990
Organiske		
THC	<5-10?	Kaarstad og Tefler 1991
ΣPAH	<0.2 - 0.5	Knutzen og Skei 1990
B(a)P**	<0.001 - 0.01	Knutzen og Skei 1990
ΣPCB	0.005?	Knutzen og Skei 1990
5CB	0.0005?	Næs og Oug 1991
HCB	0.0005?	Knutzen og Skei 1990
OCS	0.0005?	Knutzen og Skei 1990
10CB	0.0005?	Næs og Oug 1991

* = Prioritert metall, men ikke analysert

** = Benzo(a)pyren

Vedleggstabell 7. Antatte og foreslåtte intervaller for bakgrunnsverdeier for utvalgte tungmetaller i sjøvann µg/l (= ppb). Øvre grense etter Knutzen og Skei (1990). Nedre grense rapportert for oseanisk vann.

Komponent	Konsentrasjon	Ref. til oseanisk vann
Arsen-As*	<1.5-2	Burton et al. 1983
Bly-Pb	<0.03-0.05	Fowler 1990
Kadmium-Cd	<0.005-0.05	Fowler 1990
Kobber-Cu	<0.07-0.1	Bruland og Franks 1983
Krom-Cr	<0.01-0.15	Cranston og Murray 1978
Kvikksølv-Hg	<0.002-0.005	Olafsson 1983
Nikkel-Ni	<0.2-0.7	Danielsson og Westerlund 1983
Sink-Zn	<0.1-0.5	Bruland og Franks 1983

* = Prioritert metall, men ikke analysert.

Vedleggstabell 8. Utdrag av forslag til klassifisering av fjordsedimenters øvre lag med hensyn til utvalgte miljøgifter i mg/kg tørrvekt (= ppm) modifisert etter Knutzen og Skei (1990). Grensen Kl. 2/3 er avrunnet nedover.

Komponent	Klasse 1 svakt forurenset	Klasse 2 moderat forurenset	Klasse 3 betydelig forurenset	Klasse 4 sterkt forurenset
Arsen-As*	<20	20-80	80-400	>400
Bly-Pb	<30	30-120	120-600	>600
Kadmium-Cd	<0.25	0.25-1	1-5	>5
Kobber-Cu	<35	35-150	150-700	>700
Krom-Cr	<70	70-300	300-1400	>1400
Kvikksølv-Hg	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	>3
Nikkel-Ni	<30	30-130	130-600	>600
Sink-Zn	<150	150-650	650-3000	>3000
ΣPAH	<0.3	0.3-1	1-6	>6
B(a)P**	<0.005	0.005-0.025	0.025-0.1	>0.1
ΣPCB	<0.005?	0.005-0.025	0.025-0.1	>0.1
HCB	<0.0005?	0.0005-0.0025	0.0025-0.01	>0.01

* = Prioritert metall, men ikke analysert

** = Benzo(a)pyren

Vedleggstabell 9. Utdrag av foreløpig forslag til vannkvalitetsklasser av enkelte tungmetaller i fjord- og kystfarvann i µg/l (= ppb) modifisert etter Knutzen og Skei (1990).

Komponent	Klasse 1 svakt forurenset	Klasse 2 moderat forurenset	Klasse 3 betydelig forurenset	Klasse 4 sterkt forurenset
Arsen-As*	<2	2-6	6-20	>20
Bly-Pb	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	>0.5
Kadmium-Cd	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	>0.5
Kobber-Cu	<0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1
Krom-Cr	<0.15	0.15-0.5	0.5-1.5	>1.5
Kvikksølv-Hg	<0.005	0.005-0.015	0.015-0.05	>0.05
Nikkel-Ni	<0.7	0.7-2.2	2.2-7	>7

* = Prioritert metall, men ikke analysert.

Vedleggstabell 10. Målte konsentrasjoner og beregnede forhold mellom de 4 prioriterte tungmetallene i bunnsedimentene fra Bjørvika - Bispevika.

Lok. Rute	Nivå i cm	Kons. mg/kg.				Forhold					
		Hg	Cd	Pb	Cu	Cd/Hg	Pb/Hg	Cu/Hg	Pb/Cd	Cu/Cd	Pb/Cu
Aa	0-2	0,66	0,20	110	60	0,30	166,67	90,91	550,00	300,00	1,83
Ba	0-2	4,61	4,91	340	230	1,07	73,75	49,89	69,25	46,84	1,48
Bb	0-2	1,47	0,65	120	60	0,44	81,63	40,82	184,62	92,31	2,00
Ca	0-2	3,66	9,05	410	670	2,47	112,02	183,06	45,30	74,03	0,61
Cb	0-2	5,25	4,99	660	380	0,95	125,71	72,38	132,26	76,15	1,74
Cc	0-2	2,79	4,95	240	280	1,77	86,02	100,36	48,48	56,57	0,86
Cd	0-2	3,92	7,02	310	360	1,79	79,08	91,84	44,16	51,28	0,86
Ce	0-2*	4,09	5,11	305	(278)	1,25	74,57	67,97	59,69	54,40	1,10
Da	0-2	4,43	6,93	320	440	1,56	72,23	99,32	46,18	63,49	0,73
Db	0-2	4,92	7,03	350	460	1,43	71,14	93,50	49,79	65,43	0,76
Db	5-10	8,10	10,80	530	760	1,33	65,43	93,83	49,07	70,37	0,70
Db	15-20	7,96	5,66	480	280	0,71	60,30	35,18	84,81	49,47	1,71
Db	30-35	0,59	0,21	130	50	0,36	220,34	84,75	619,05	238,10	2,60
Db	45-50	0,79	0,23	100	50	0,29	126,58	63,29	434,78	217,39	2,00
Db	60-65	0,11	0,12	50	30	1,09	454,55	272,73	416,67	250,00	1,67
Db	80-85	0,08	0,10	70	30	1,25	875,00	375,00	700,00	300,00	2,33
Db	100-105	0,06	0,08	30	30	1,33	500,00	500,00	375,00	375,00	1,00
Dc	0-2	3,27	9,91	430	540	3,03	131,50	165,14	43,39	54,49	0,80
Dd	0-2	4,41	7,01	330	430	1,59	74,83	97,51	47,08	61,34	0,77
De	0-2	4,72	3,98	280	250	0,84	59,32	52,97	70,35	62,81	1,12
Df	0-2	2,21	5,03	330	350	2,28	149,32	158,37	65,61	69,58	0,94
Ea	0-2	4,65	6,93	350	460	1,49	75,27	98,92	50,51	66,38	0,76
Eb	0-2	6,37	10,00	420	590	1,57	65,93	92,62	42,00	59,00	0,71
Ec	0-2	6,29	8,12	390	600	1,29	62,00	95,39	48,03	73,89	0,65
Ec	5-10	6,53	7,89	420	620	1,21	64,32	94,95	53,23	78,58	0,68
Ec	15-20	6,49	8,95	490	710	1,38	75,50	109,40	54,75	79,33	0,69
Ec	30-35	11,00	15,80	880	1590	1,44	80,00	144,55	55,70	100,63	0,55
Ec	45-50	6,94	16,00	710	930	2,31	102,31	134,01	44,38	58,13	0,76
Ec	60-65	15,80	24,80	770	790	1,57	48,73	50,00	31,05	31,85	0,97
Ec	80-85	0,14	0,16	40	40	1,14	285,71	285,71	250,00	250,00	1,00
Ec	100-105	0,10	0,18	40	40	1,80	400,00	400,00	222,22	222,22	1,00
Ed	0-2	4,92	7,00	360	480	1,42	73,17	97,56	51,43	68,57	0,75
Ee	0-2	6,35	8,99	420	600	1,42	66,14	94,49	46,72	66,74	0,70
Ef	0-2	2,58	3,64	220	230	1,41	85,27	89,15	60,44	63,19	0,96
Eg	0-2	5,53	6,01	360	380	1,09	65,10	68,72	59,90	63,23	0,95
Fb	0-2	5,79	8,98	400	530	1,55	69,08	91,54	44,54	59,02	0,75
Fc	0-2	4,83	7,95	360	460	1,65	74,53	95,24	45,28	57,86	0,78
Fd	0-2	4,53	6,89	310	410	1,52	68,43	90,51	44,99	59,51	0,76
Fe	0-2*	5,37	9,13	387	(344)	1,70	72,07	64,06	42,39	37,68	1,13
Fe	17-22*	5,84	11,60	529	(433)	1,99	90,58	74,06	45,60	37,28	1,22
Ff	0-2	0,03	1,61	40	40	53,67	1333,33	1333,33	24,84	24,84	1,00
Fg	0-2	1,74	2,69	180	190	1,55	103,45	109,20	66,91	70,63	0,95

Vedleggstabell 10. Fortsetter

		Hg	Cd	Pb	Cu	Cd/Hg	Pb/Hg	Cu/Hg	Pb/Cd	Cu/Cd	Pb/Cu
Gc	0-2*	3,37	4,60	280	360	1,36	83,09	106,82	60,87	78,26	0,78
Gc	42-45*	4,21	1,60	270	110	0,38	64,13	26,13	168,75	68,75	2,45
Gd	0-2	2,99	5,98	330	410	2,00	110,37	137,12	55,18	68,56	0,80
Gd	5-10	5,43	7,85	500	680	1,45	92,08	125,23	63,69	86,62	0,74
Gd	15-20	10,20	17,60	670	740	1,73	65,69	72,55	38,07	42,05	0,91
Gd	30-35	11,30	19,00	760	110	1,68	67,26	9,73	40,00	5,79	6,91
Gd	45-50	9,09	11,00	570	730	1,21	62,71	80,31	51,82	66,36	0,78
Gd	58-63	7,70	14,00	740	560	1,82	96,10	72,73	52,86	40,00	1,32
Hc	0-2	0,11	0,18	70	90	1,64	636,36	818,18	388,89	500,00	0,78
Hd	0-2*	6,06	5,50	430	570	0,91	70,96	94,06	78,18	103,64	0,75
He	0-2	3,68	8,70	330	470	2,36	89,67	127,72	37,93	54,02	0,70
Id	0-2	3,84	6,00	340	470	1,56	88,54	122,40	56,67	78,33	0,72
Ie	0-2*	3,61	5,10	410	480	1,41	113,57	132,96	80,39	94,12	0,85
Ie	0-2*	3,56	5,20	360	480	1,46	101,12	134,83	69,23	92,31	0,75
If	0-2*	1,95	2,70	200	260	1,38	102,56	133,33	74,07	96,30	0,77

* = Tidligere rapporterte data, () = estimerte verdier fra gjennomsnitt av omkringliggende prøver, pga manglende verdier for Cu.

Vedleggstabell 11. Data for nivåer (gjennomsnitt) av enkelte organiske miljøgiftkomponenter i overflatesedimenter (0-2cm) fra Oslofjorden rapportert 1977-1992. Usikker verdi = ?.

	ΣPCB µg/kg	ΣDDT µg/kg	HCB µg/kg	5CB µg/kg	ΣPAH mg/kg	B(a)P mg/kg	THC %	Ref.
Bekkelaget bassenget (4)	223	-	8	2	-	-	-	1
Indre Oslofjord (16)	153	38	-	-	-	-	-	2
Indre Oslofjord (3)	273	122	-	-	-	-	-	2
Drøbaksundet (3)	-	-	-	-	1.5	-	-	3
Drammensfjorden (4)	-	-	-	-	17	-	-	4
Slagentangen (30)	-	-	-	-	0.4	-	0.008	5
Indre Oslofjord (2)	-	-	-	-	-	-	0.0001	6
Steilene 1986 (1)	19	-	-	-	-	-	-	7
Steilene 1990 (1)	27	1.4	1.3	-	1.6	-	-	8
Bispevika (5)	-	-	-	-	30.4	-	-	9
Oslo Havn (10+1)	400	5	2	2	19	3.8	0.74	10
Bjørsvika/Bispev. (12±2)	1200	3.6	19.4	3.9	34	2.6	0.31	11
Akerselva (4)	73	-	-	-	3.4	0.2?	3.80	12

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1) Skei 1977 | 7) Green 1989 |
| 2) Abdullah et al. 1982 og Ringstad 1983 | 8) Green 1992 |
| 3) Næs 1991 og T.Bakke pers. med. | 9) Konieczny 1991 |
| 4) Næs 1984 | 10) Konieczny 1992 |
| 5) Siljeholm 1985 | 11) Denne undersøkelsen |
| 6) Sporstøl et al. 1983 | 12) Lingsten et al. 1989 |

Vedleggstabell 12. Data for tungmetallnivåer (gjennomsnitt) i overflatesedimenter (0-2cm) fra Oslofjorden rapportert 1969-1992.

Undersøkellesområde (Gjennomsnitt antall stasjoner)	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Mn g/kg	Fe %	Al %	Ref.
Oslofjorden total (114)	-	-	104	66	346	55	113	3.1	5.7	-	1
Oslofjorden anoks. (52)	-	-	123	92	499	-	115	-	-	-	1
Oslofjorden oks. (62)	-	-	79	47	310	-	113	-	-	-	1
Bekkelagsbassenget (6)	-	-	351	345	1292	-	-	-	-	-	1
Bærumsbassenget (6)	-	-	120	144	702	-	-	-	-	-	1
Bunnefjorden (23)	-	-	101	74	455	-	-	-	-	-	1
Vestfjorden (25)	-	-	117	65	444	-	-	-	-	-	1
Bekkelagbasseget (13)	4.5	-	226	450	669	36	222	1.6?	3.4	-	2
Indre Oslofjord (18)	3.0	2.80	87	163	438	-	50	-	-	-	3
Oslo Havn , Sone 1 (3)	6.8	7.90	114	343	667	-	70	-	-	-	3
Bunnefjorden (10)	-	1.30	109	58	288	-	-	-	-	-	4
V for Steilene 1981 (1)	-	-	103	60	379	-	-	-	-	-	4
Oslofjorden total (35)	-	1.23	56	34	183	36	-	-	-	-	5
Drøbaksundet, Sone 5 (2)	-	1.44	76	38	236	43	-	16.1	3.6	1.9	5
Oslofjorden total (3)	0.30	0.09	87	35	200	-	-	-	-	-	6
Steilene 1986 (1)	0.56	0.14	119	54	312	-	-	-	-	-	6
Oslofjorden total (3)	0.40	0.07	59	37	230	-	-	-	-	6.4	7
Steilene 1990 (1)	0.87	0.08	92	54	338	-	-	-	-	7.4	7
Slemmestad (3)	-	3.5	77	247	690	-	-	220	11.3	1.6	8
Bjørnehodeb., Sone 5 (1)	0.40	0.18	86	39	153	-	-	-	-	-	9
Bispevika (5)	3.72	4.60	336	430	926	45	109	-	-	-	10
Oslo Havn (10)	2.2	3.0	201	-	-	-	-	-	-	-	11
Bjørsvika/Bispev. (29+1)	4.61	7	359	406	870	46	120	-	-	-	12
Akerselva (4)	1.15	-	218	737	451	234	181	-	-	-	13

- 1) Doff 1969
- 2) Skei 1977
- 3) Kirkerud et al. 1979
- 4) Abdullah 1986
- 5) Abdullah og Danielsen 1986
- 6) Green 1989
- 7) Green 1992
- 8) Konieczny 1989
- 9) Skei et al. 1987
- 10) Konieczny 1991
- 11) Konieczny 1992
- 12) Denne undersøkelsen
- 13) Lingsten et al. 1989

VEDLEGG

Vedlegg 1.

Rapport fra SI vedrørende THC - analyser i sedimenter fra Oslo Havn.

Norsk institutt for vannforskning
Postboks 69 Korsvoll
0808 OSLO

Rapport

Deres ref.
R.M.Konieczny

Vår ref.
FOR

Direkte innvalg
02 452632

Dato
20.03.92

Oppdragets tittel
THC analyser av sedimentprøver fra Oslo Havn

Oppdrag nr
114406-030

Gasskromatografisk analyse av 27 sedimentprøver fra Oslo Havn er analysert for innhold av hydrokarboner (THC). Resultatene viser at innholdet av hydrokarboner varierer fra 30 til 19.000 mg/kg tørt sediment. Samtlige prøver inneholder hydrokarboner i kokepunktområdet n-C₁₄ til n-C₃₅ alkan (ca 270° - 490°C). Hydrokarbonprofilen er ikke typisk for mineraloljer. Det er derfor ikke mulig å fastslå hvilken type olje disse prøvene kan være forurenset med.

INNLEDNING

Til analyse forelå 27 sedimentprøver fra Oslo havnebasseng. Totalmengden hydrokarboner skulle bestemmes i alle prøvene.

ANALYSE

Opparbeidingsprosedyren er basert på en metode som har vært i bruk ved SI siden 1978 og som senere er blitt anbefalt av "The Intergovernmental Oceanographic Commission" ("The Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediments, UNESCO 1982").

Ca 20 - 50 g vått sediment forsåpes med 80 ml 0.5 N metanolisk NaOH under koking med tilbakeløpskjøling i 2 timer. Etter forsåpning filtreres prøvene med sug og vaskes med 50 ml metanol og 75 ml diklormetan (første ekstraksjonsvolum). Filtratet overføres til skilletrakt og rystes. Diklormetanfasen tappes av og filtratet ekstraheres ytterligere en gang med 50 ml diklormetan. Det samlede diklormetane ekstraktet tørkes med natriumsulfat (Na₂SO₄), oppkonsentreres og polare komponenter fjernes ved kromatografering på Bond-Elut Silica kolonne (Analytichem International). Etter eluering fra Bond Elut blir ekstraktene oppkonsentrert til et passende volum og analysert med GC.

Gasskromatografi benyttes til å bestemme prøvens innhold av hydrokarboner. Kvantifiseringen gjøres med en flammeionisasjonsdetektor. Detektorresponsen (arealet) fra prøven sammenlignes med responsen fra en kjent standard. Arealet måles i kokepunktområdet n-C₁₀ til n-C₄₀ alkan. Marin diesel er benyttet som standard i denne analysen.

GC-analysen gir i tillegg til mengdeangivelsen, også et GC-kromatogram som gir et "fingeravtrykk" av ulike oljetyper. Dette kan benyttes til identifikasjon av hva slags olje som foreligger.

Mengden av det ekstraherte materialet er angitt i mg/kg tørt sediment (ppm).

Tørrvekten av sedimentprøvene ble bestemt ved at en aliquot av prøven ble tørket i to døgn ved 105°C.

RESULTATER OG DISKUSJON

GC-kromatogrammene av de analyserte prøvene er gjengitt i figurene 1-9, vedlegg1.

Analysebetingelsene er gitt i vedlegg 2.

Resultatene viser at prøvene inneholder hydrokarboner i kokepunktområdet n-C₁₄ til n-C₃₅ alkan (ca. 270° - 490°C). Mengden hydrokarboner varierer fra 33 til 19500 mg/kg tørt sediment. Resultatene er gitt i resultattabellen.

Hydrokarbonmengden på 7850 mg/kg i prøve Ec 0-2 er usikker. Dette skyldes meget lite prøvemateriale med et høyt vanninnhold (ca 80%).

Hydrokarbonnivået i enkelte av disse prøvene kan karakteriseres som svært høyt (2% i prøve Gd 45-50). Til sammenligning kan det nevnes at hydrokarbonnivået målt i det samme kokepunktområdet i "kontrollsediment" fra Oslofjorden varierte mellom 80 og 150 mg/kg tørt sediment (SI rapport 900914 30.10 1990).

Hydrokarbonprofilen i prøvene er ikke typisk for mineralolje, men flere av prøvene hadde en sterk oljelukt. Det er derfor mest sannsynlig at prøvene har vært utsatt for bakteriell nedbryting (karakteristisk alkanmønster er forsvunnet). Det er derfor ikke mulig å fastslå hvilken type olje disse prøvene kan være forurenset med.

RESULTATTABELL:

Ba 0-2	2490	mg/kg
Cc 0-2	1940	mg/kg
Da 0-2	2170	mg/kg
Db 0-2	3880	mg/kg
Db 5-10	6400	mg/kg
Db 15-20	3250	mg/kg
Db 30-35	122	mg/kg
Db 45-50	67	mg/kg
De 0-2	4620	mg/kg
Df 0-2	2310	mg/kg
Eb 0-2	1950	mg/kg
Ec 0-2	7850	mg/kg
Ec 5-10	2150	mg/kg
Ec 15-20	6430	mg/kg
Ec 30-35	9630	mg/kg
Ec 45-50	8440	mg/kg
Ec 60-65	8740	mg/kg
Ec 80-85	119	mg/kg
Ec 100-105	33	mg/kg
Ff 0-2	60	mg/kg
Gd 0-2	2440	mg/kg
Gd 5-10	2500	mg/kg
Gd 15-20	5950	mg/kg
Gd 30-35	14900	mg/kg
Gd 45-50	19500	mg/kg
Hc 0-2	4090	mg/kg
He 0-2	3590	mg/kg

Det analyserte materialet oppbevares på SI i 6 mnd. dersom det ikke foreligger andre avtaler.

Med hilsen
Senter for Industrieforskning


Nina Gjøs


Frøydis Oreld

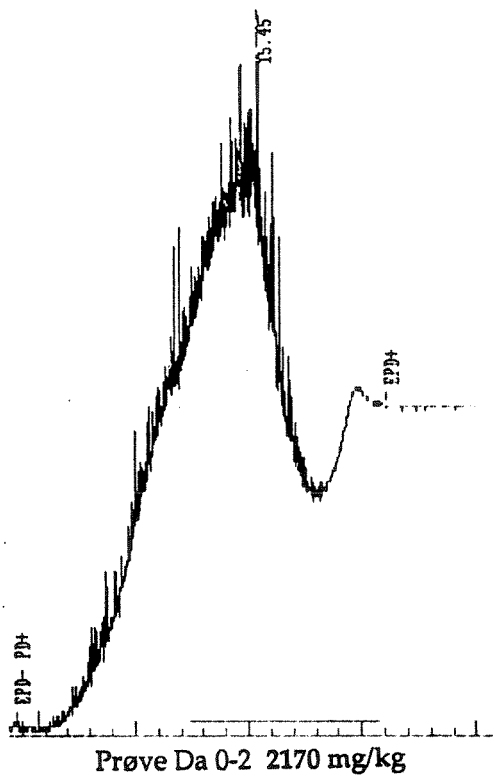
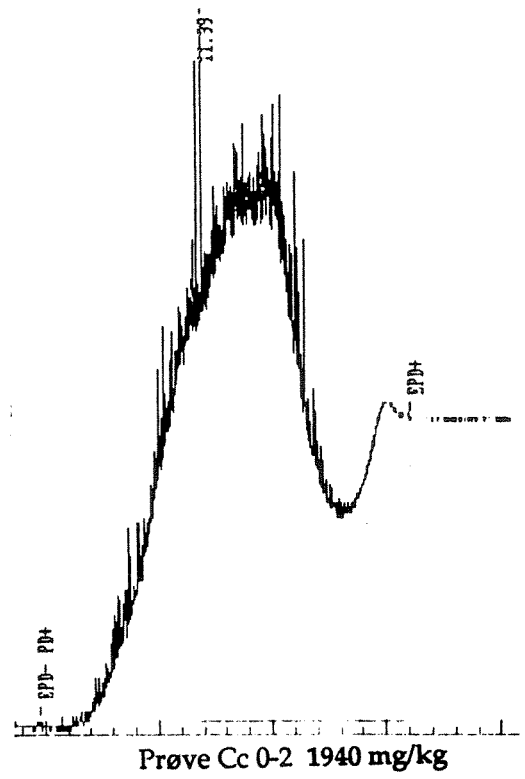
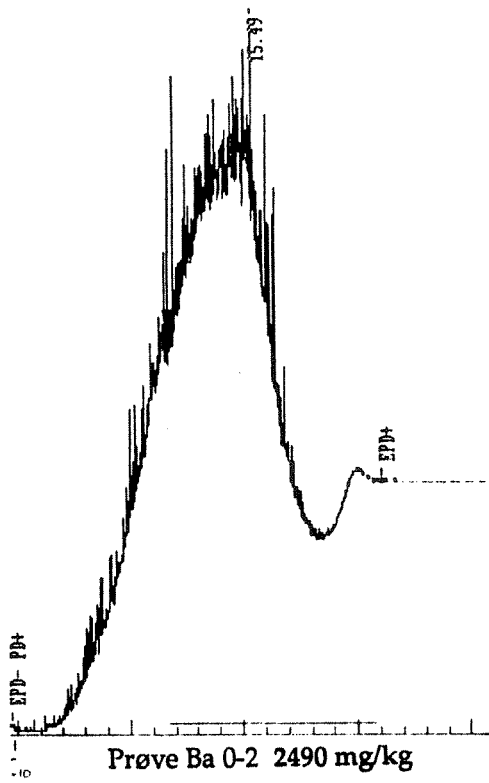
Vedlegg 1: 9 figurer med gasskromatogram
Vedlegg 2: Analysebetingelser for GC analysen

VEDLEGG 1

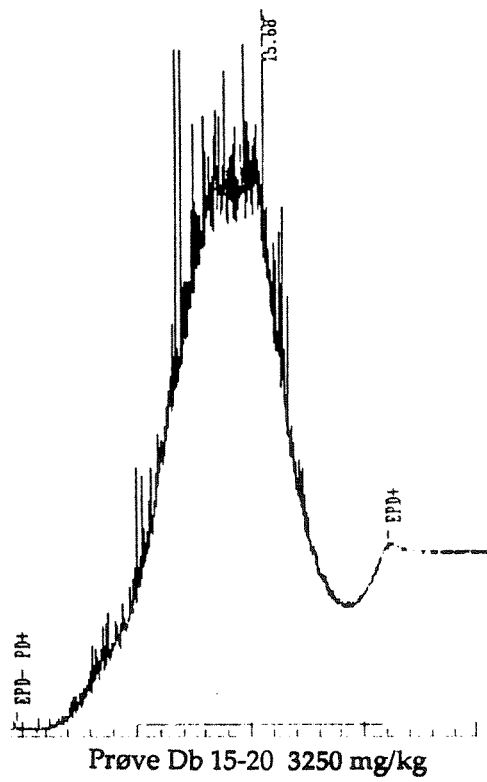
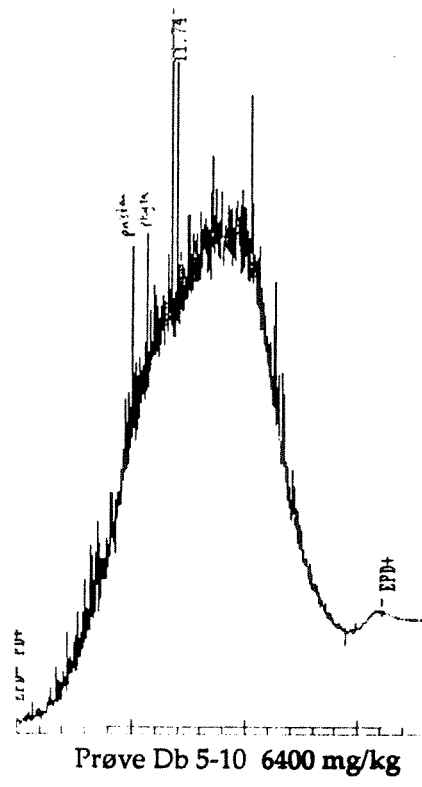
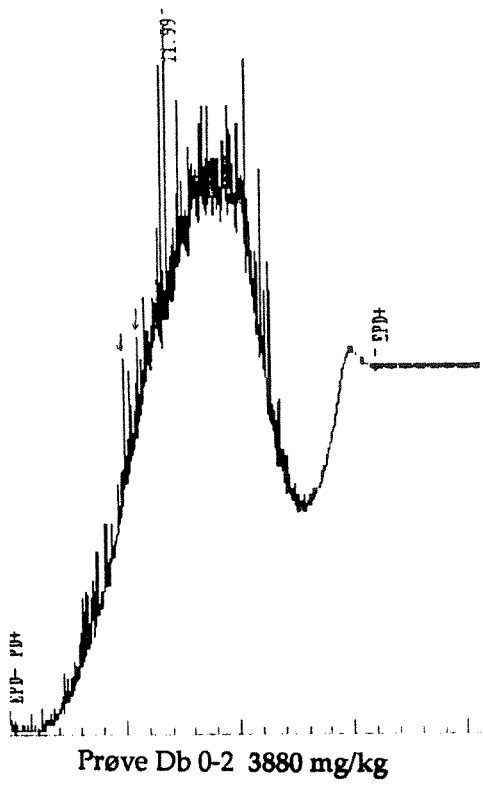
Gasskromatogram av de analyserte prøvene.

Gasskromatogrammene er normaliserte kromatogram (største topp satt til 100% utslag) fra vårt Nelson datasystem.

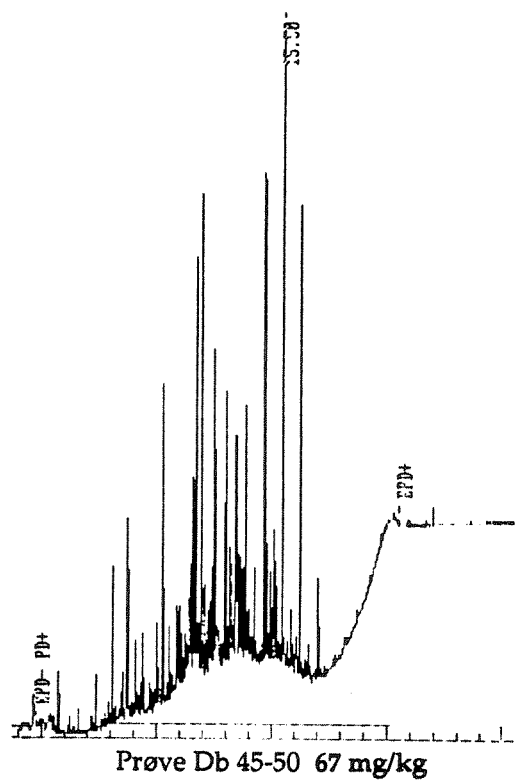
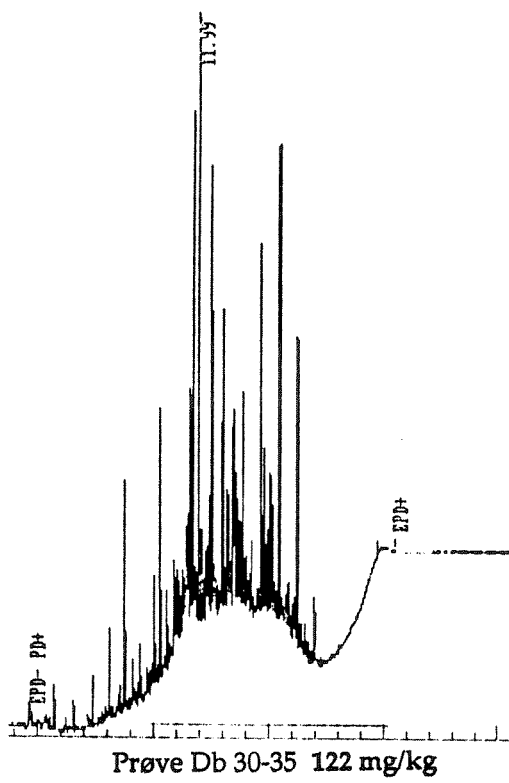
Kromatogrammet av prøve Ff 0-2 inneholder en elektronisk forstyrrelse som gjør at det normaliserte kromatogrammet kun viser denne forstyrrelsen. Figur 9 viser derfor "råkromatogrammet" av denne prøven.



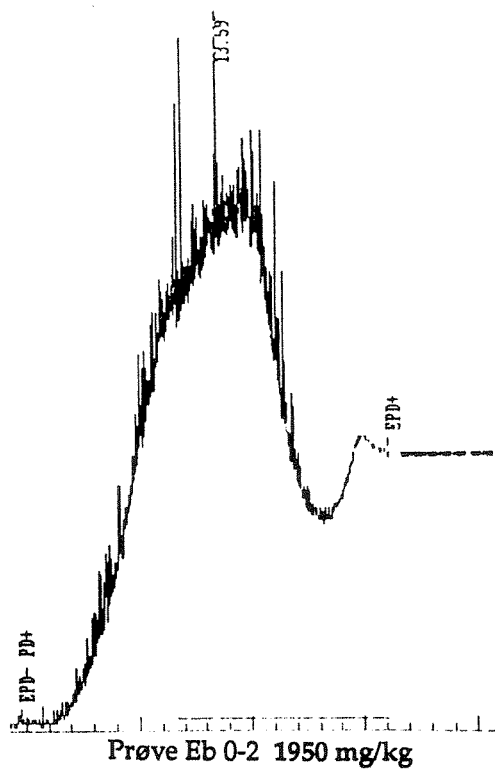
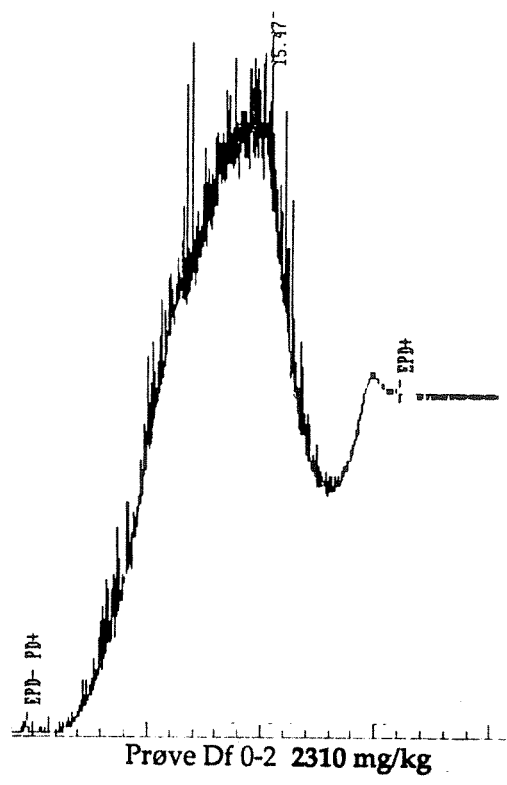
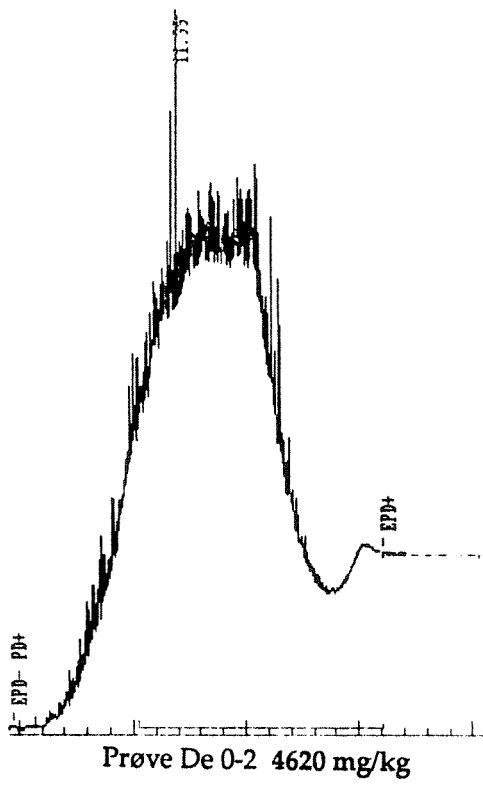
Figur 1: Gasskromatogram av Ba 0-2, Cc 0-2 og Da 0-2



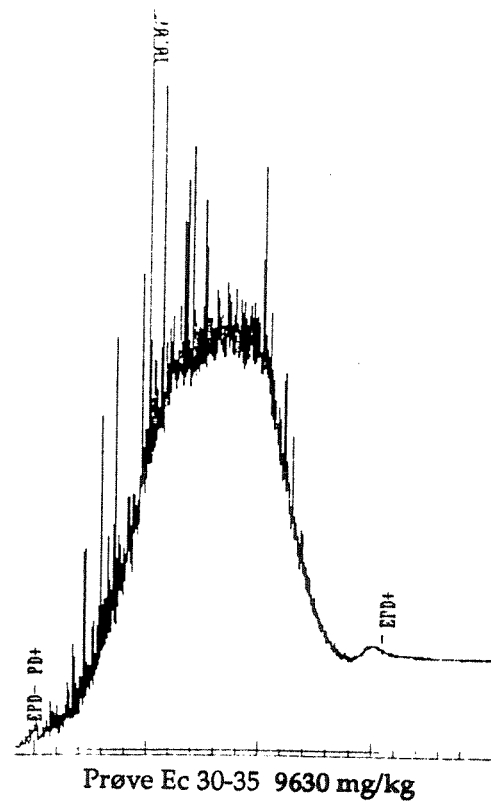
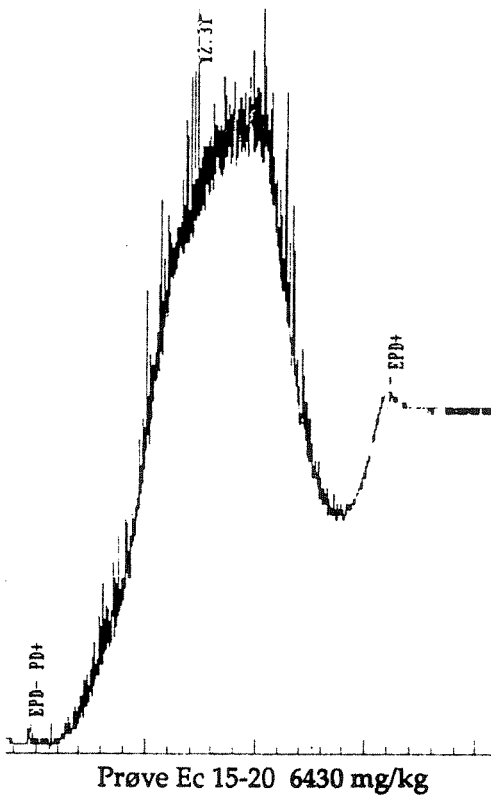
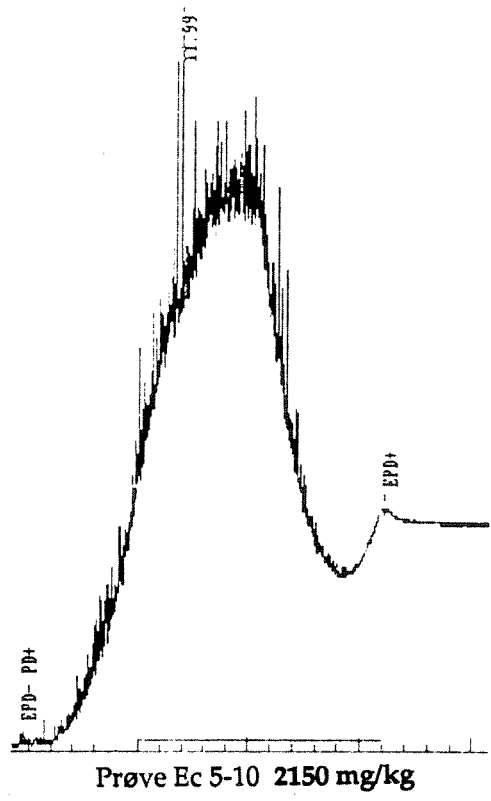
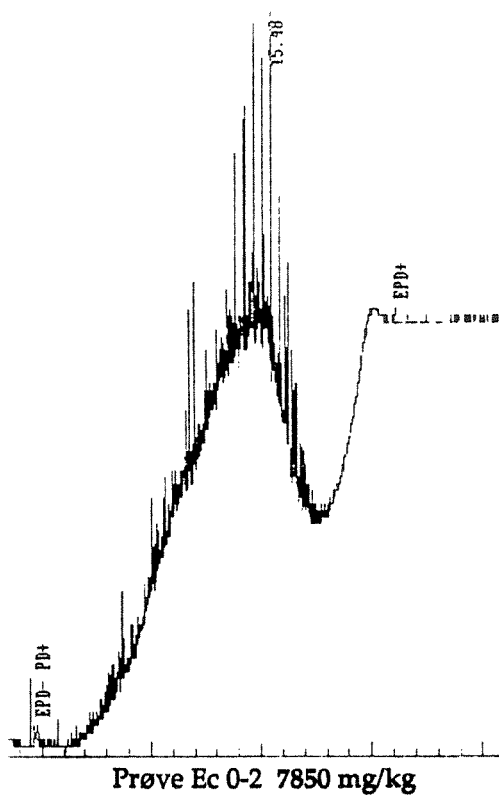
Figur 2: Gasskromatogram av Db 0-2, Db 5-10 og Db 15-20



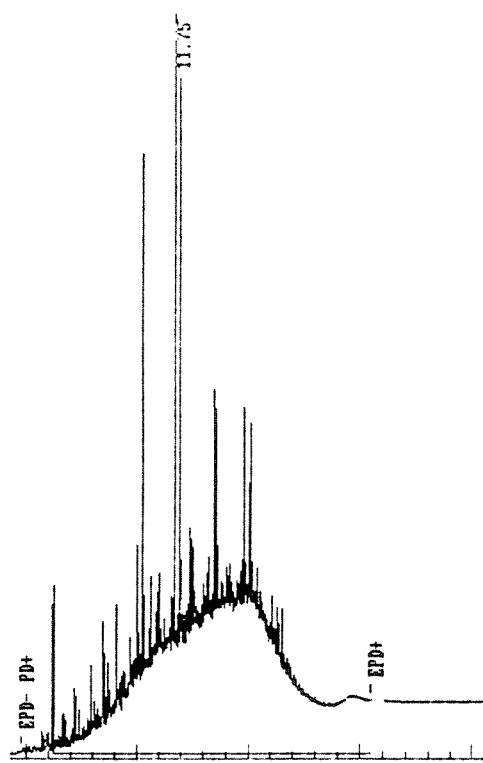
Figur 3: Gasskromatogram av Db 30-35 og Db 45-50



Figur 4: Gasskromatogram av De 0-2, Df 0-2 og Eb 0-2



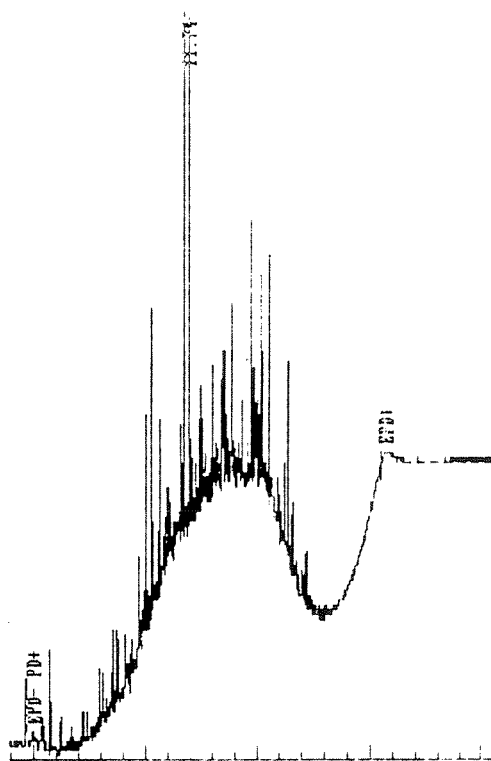
Figur 5: Gasskromatogram av Ec 0-2, Ec 5-10, Ec 15-20 og Ec 30-35



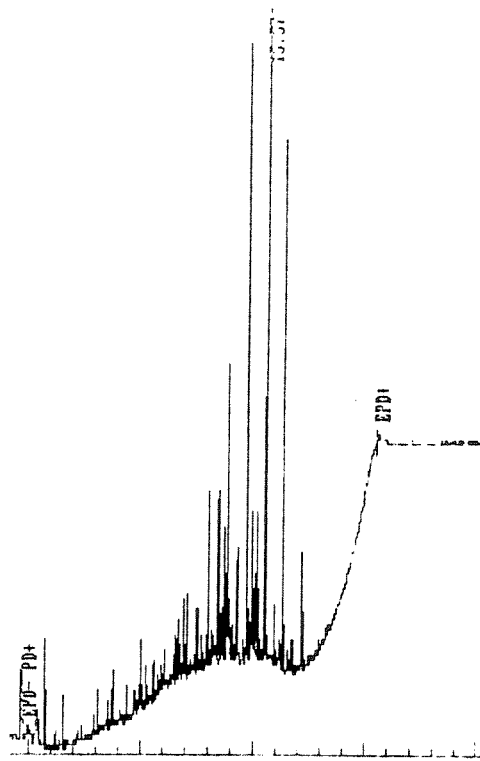
Prøve Ec 45-50 8440 mg/kg



Prøve Ec 60-65 8740 mg/kg

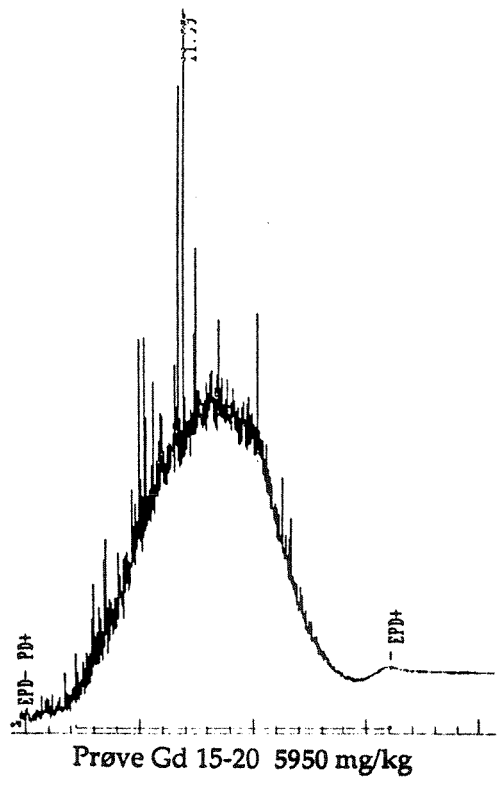
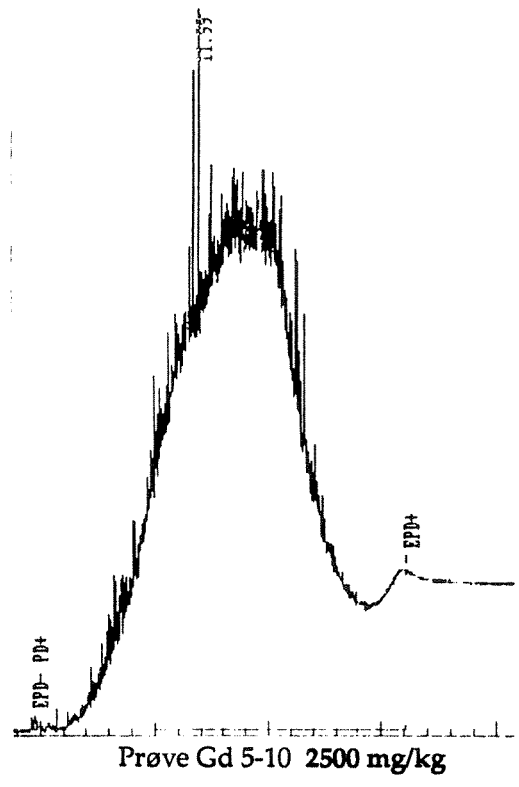
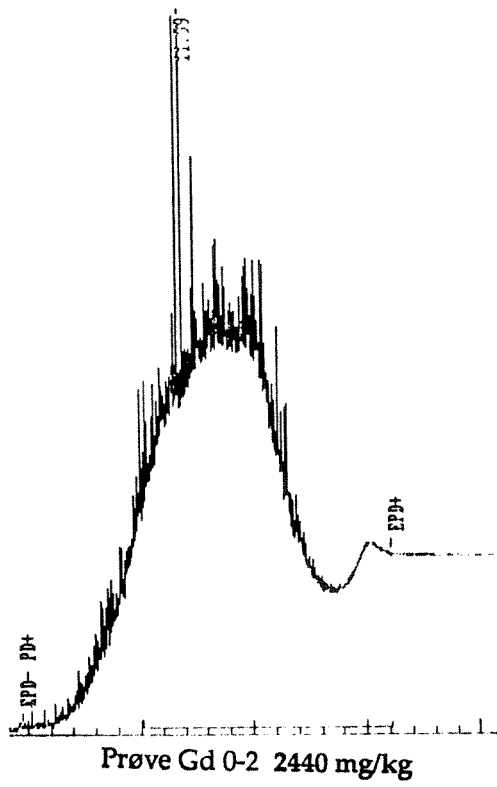


Prøve Ec 80-85 119 mg/kg

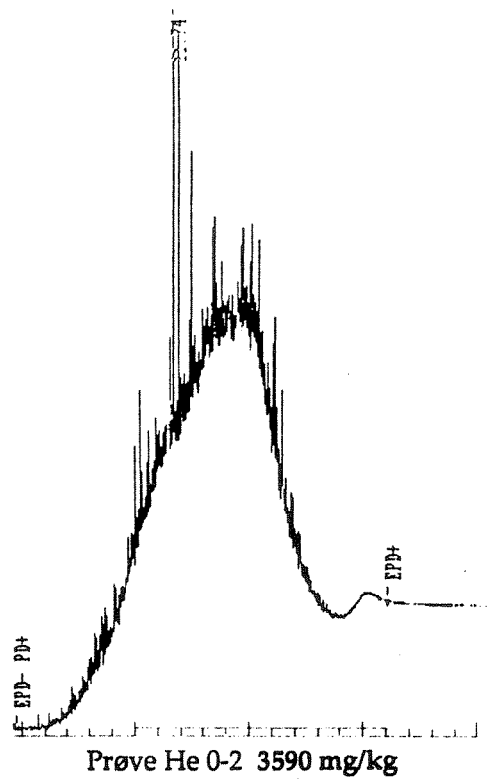
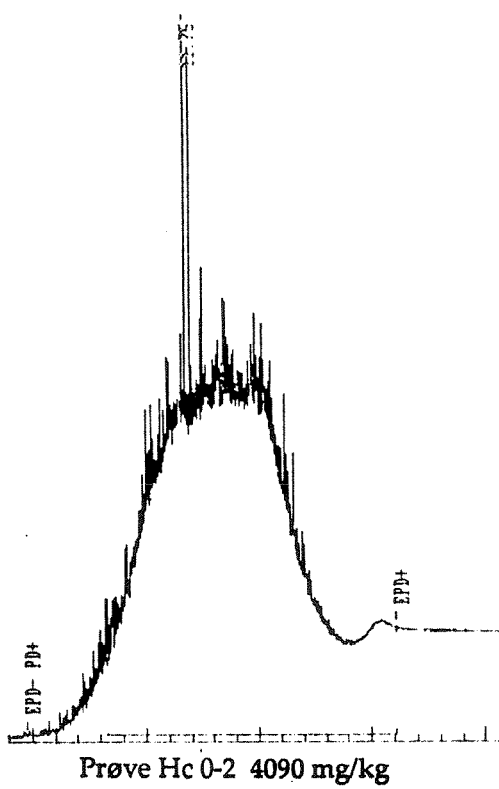
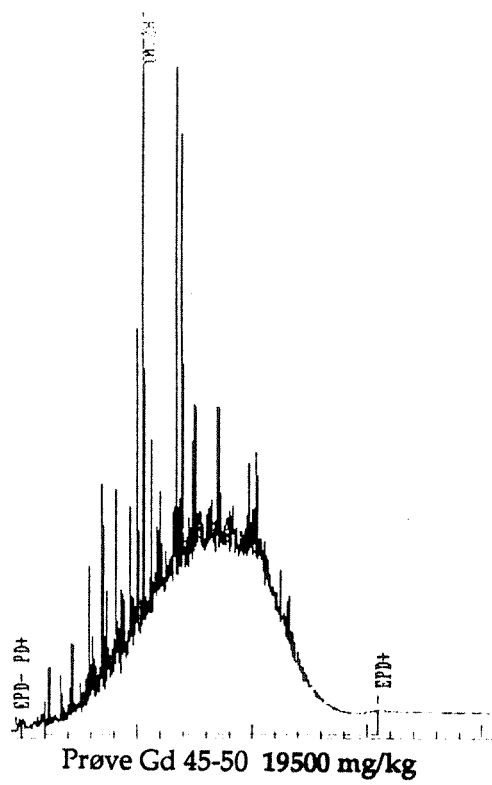
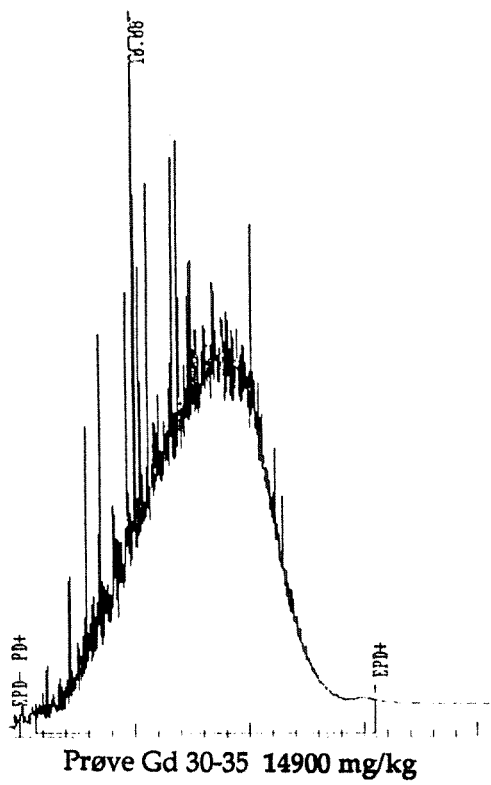


Prøve Ec 100-105 33 mg/kg

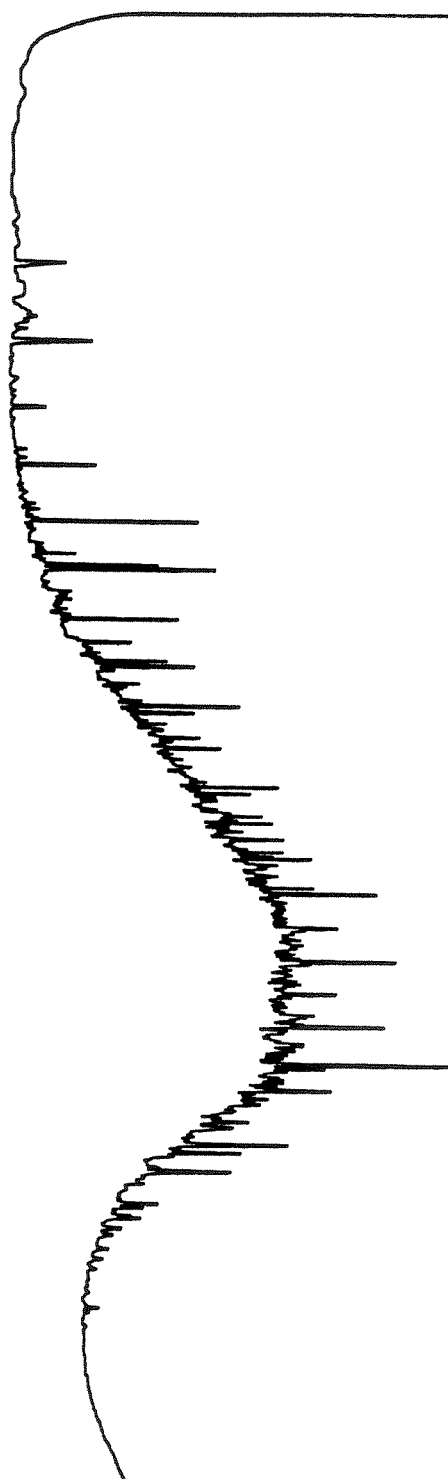
Figur 6: Gasskromatogram av EC 45-50, EC 60-65, Ec 80-85 og EC 100-105



Figur 7: Gasskromatogram av Gd 0-2, Gd 5-10 og Gd 15-20



Figur 8: Gasskromatogram av Gd 30-35, Gd 45-50, Hc 0-2 og He 0-2



Figur 9: Gasskromatogram av Prøve Ff 0-2 60 mg/kg

OV: STOP RUN

VEDLEGG 2

Analysebetingelser for GC :

Gasskromatograf : HP 5880 med autosampler HP 7671 A
GC-kolonne : 12.5 m x 0.20 mm i.d. , fused silica crosslinked with dimethylsilicon

Temperaturer

- Kolonne : 50°C (3 min) - 20°C/min - 350°C (10 min)
- Injektor : 280°C
- Detektor : 350°C

Bæregass : Hydrogen
Injisert volum : 1.0 µl splitless
Datasystem : Nelson

Vedlegg 2.

Rådata for PCB - analyser i sedimenter fra Oslo Havn.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : OSLO HAVN
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 24.02.92
 Lab.kode : NYO
 Jobb.nr. : 92/27
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 20.03.92
 Analytiker : EMB

1: Aa 0-2cm
 2: Da 0-2cm
 3: Id 0-2cm
 4: He 0- 2cm
 5: Gd 0- 2cm
 6: Gd 5-10cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.2	20.0	1.8	0.5	0.6	0.7
a-HCH	<0.2	3.7	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HCB	<0.2	80.0	9.3	3.2	3.9	4.2
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 28	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask
PCB 52	0.5	162.0	47.0	18.0	22.0	22.0
OCS	<0.2	10.0	1.0	0.4	0.4	0.3
PCB 101	1.5	493.0	86.0	31.0	35.0	31.0
p,p-DDE	<0.2	1.9	4.7	5.8	7.4	8.5
PCB 118	0.6	173.0	49.0	22.0	25.0	21.0
p,p-DDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PCB 153	1.4	621.0	87.0	35.0	45.0	37.0
PCB 105	<0.2	<0.2	<0.2	2.7	5.8	3.0
PCB 138	0.4	154.0	76.0	37.0	46.0	39.0
PCB 156	<0.2	5.6	3.9	2.6	3.4	2.6
PCB 180	0.5	359.0	49.0	15.0	18.0	15.0
PCB 209	<0.2	15.0	1.0	0.4	0.4	0.4
SUM						
SUM PCB	4.9	1982.6	398.9	163.7	200.6	171.0
%Fett						
%Tørrstoff	66.3	38.1	32.6	41.4	36.7	46.0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : OSLO HAVN
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 24.02.92
 Lab.kode : NYO
 Jobb.nr. : 92/27
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 20.03.92
 Analytiker : EMB

1: Gd 15-20cm 4:
 2: Gd 30-35cm 5:
 3: Gd 45-50cm 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	0.6	39.0	2.7			
a-HCH	<0.2	1.3	<0.2			
HCb	2.9	207.0	15.0			
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2			
PCB 28	Mask	Mask	Mask.			
PCB 52	32.0	211.0	40.0			
OCS	0.4	33.0	1.8			
PCB 101	58.0	552.0	63.0			
p,p-DDE	3.6	0.9	1.8			
PCB 118	40.0	207.0	37.0			
p,p-DDD	<0.2	<0.2	<0.2			
PCB 153	65.0	675.0	61.0			
PCB 105	1.7	<0.2	<0.2			
PCB 138	64.0	184.0	46.0			
PCB 156	5.1	3.9	2.3			
PCB 180	47.0	428.0	34.0			
PCB 209	0.3	<0.2	<0.2			
SUM						
SUM PCB	313.1	2260.9	278.3			
%Fett						
%Tørrstoff	45.7	50.0	46.0			

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : OSLO HAVN
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.02.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 20.03.92
 Analytiker : EMB

1: Ec 5-10cm
 2: Ec 15-20cm
 3: Ec 30-35cm
 4: Ec 45-50cm
 5: Ec 60-65cm
 6: Ec 80-85cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	3.2	2.0	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1
a-HCH	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1
HCB	20.0	16.0	0.9	0.6	0.9	<0.1
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1
PCB 28	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask
PCB 52	87.0	20.0	312.0	18.0	18.0	0.3
OCS	1.9	1.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1
PCB 101	148.0	35.0	650.0	27.0	20.0	0.3
p,p-DDE	2.7	6.9	3.1	2.4	7.5	<0.1
PCB 118	79.0	21.0	314.0	23.0	12.0	0.1
p,p-DDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1
PCB 153	145.0	42.0	942.0	38.0	30.0	0.6
PCB 105	<0.2	5.0	<0.2	0.6	<0.2	<0.1
PCB 138	91.0	43.0	405.0	34.0	36.0	0.3
PCB 156	3.9	2.9	36.0	2.4	1.6	<0.1
PCB 180	76.0	17.0	630.0	25.0	12.0	0.1
PCB 209	1.8	0.4	1.2	<0.2	<0.2	<0.1
SUM	631.7	186.3	3290.2	186.0	129.6	1.7
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	29.5	28.8	25.0	36.9	34.3	67.1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : OSLO HAVN
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.02.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 20.03.92
 Analytiker : EMB

1: Ec 100-105cm
 2: Db 0- 2cm
 3: Db 5- 10cm
 4: Db 15-20cm
 5: Db 30-35cm
 6: Db 45-50cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.1	0.8	0.2	<0.2	<0.1	<0.1
a-HCH	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1
HCB	<0.1	3.4	1.6	<0.2	<0.1	<0.1
g-HCH	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1
PCB 28	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask	Mask
PCB 52	0.4	23.0	15.0	3.0	0.2	<0.1
OCS	<0.1	0.4	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1
PCB 101	0.5	42.0	21.0	1.7	0.2	<0.1
p,p-DDE	0.1	5.0	5.8	0.3	<0.1	<0.1
PCB 118	0.3	26.0	15.0	0.9	0.1	<0.1
p,p-DDD	<0.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1
PCB 153	0.6	48.0	23.0	1.4	0.4	<0.1
PCB 105	<0.1	<0.2	3.1	<0.2	<0.1	<0.1
PCB 138	0.5	49.0	32.0	1.6	0.3	<0.1
PCB 156	<0.1	2.9	1.6	<0.2	<0.1	<0.1
PCB 180	0.2	25.0	10.0	0.5	0.2	<0.1
PCB 209	<0.1	0.4	0.2	<0.2	<0.1	<0.1
SUM						
SUM PCB	2.5	216.3	120.9	9.1	1.4	<0.1
%Fett						
%Tørrstoff	68.4	36.5	30.3	47.8	64.1	63.8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : OSLO HAVN
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 26.02.92
 Lab.kode : NXU
 Jobb.nr. : 92/29
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 20.03.92
 Analytiker : EMB

1: Cb 0-2cm
 2: Dd 0-2cm
 3: Ec 0-2cm
 4: Fg 0-2cm
 5:
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	2.4	3.1	5.6	0.2		
a-HCH	0.6	0.9	4.3	<0.2		
HCB	9.6	16.0	48.0	1.1		
g-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2		
PCB 28	Mask	Mask	Mask	Mask.		
PCB 52	66.0	77.0	143.0	5.8		
OCS	1.0	1.7	4.2	<0.2		
PCB 101	171.0	156.0	308.0	7.2		
p,p-DDE	1.1	1.7	2.1	2.3		
PCB 118	78.0	83.0	133.0	4.9		
p,p-DDD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2		
PCB 153	259.0	161.0	343.0	12.0		
PCB 105	<0.2	<0.2	<0.2	1.9		
PCB 138	142.0	86.0	127.0	12.0		
PCB 156	6.9	3.7	5.0	0.8		
PCB 180	189.0	89.0	205.0	5.0		
PCB 209	1.7	3.0	3.9	0.2		
SUM	913.6	658.7	1267.9	49.8		
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	42.6	28.2	27.1	59.5		

Vedlegg 3.

Rådata for PAH - analyser i sedimenter fra Oslo Havn.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 26.2.92
 Lab.kode : NXG 1
 Jobb.nr. : 92/27
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 17.3.92
 Analytiker : Brg

1: NXG 1 = Aa C-2 cm
 2: NXG 4 = Da C-2 cm
 3: NXG 12 = Gd C-2 cm
 4: NXG 13 = Gd 5-10 cm
 5: NXG 14 Reanalyse Gd = 15-20 cm
 6: NXG 16 Reanalyse Gd = 45-50 cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	985	1120	983	801	8918	6253
2-M-Naf.	399	506	426	338	1961	3569
1-M-Naf.	567	553	342	270	3032	2018
Bifenyl	145	240	210	200	1886	1400
2,6-Dimetylnaftalen	523	597	348	296	2449	2142
Acenaftylen	199	311	255	248	2825	2129
Acenaften	1625	1969	1049	969	12210	8055
2,3,5-Trimetylnaftalen	241	332	237	172	1356	1336
Fluoren	653	809	742	638	12030	10980
Fenantren	1824	2185	2704	2427	71750	79020
Antracen	526	710	1209	1072	19590	22720
1-Metylfenantren	118	152	337	242	4718	5773
Fluoranten	2875	3120	8059	10140	78810	98700
Pyren	1814	2071	3804	5176	27970	57610
Benz(a)antracen*	1018	1346	2756	3391	17950	26760
Chrysen	962	1315	2493	2942	19160	30680
Benzo(b)fluoranten*	953	1844	2775	3493	16660	20130
Benzo(j,k)fluoranten*	725	1404	2240	2743	13120	20900
Benzo(e)pyren	686	1389	1974	2499	11530	15290
Benzo(a)pyren*	991	1700	2780	3481	15720	22430
Perylen	340	473	737	830	4309	5728
Ind.(1,2,3cd)pyren*	774	1480	2143	2700	9230	13000
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	144	280	414	531	1595	2065
Benco(ghi)perylene	752	1423	1909	2425	9752	12500
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	19839	27329	40926	48024	368531	471188
Derav KPAH(*)	4605	8054	13108	16339	74275	105285
%KPAH	23	29	32	34	20	22
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92014
 Prøver mottatt : 26.2.92
 Lab.kode : NXX
 Jobb.nr. : 92/30
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 19.3.92
 Analytiker : Brg

1: NXX 1 = Bb C-2 cm 4:
 2: NXX 2 = Dc C-2 cm 5:
 3: NXX 3 = Eg C-2 cm 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	93	890	641			
2-M-Naf.	36	360	244			
1-M-Naf.	26	220	195			
Bifenyl	24	159	136			
2,6-Dimetylnaftalen	17	179	114			
Acenaftylen	30	412	243			
Acenaften	25	260	831			
2,3,5-Trimetylnaftalen	9	77	153			
Fluoren	43	420	706			
Fenantren	307	2553	2429			
Antracen	108	1520	953			
1-Metylfenantren	45	342	187			
Fluoranten	1451	14210	6073			
Pyren	796	8930	4101			
Benz(a)antracen*	404	6184	3159			
Chrysen	445	5360	2562			
Benzo(b)fluoranten*	443	7290	3306			
Benzo(j,k)fluoranten*	410	5928	2751			
Benzo(e)pyren	345	4951	2268			
Benzo(a)pyren*	390	6787	3339			
Perylen	172	1790	841			
Ind.(1,2,3cd)pyren*	378	6392	2899			
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	82	1447	674			
Benco(ghi)perylene	383	5506	2424			
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	6462	82167	41229			
Derav KPAH(*)	2107	34028	16128			
%KPAH	33	41	39			
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 26.2.92
 Lab.kode : NXG
 Jobb.nr. : 92/27
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 27.3.92
 Analytiker : Brg

1: NXG 6 = Fb 0-2 cm
 2: NXG 8 = Fa 0-2 cm
 3: NXG 15 = Gd 30-35 cm
 4: NXG 17 = Gd 58-63 cm
 5:
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	641	658	3027	4405		
2-M-Naf.	244	292	1161	1321		
1-M-Naf.	195	282	639	953		
Bifenyl	136	156	480	626		
2,6-Dimetylnaftalen	225	328	778	841		
Acenaftylen	243	226	512	939		
Acenaften	831	1080	1588	2239		
2,3,5-Trimetylnaftalen	153	168	394	637		
Fluoren	706	607	2387	2668		
Fenantren	2429	2016	16454	21089		
Antracen	953	700	4263	5422		
1-Metylfenantren	187	161	1886	2121		
Fluoranten	6073	4104	21719	35040		
Pyren	4101	2835	15303	23483		
Benz(a)antracen*	3159	2181	6288	9663		
Chrysen	2562	1847	7929	13155		
Benzo(b)fluoranten*	3306	2563	5051	8576		
Benzo(j,k)fluoranten*	2751	2211	5040	8440		
Benzo(e)pyren	2268	1820	4018	6854		
Benzo(a)pyren*	3339	2565	4817	8268		
Perylen	841	737	1150	2510		
Ind.(1,2,3cd)pyren*	2899	2364	2898	5080		
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	674	563	415	826		
Benzo(ghi)perylene	2414	2042	3176	5677		
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	41330	32506	111373	170833		
Derav KPAH(*)	16128	12447	24509	40853		
%KPAH	39	38	22	24		
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.2.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 26.3.92
 Analytiker : Brg

1: NYU 2 = EC 5-10 cm
 2: NYU 3 = EC 15-20 cm
 3: NYU 4 = EC 30-35 cm
 4: NYU 5 = EC 45-50 cm
 5: NYU 6 = EC 60-65 cm
 6: NYU 7 = EC 80-85 cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	823	703	993	47120	1061	545
2-M-Naf.	299	265	369	10360	442	131
1-M-Naf.	156	137	193	6300	255	66
Bifenyl	107	103	180	3300	195	39
2,6-Dimetylnaftalen	133	118	212	3040	335	31
Acenaftylen	253	166	281	1680	419	24
Acenaften	286	210	588	16980	502	42
2,3,5-Trimetylnaftalen	61	38	91	1040	257	12
Fluoren	243	300	863	17000	1036	74
Fenantren	1704	1404	3907	176000	6071	298
Antracen	828	487	1727	16600	2582	27
1-Metylfenantren	184	132	569	8900	1215	20
Fluoranten	7057	2859	13060	262600	22860	313
Pyren	4934	2921	6485	187000	10730	255
Benz(a)antracen*	3877	2365	5552	84400	10780	228
Chrysen	2893	1774	5005	114600	9591	238
Benzo(b)fluoranten*	3840	2971	5262	86450	9076	156
Benzo(j,k)fluoranten*	3146	1263	4397	89660	6730	94
Benzo(e)pyren	2621	1827	3560	68200	5751	122
Benzo(a)pyren*	3786	2451	5053	104900	8258	163
Perylen	915	625	1227	24770	1976	115
Ind. (1,2,3cd)pyren*	3579	2392	4812	67800	7079	62
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	936	586	1188	10380	2034	15
Benco(ghi)perylene	2927	2080	3823	62800	5284	60
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	45588	28177	69397	1.5E+06	114519	3130
Derav KPAH(*)	19164	12028	26264	443590	43957	718
%KPAH	42	43	39	30	38	23
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.2.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 26.3.92
 Analytiker : Brg

1: NYU 8 = EC 100-105 cm
 2: NYU 9 = Db 6-2 cm
 3: NYU 10 = Db 5-10 cm
 4: NYU 11 = Db 15-20 cm
 5: NYU 12 = Db 30-35 cm
 6: NYU 13 = Db 45-50 cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	394	788	733	1050	317	545
2-M-Naf.	94	276	334	446	99	124
1-M-Naf.	51	147	178	235	72	77
Bifenyl	49	100	156	154	54	50
2,6-Dimetylnaftalen	23	111	208	198	42	42
Acenaftylen	23	174	636	275	61	56
Acenaften	37	221	249	319	59	52
2,3,5-Trimetylnaftalen		59	59	92	20	26
Fluoren	65	219	235	402	141	133
Fenantren	319	1089	975	1968	937	761
Antracen	32	514	987	704	227	176
1-Metylfenantren	24	120	205	264	96	86
Fluoranten	474	3714	10200	6399	1236	1079
Pyren	339	2543	3607	3930	992	942
Benz(a)antracen*	571	2038	3309	2098	494	470
Chrysen	600	1731	2799	2289	648	611
Benzo(b)fluoranten*	739	2627	3518	2466	487	507
Benzo(j,k)fluoranten*	362	1534	2908	2189	548	410
Benzo(e)pyren	522	1800	2406	1968	445	382
Benzo(a)pyren*	779	2393	3362	2398	590	508
Perylen	389	678	918	751	424	347
Ind.(1,2,3cd)pyren*	298	2130	3182	2007	376	302
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	70	487	747	405	77	59
Benco(ghi)perylene	280	1839	2591	2030	399	319
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	6534	27332	44502	35037	8841	8064
Derav KPAH(*)	2819	11209	17026	11563	2572	2256
%KPAH	43	41	38	33	29	28
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.2.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 27.2.92
 Analytiker : Brg

1: NYU 14 = Db 60-65 cm 4:
 2: NYU 15 = Db 80-85 cm 5:
 3: NYU 16 = Db 100-105 cm 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	709	211	325			
2-M-Naf.	174	48	65			
1-M-Naf.	98	27	37			
Bifenyl	47	18	24			
2,6-Dimetylnaftalen	41	11	14			
Acenaftylen	21	9	9			
Acenaften	90	12	18			
2,3,5-Trimetylnaftalen	31	3	6			
Fluoren	114	20	22			
Fenantren	261	83	80			
Antracen	15	6	7			
1-Metylfenantren	14	11	8			
Fluoranten	53	76	26			
Pyren	60	76	29			
Benz(a)antracen*	18	38	14			
Chrysen	42	89	29			
Benzo(b)fluoranten*	42	121	469			
Benzo(j,k)fluoranten*	25					
Benzo(e)pyren	36	59	54			
Benzo(a)pyren*	26	58	31			
Perylen						
Ind.(1,2,3cd)pyren*	30	30	40			
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)						
Benco(ghi)perylene	34	34	41			
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	1981	1040	1348			
Derav KPAH(*)	141	247	554			
%KPAH	7	24	41			
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Oslo havn
 Oppdragsnr. : 92024
 Prøver mottatt : 27.2.92
 Lab.kode : NYU
 Jobb.nr. : 92/32
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 26.3.92
 Analytiker : Brg

1: 4: NYU 1 = *EG C-2 an*
 2: 5:
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen				327		
2-M-Naf.				113		
1-M-Naf.				66		
Bifenyl				53		
2,6-Dimetylnaftalen				60		
Acenaftylen				118		
Acenaften				119		
2,3,5-Trimetylnaftalen				30		
Fluoren				152		
Fenantren				787		
Antracen				430		
1-Metylfenantren				95		
Fluoranten				3549		
Pyren				1965		
Benz(a)antracen*				1642		
Chrysen				1327		
Benzo(b)fluoranten*				1797		
Benzo(j,k)fluoranten*				1447		
Benzo(e)pyren				1238		
Benzo(a)pyren*				1807		
Perylen				489		
Ind.(1,2,3cd)pyren*				1622		
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)				378		
Benco(ghi)perylene				1378		
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM				20989		
Derav KPAH(*)				8693		
%KPAH				41		
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2076-3