



TEKNISK RAPPORT

FYLKESMANNEN I ROGALAND - MILJØVERNAVDELINGEN

KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I BANGARVÅGEN
OG VÅGEN I STAVANGER HAVN

RAPPORT NR. 2003-0067

REVISJON NR. 01

DET NORSKE VERITAS



TEKNISK RAPPORT

Dato for første utgivelse: 05-02-2003	Prosjekt nr.: 64501204
Godkjent av: Odd Reidar Humlegård Marked Sector Leader	Organisasjonsenhet: Service Area SHE Management
Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Rogaland (MVA)	Oppdragsgiver ref.: Kjersti Myhre

DET NORSKE VERITAS
DNV Consulting

Veritasveien 1

1322, Høvik Norway
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
<http://www.dnv.com>
NO 945 748 931 MVA.

Sammendrag:

Kildekartleggingen gjennomført i Bangarvågen og Vågen i 2002 har identifisert en rekke mulige kilder til miljøgiftene som er påvist i sjøsedimentene. I Bangarvågen er trolig "Essobasen", Kværner Rosenberg, Kommunalt deponi og brannøvingsfelt på Tømmerodden de viktigste kildene, mens deponerte masser fra "gassverkstomta" og generell havneaktivitet over lang tid trolig er kildene i Vågen.

Resultatene fra sedimentundersøkelsen indikerer at sedimenter i Bangarvågen er forurensset ned til 20-30 cm, men det kan allikevel ikke utelukkes at forurensingen går dypere på enkelte lokaliteter da dette kun er basert på prøver fra 3 stasjoner. I Vågen ble det påvist høyt innhold av organiske miljøgifter ned til 25 cm på begge stasjonene som ble undersøkt. Dette indikerer at sedimenter i Vågen er forurensset ned til et sedimentdyp på mer enn 25 cm.

Analyseresultater fra prøver fra toppsjikt, mellomsjikt og dypere lag av sedimentprofilen gir ikke grunnlag til å identifisere kildene med sikkerhet eller om det fortsatt er tilførsel av forurensning til sjøen.

Rapport nr.: 2003-0067	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I BANGARVÅGEN OG VÅGEN I STAVANGER HAVN		
Utført av: Liv Marte Ness, Erik Bjørnbom og Thomas Møskeland		
Verifisert av: Tor Jensen		
Dato for denne revisjon: 21.02.03	Rev. nr.: 01	Antall sider: 38

Indekseringstermer

Kildekartlegging, forurensningskilder, sedimenter, miljøgifter, tungmetaller, PCB, PAH, benzo(a)pyrene, TOC, kornstørrelse og Stavanger Havn

☒ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdrags-giver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år

☐ Strengt konfidensiell

☐ Fri distribusjon

**Innholdsfortegnelse****Side**

1	SAMMENDRAG	1
2	INNLEDNING	2
2.1	Områdebeskrivelse Bangarvågen	3
2.2	Områdebeskrivelse Vågen	3
2.2.1	Områdebeskrivelse	3
3	MATERIALE OG METODER.....	5
3.1	Kildekartlegging	5
3.2	Sedimentundersøkelsen	6
3.3	Feltarbeid	6
3.3.1	Personell / Fartøy	6
3.3.2	Utstyr	6
3.3.3	Gjennomføring av feltarbeid	7
3.4	Analyser	10
3.4.1	PAH/PCB-analyse	11
3.4.2	Metall-analyse	11
3.4.3	Total organisk karbon (TOC) i jord og sedimenter	11
3.4.4	Bestemmelse av fraksjon <0,063 mm i jord og sediment.	11
3.5	Klassifisering av resultatene i henhold til SFT 97:03	12
3.5.1	PCB i sedimenter	12
3.5.2	TOC/kornstørrelser vurderinger	12
4	KARTLEGGING AV POTENSIELLE KILDER TIL FORURENSNING.....	13
4.1	Potensielle kilder i Bangarvågen	13
4.1.1	Innledning	13
4.1.2	Potensielle kilder i nordlige del av Bangarvågen	13
4.1.3	Potensielle kilder i østlig del av Bangarvågen	15
4.1.4	Potensielle kilder på Tømmerodden	16
4.1.5	Potensielle kilder lenger sør- Kværner Rosenberg	17
4.2	Potensielle kilder i Vågen	19
4.2.1	Innledning	19
4.2.2	Østre del av Vågen	19
4.2.3	Vestre del av Vågen	20
5	SEDIMENTUNDERSØKELSE	21
5.1	Innledning	21
5.1.1	Bangarvågen	22
5.1.1.1	TOC og kornstørrelse	22
5.1.1.2	Metaller	22
5.1.1.3	Organiske miljøgifter	26

TEKNISK RAPPORT

5.1.2	Vågen	29
5.1.2.1	TOC og kornstørrelse	29
5.1.2.2	Metaller	29
5.1.2.3	Organiske miljøgifter	33
6	KONKLUSJON.....	36
6.1	Bangarvågen	36
6.2	Vågen	37
7	REFERANSER	38
Appendiks A Kart fra kildekartlegging		
Appendiks B Analyseresultater		
Appendiks C Bilder		
Appendiks D SFT klassifisering		
Appendiks E SFT forklaring på PCB omregning		
Appendiks F Stasjonskart & Posisjoner		
Appendiks G PCB - profiler		



1 SAMMENDRAG

Kildekartleggingen gjennomført i Bangarvågen og Vågen i 2002 har identifisert en rekke mulige kilder til miljøgiftene som er påvist i sjøsedimentene. I Bangarvågen er trolig "Essobasen", Kværner Rosenberg, Kommunalt deponi og brannøvingsfelt på Tømmerodden de viktigste kildene, mens deponerte masser fra "gassverkstomta" og generell havneaktivitet over lang tid trolig er kildene i Vågen.

Resultatene fra sedimentundersøkelsen indikerer at sedimenter i Bangarvågen er forurenset ned til mellom 20-30 cm, men det kan allikevel ikke utelukkes at forurensingen går dypere på enkelte lokaliteter da dette kun er basert på prøver fra 3 stasjoner. I Vågen ble det påvist høyt innhold av organiske miljøgifter ned til 25 cm på begge stasjonene som ble undersøkt. Dette indikerer at sedimenter i Vågen er forurenset ned til et sedimentdyp på mer enn 25 cm.

Analyseresultater fra prøver fra toppsjikt, mellomsjikt og dypere lag av sedimentprofilen gir ikke grunnlag til å identifisere kildene med sikkerhet eller om det fortsatt er tilførsel av forurensning til sjøen. Grunnen til dette er at konsentrasjonforskjellen i de ulike sjiktene er for små, og at antall prøver for lite (i tidligere undersøkelser har kun toppsjiktet blitt undersøkt).



2 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultater fra kartleggingen av potensielle forurensningskilder på land samt gjennomføringen og resultater fra sedimentundersøkelsen i Bangarvågen og Vågen.

Undersøkelsene er en videreføring av tidligere undersøkelser i Bangarvågen og Vågen og er basert på brev fra Fylkesmannen (ref:2001/4181 Arkivnr: 461.51). Den har som målsetting å styrke beslutningsgrunnlaget i forhold til å redusere problemet med forurenset sjøbunn i Stavangerområdet ved å følge opp og supplere tiltaksplanen "Miljørapport nr.1-2002" utarbeidet av Fylkesmannen (Fylkesmannen i Rogaland i 2002).

Kart over Stavanger og områder i Stavanger Havn med kostholdsråd er vist i figur 2.1, mens avgrensningen til undersøkelsesområdene i Bangarvågen og i Vågen er vist i henholdsvis figur 2.2 og figur 2.3.

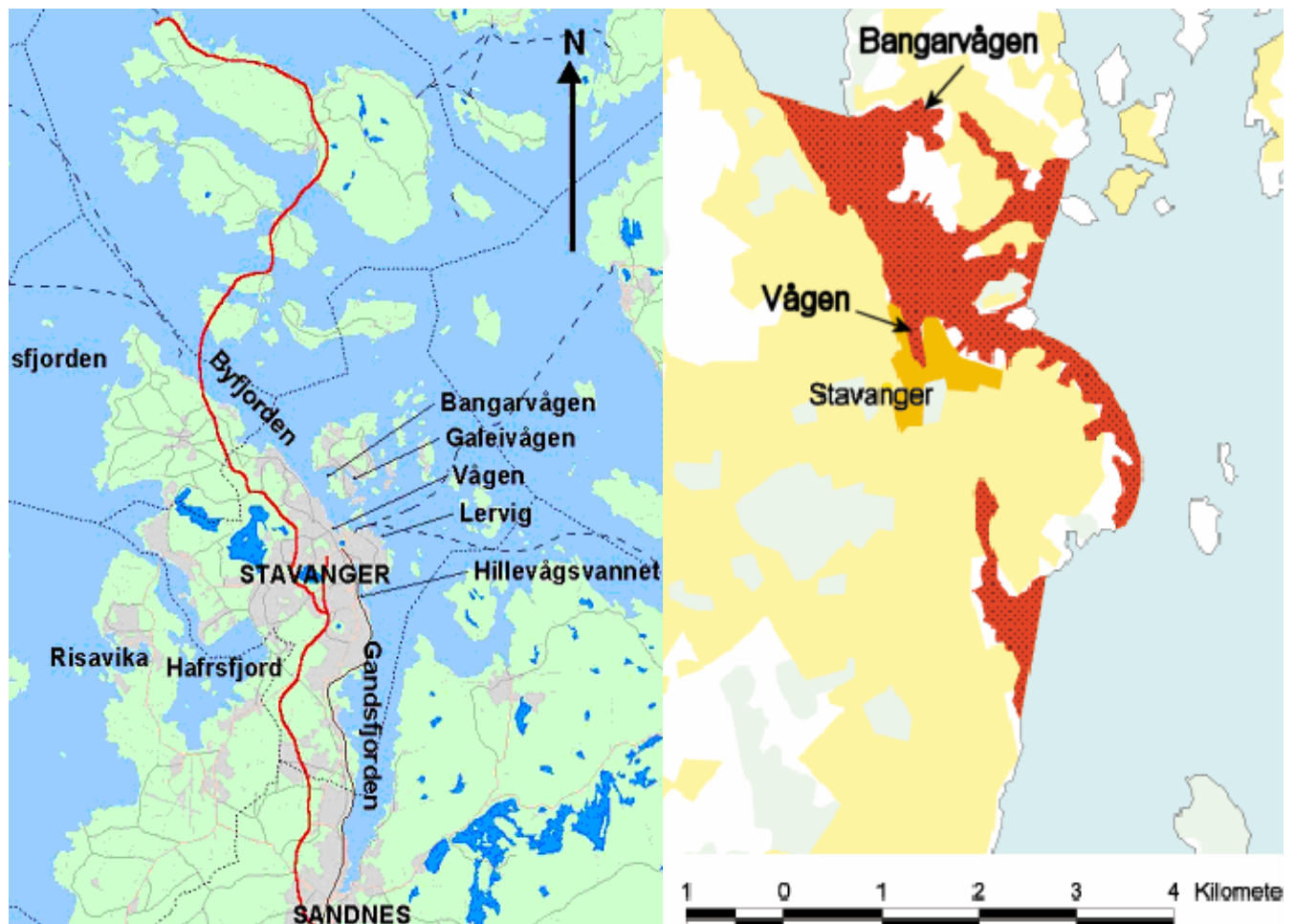


Fig 2.1 Kart over Stavanger som viser plassering av Bangarvågen og Vågen samt områder med kostholdsråd (gult og rødt til høyre). Kartene er hentet fra "Miljørapport nr.1-2002" (Fylkesmannen i Rogaland 2002).



2.1 Områdebeskrivelse Bangarvågen

Bangarvågen (figur 2.2) er åpen mot vest med største dyp vest for Ulsnesgrunnen. Bangarvågen blir kraftig innsnevret ved Tømmerodden og Kuholmen før den igjen vider seg ut. Bangarvågen er omgitt av boligområder og forsvarets base ved Ulsnes i nord. Kværner Oil & Gas dominerer i sør. Verftsområdet på Buøy (i dag Kværner) ble bygget opp frem mot og under 1. verdenskrig. I perioden 1956 til 1970 var det også en kommunal fyllplass på land i Bangarvågen (NGU, 1989). En geografisk avgrensning av området er basert på resultater fra tidligere prøvetaking samt beskrivelsen i tiltaksplanen. Bangarvågen er på bakgrunn av resultater fra tidligere undersøkelser og beskrivelsen i tiltaksplanen definert som området vist i figur 2.2.

Strømforholdene i ytre del av Bangarvågen er beskrevet som gode, mens strømforholdene i indre deler sannsynligvis er dårligere grunnet innsnevringen ved Tømmerholmen og Kuholmen, og mulig virveldannelse i det indre bassenget. Skipstrafikken i området er relativt stort slik at det er antatt stort potensiale for propellerosjon av sedimenter, noe som indikeres av lavt innhold av finstoff i sedimentet.

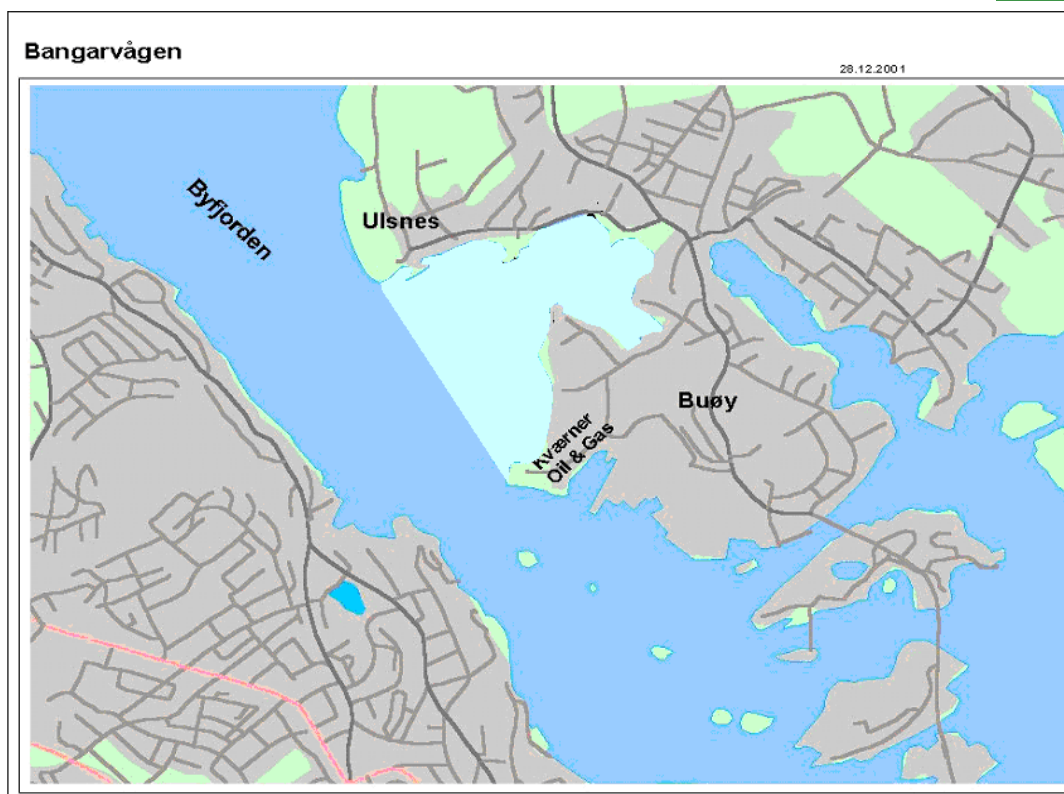
2.2 Områdebeskrivelse Vågen

2.2.1 Områdebeskrivelse

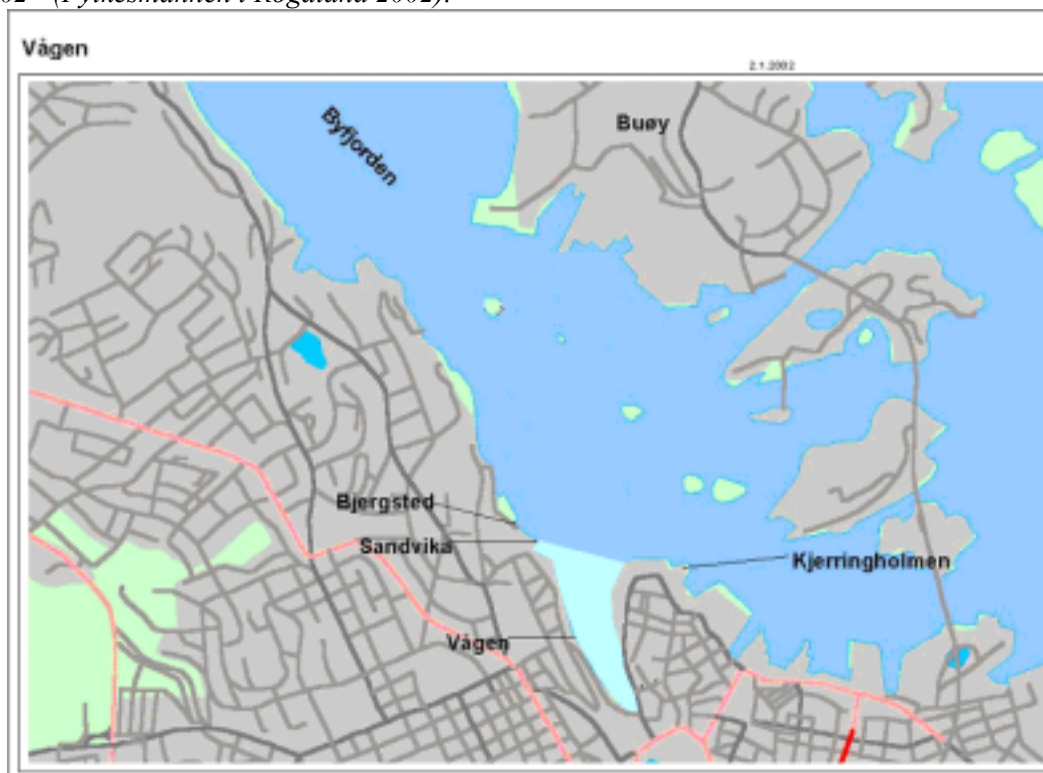
Vågen er en del av Stavanger sentrum. Gjestehavnen er lokalisert i Vågen, og det er også anløp av cruisebåter i Vågen. År 2000 var et rekordår med hensyn på antall cruiseanløp (50 mot 28 i 1999). Ytterst i Vågen på vestsiden ligger utenriksterminalen med anløp av passasjerferje ca. 210 ganger i året. På Vågens østside er det anløp av mange typer skip, fra mindre passasjerbåter til militære fartøy.

Strømforholdene i Vågen er dårlige grunnet at det er relativt godt skjermet. Oppvirvlingspotensialet (propellerosjon) er sannsynligvis stort med mange anløp hvert år og stor småbåttrafikk.

Vågen er på bakgrunn av resultater fra tidligere undersøkelser og beskrivelsen i tiltaksplanen definert som området vist i figur 2.3.



Figur 2.2 Undersøkelsesområdet i Bangarvågen (lyseblått område). Kartet er hentet fra "Miljørapport nr.1–2002" (Fylkesmannen i Rogaland 2002).



Figur 2.3 Undersøkelsesområdet i Vågen (lyseblått område). Kartet er hentet fra fylkesmannens rapport "Miljørapport nr.1–2002" (Fylkesmannen i Rogaland 2002).



3 MATERIALE OG METODER

3.1 Kildekartlegging

I denne undersøkelsen er potensielle landbaserte kilder som kan forurensede sedimentene i Bangarvågen og Vågen kartlagt. Det er gjort en vurdering av hvilke forurensninger som kan finnes i grunnen i de kartlagte områdene på land. Det er også gjort en vurdering om kildene er aktive, ved at de gjennom avrenning forurenses Bangarvågen og Vågen.

Følgende etater/bedrifter har bidratt med informasjon om potensielle kilder:

- Forsvarsbygg ved Egil Danielsen
- Stavanger kommune ved Kjersti Ohr
- Kværner Rosenberg ved Rolf Norås Pettersen
- Stavanger Interkommunale Havn IKS ved Finn P. Olsen
- Fylkesmannen i Rogaland ved Kjersti Myhre

Informasjon om de ulike områdene ble presentert av de ovennevnte personene på et møte holdt hos Fylkesmannen i Rogaland tirsdag 19. november. Samme dag ble det gjort en befaring av deler av de berørte områdene i Bangarvågen (forsvarets orlogsstasjon på Ulsnes, samt de deler av Kværner Rosenbergs område som grenser mot innerste del av Bangarvågen). Videre ble det gitt ytterligere informasjon av møtedeltagerne etter møtet.

For Bangarvågen og Vågen er følgende vurdert:

- Utfyllingsområder langs sjøen er avdekket og det er vurdert hvorvidt utfyllingsmassene kan inneholde miljøgifter.
- Tidligere og nåværende industri i områdene langs Bangarvågen og Vågen er kartlagt. Deretter er det vurdert hvilke komponenter (tungmetaller, organiske miljøgifter) som er mulige grunnforurensninger ut fra kjennskap til slik industri.
- Tidligere og nåværende utslippspunkter for kloakk og overvann til sjø er kartlagt.

Bakgrunns materialet er som følger:

- I vekst og forandring. Rosenberg Verft 100 år. 1896-1996.
- Kart fra 1937 og 1954 fra Stavanger kommune.
- Kart over vann og avløp fra Stavanger kommune fra 2002.
- Undersøkelse av forurensningen av sedimentene i Stavanger Interkommunale Havn. (Moen 2001).
- SFTs database for deponier og forurenset grunn.



3.2 Sedimentundersøkelsen

3.3 Feltarbeid

Feltarbeidet med innsamling av sedimentprøver til kjemiske analyser ble gjennomført 20. november 2002.

3.3.1 Personell / Fartøy

Toktet ble gjennomført fra skøyta "TRIO" tilhørende Hans Magne Rosså (figur 3.1). Foruten skipper deltok Erik Bjørnbom (toktleder) og Lars Petter Myhre fra DNV.



Figur 3.1 Fartøyet til kai i Stavanger.

3.3.2 Utstyr

Prøvetakingen ble gjennomført med følgende utstyr:

- "Abdullah corer" som kan innhente sedimentkjerner på opptil 100 cm lengde. Coreren er modifisert, slik at en kan montere ekstra lodd for å øke penetreringsevnen i sandig (hardt) sediment
- KC van Veen grabb (0,1 m² overflateareal)
- Sedimentkutter

Kjølebager ble benyttet til lagring av prøver i forbindelse med feltarbeidet. Noe av utstyret er vist i figur 3.2.



Figur 3.2. "Abdullah corer"(venstre), sedimentkutter (midten), og KC van Veen grabb (høyre).

3.3.3 Gjennomføring av feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført i henhold til planlagt program (THM/aaaac6r, datert 18.10.02) samt kommentarer/endringer i e-post til Kjersti Myhre datert 28.10.02 med unntak av følgende:

- Det ble i tillegg innhentet sedimentprøver fra en ekstra stasjon (Ny 4 Bangarvågen).
- I programmet ble det oppgitt at noen av sedimentkjernene skulle fryses ned hele. Dette ble ikke gjort da kjernene var kortere enn planlagt. Det ble da valgt å sjikte prøvene i finere vertikalsjikt (0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20 og 20-25 cm mot 0-10, 20-40 og 40-70 cm), slik at flere analyser kan gjennomføres senere.
- Det ble gjort forsøk på å hente inn prøver ved hjelp av kjerneprøvetaker ("corer") på alle stasjonene, men på grunn av sandig sediment ble prøvene fra to stasjoner tatt ved hjelp av grabb.

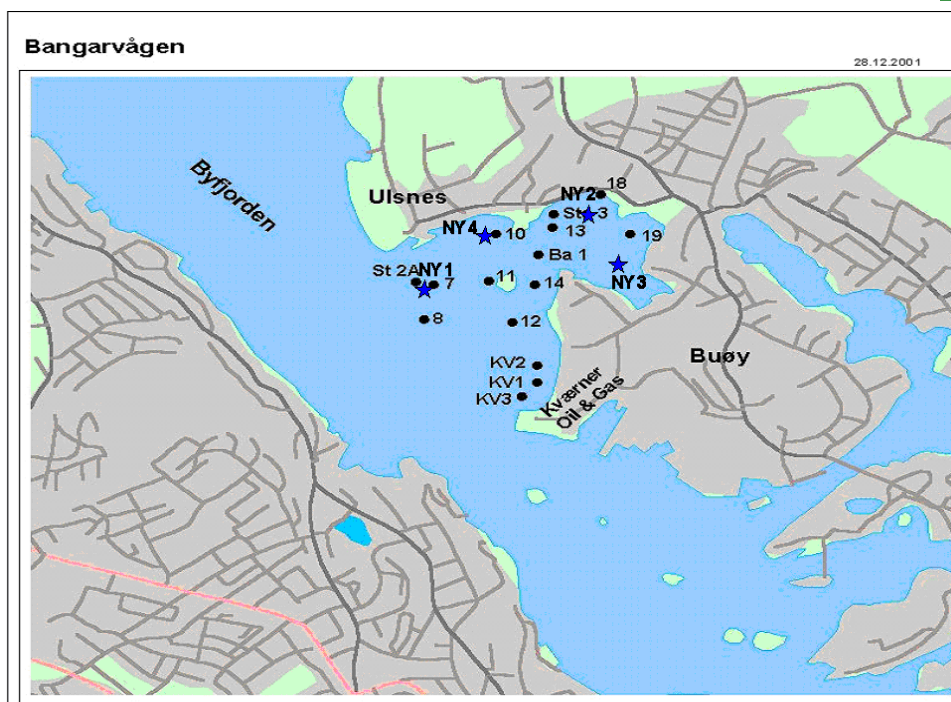
Prøvetakingen ble utført i henhold til DNVs akkrediterte prosedyrer for slikt arbeid.

Tabell 3.1 angir prøvepunkter og hvilke aktiviteter som ble gjennomført på hvert enkelt punkt, Figur 3.3 og 3.4 viser stasjonskart med planlagte posisjoner. Kartene viser både stasjonene hvor det ble gjennomført prøvetaking av DNV i 2002 og tidligere prøvepunkter i perioden 1993-2002.

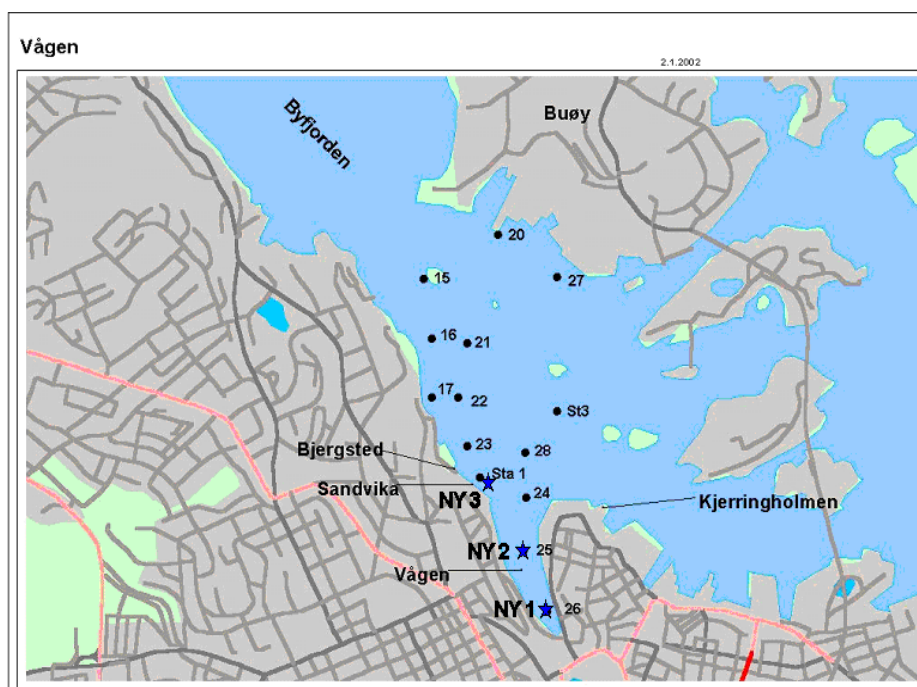


Tabell 3.1. Oversikt over prøvetaking i Bangarvågen og Vågen, Stavanger Havn, 20. november 2002. Det ble samlet inn 6 replikate prøver på hver stasjon. Koordinatene er gitt i desimalgrader (datum: WGS 84).

Bangarvågen	Dyp (m)	Gr. N	Min. N	Gr. Ø	Min. Ø	Utstyr	Sjikt (cm)
Ny 1	30	58	59,379	5	42,928	Grabb	0-2, 2-5, 5-10, 10-13, 0-10 (grabb), 0-10 (corer)
Ny 2	8	58	59,531	5	43,300	Corer	0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-34 (liten)
Ny 3	8	58	59,440	5	43,511	Corer	0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20 og 0-10
Ny 4	6-8	58	59,492	5	43,076	Corer	0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-23 (liten) og 0-10
Vågen							
Ny 1	18	58	58,336	5	43,720	Corer	0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-23 og 0-10
Ny 2	26-27	58	58,415	5	43,672	Corer	0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 og 0-10
Ny 3	36	58	58,557	5	43,471	Grabb	0-2, 2-5, 5-10, 10-13 og 0-10



Figur 3.3 Stasjonsplassering i Bangarvågen. Blå stjerner viser DNV-stasjoner 2002, mens sorte sirkler markerer stasjoner som er prøvetatt i perioden 1993-2001. DN- stasjonene er plassert manuelt på kartet, posisjoner er gitt i tabell 3.1. Kartet er hentet fra "Miljørapport nr.1-2002" (Fylkesmannen i Rogaland 2002).



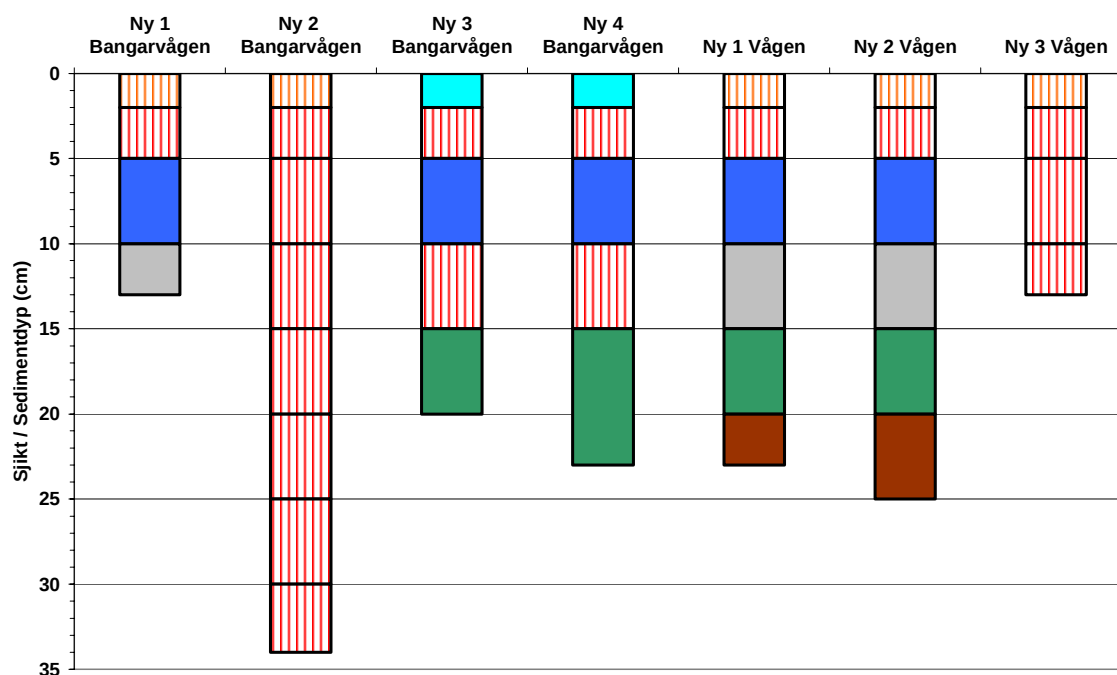
Figur 3.4 Stasjonsplassering i Vågen. Blå stjerner viser DNV-stasjoner 2002, mens sorte sirkler markerer stasjoner som er prøvetatt i perioden 1993-2001. DNV-stasjonene er plassert manuelt på kartet, posisjoner er gitt i tabell 3.1. Kartet er hentet fra "Miljørapport nr.1-2002" (Fylkesmannen i Rogaland 2002).



3.4 Analyser

Av de innhentede prøvene ble et utvalg av sjikt sendt til SINTEF Kjemi for analyse. Alle prøvene ble analysert av SINTEF Kjemi, med unntak av prøver til analyse av TOC og kornstørrelse som ble analysert av Jordforsk Lab. Resterende sjikt og overskuddsmateriale fra analysene oppbevares med tanke på fremtidige analyser (lagres i ett år).

På bakgrunn av tidligere undersøkelser (NIVA 1995, NIVA 1996 og Moen 2001) og samtale med oppdragsgiver, ble det vurdert som hensiktsmessig å få mest mulig informasjon om sedimentstatus nedover i sedimentet. Dette resulterte i at ikke alle overflatesjiktene ble analysert i denne undersøkelsen. Figur 3.5 viser hvilke sjikt som ble sendt til analyse, prøver uten mønster ble sendt til analyse (16 stk.), mens prøver med vertikale striper indikerer prøver som ikke enda er analysert (22 stk.). Prøvene ble analysert for tungmetallene tinn, kobber, sink, bly, nikkel, krom, kadmium og kvikksølv, de organiske miljøgiftene PAH og PCB samt organisk karbon (TOC) og kornstørrelse (over og under 63 µm). Prøvingsrapporten fra SINTEF Kjemi er vedlagt i appendiks B.



Figur 3.5 Prøver sendt til analyse er angitt uten mønster i figuren. Sedimentet ble analysert for tungmetallene tinn, kobber, sink, bly, nikkel, krom, kadmium og kvikksølv, de organiske miljøgiftene PAH og PCB samt organisk karbon (TOC) og kornstørrelse (over og under 63 µm).

**Følgende akkrediterte analyseforskrifter ble benyttet:**

- Polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, i sediment og jord (KS 66-40-A-504).
- Polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimenter, slam og jord (KS 66-40-A-501).
- Bestemmelse av metaller i sedimenter (KS 66-40-A-503).
- Bestemmelse av tørrstoff er ikke akkreditert.

3.4.1 PAH/PCB-analyse

Det ble tilsatt interne standardblandinger, og prøvene ble ekstrahert med diklormetan/metanol/vann i ultralydbad og på ristebord. Etter bytting av løsemiddel til chykloheksan, ble prøvene rensset med acetonitril. Ekstraktene ble analysert på en gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MS). Til identifisering av de forskjellige PAH/PCB-komponentene ble den enkelte forbindelses molekyl ion innenfor et bestemt tidsintervall registrert. De enkelte PAH/PCB komponentene ble kvantifisert ved hjelp av standardblandinger og de tilsatte indre standarder.

3.4.2 Metall-analyse

Jordprøvene ble tørket ved 40°C og fraksjonen mindre enn 0,5 mm ble ekstrahert i 7M salpetersyre i henhold til NS 4770. Alle metallene er bestemt (ekskl Hg) med ICP-AES. Hg blir bestemt med CVAAS.

3.4.3 Total organisk karbon (TOC) i jord og sedimenter

Prøven knuses i agatmorter og tilsettes 2 M HCl for å fjerne eventuelt uorganisk karbon (karbonater). Etter inndamping til tørrhet veies prøven inn i en tinnkapsel og forbrennes ved 925°C. Forbrenningsgassene bli separert i en GC-kolonne og detektert ved hjelp av varmetrådsdetektor. Instrument: Perkin Elmer 2400 CHN

Kvantifiseringsgrense: Total organisk karbon 0,1 %

3.4.4 Bestemmelse av fraksjon <0,063 mm i jord og sediment.

Prøven tørkes ved 105°C, veies og finfraksjonen vaskes (våtsiktes) igjennom 0,063 mm sikt med vann. Fraksjon >0,063 mm tørkes ved 105°C og veies. Differansen defineres som fraksjon <0,063mm og oppgis i % av tørket (105°C) materiale.



3.5 Klassifisering av resultatene i henhold til SFT 97:03

Tilstandsklassifiseringen som blir gjengitt i denne rapporten følger SFT sin klassifisering gitt i veiledning 97:03 (SFT 1997) med unntak PCB (se kommentar i 3.5.1). Veilederen påpeker videre at:

"Klassifiseringssystemet for marine sedimenter er beregnet for finkornige sedimenter (leire-silt). Sedimenter med innslag av grus og grov sand vil ikke være egnet. Miljøgifter er hovedsakelig knyttet til små partikler (leire-silt) og til organisk materiale." (SFT 97:03 s.17).

Dette betyr at prøvene i denne undersøkelsen ikke er helt optimale i forhold til SFT klassifiseringen, da sedimentet ikke er finkornet (leire/silt). En forklaring på effekten er gitt i kapittel 3.5.2.

Et utdrag av relevante tabeller og formler i veilederen er gjengitt i appendiks D.

3.5.1 PCB i sedimenter

I.h.h.t "SFT 97:03 Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" skal innholdet av ΣPCB_7 i sedimentprøver brukes uten noen form for korreksjon for å justere for ΣPCB . I den tidligere utgaven ble ΣPCB_7 multiplisert med 2 for å få ΣPCB . Brev som bekrefter at ΣPCB_7 bør justeres med minst faktor to er gjengitt i appendiks E.

I denne rapporten er ΣPCB_7 multiplisert med 2 for å få ΣPCB som så er blitt klassifisert.

3.5.2 TOC/kornstørrelser vurderinger

TOC klassifiseringen i 97:03 baserer seg på at innholdet standardiseres for 100% teoretisk finstoff (partikkelstørrelse $< 63\mu\text{m}$). Dette gjøres ved å benytte seg av følgende formel:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \cdot (1-F) \quad (F = \text{andelen finstoff})$$

Denne normaliseringen beregner hvilken mengde TOC det teoretisk vil være dersom sedimentet består av 100% finstoff.

I forbindelse med sedimentundersøkelser er det gunstig å vurdere følgende når en vurderer TOC innhold og kornstørrelse:

- Høyt TOC innhold i sedimentet kan i områder med dårlig vannutskiftning føre til høyt forbruk av oksygen som en følge av bakteriell nedbrytning av det organiske materialet. Dette kan føre til oksygenmangel med påfølgende negativ effekt på bunnlevende fauna. I andre områder hvor vannutskiftningen er god, vil tilsvarende TOC-nivåer ikke føre til oksygenmangel og dermed ingen effekt på faunaen.
- Kornstørrelsesfordelingen i sedimenter er som regel avhengig av strømforholdene på en lokalitet. Generelt finner man grovt sediment (lavt innhold av fine partikler) i områder med mye strøm og fint sediment (høyt innhold av fine partikler) i områder med lite strøm.
- Områder med fint sediment har et høyere akkumuleringspotensiale for miljøgifter enn områder med grovt sediment som en følge av at miljøgifter generelt sett har høyere affinitet for små partikler. Høyt innhold av miljøgifter i områder med grovt sediment må derfor betegnes som et område som trolig har større tilførsel enn områder med tilsvarende miljøgiftkonsentrasjoner og fint sediment.



4 KARTLEGGING AV POTENSIELLE KILDER TIL FORURENSNING

4.1 Potensielle kilder i Bangarvågen

4.1.1 Innledning

Undersøkelsesområdet i Bangarvågen er vist i figur 2.2. Undersøkelsesområdet strekker seg fra Ulsnes og tvers over Bangarvågen til "att-shore site" kaia på Kværner Rosenberg.

Bangarvågen er delt opp i ulike delområder som er beskrevet separat:

- Nordlig del av Bangarvågen
- Østlig del av Bangarvågen
- Tømmerodden
- Lenger sør: Kværner Rosenberg

Bangarvågen er vist på figur 1 i appendiks A. På figuren er opprinnelig strandlinje manuelt tegnet inn fra kart fra 1954. Figuren viser at det i østre del av Bangarvågen har vært nokså omfattende utfylling, mens østsiden av Tømmerodden i liten grad har vært fylt ut. Vestre del av Tømmerodden har hatt mer omfattende utfylling.

Lenger sør på Kværner Rosenbergs område har det også vært omfattende utfylling i sjø.

Det er tidligere ikke utført miljøtekniske grunnundersøkelser på land i Bangarvågen. Tidligere utførte sedimentundersøkelser viser til et høyt nivå av PCB og PAH (tilstandsklasse V i enkelte undersøkelsespunkter) og et mer moderat nivå med hensyn på tungmetaller (klasse I-III) med unntak av kvikksølv (klasse III).

4.1.2 Potensielle kilder i nordlige del av Bangarvågen

Forsvarets orlogsstasjon på Ulsnes

Forsvarets orlogsstasjon på Ulsnes er vist på figur 4.1. Her har forsvaret en målestasjon, båtslipp, bilverksted og våpenverksted som er vurdert som potensielle kilder til forurensningssituasjonen i Bangarvågen.

I våpenverkstedet (bygning 102 på figur 4.1) er det benyttet små mengder oljeprodukter.

I bilverkstedet (bygning 101 på figuren) er det håndtering av oljeprodukter som ved vanlig bilverksted. Basert på bakgrunnsinformasjonen er oljen blitt samlet opp og levert til godkjent mottak.

Slipp for båter opp til ca. 30 fot (se figur 4.1) er stort sett benyttet til spyling og stoffing av privatbåter. Ved spyling og stoffing av privatbåter kan tungmetaller tilføres sjøen. Eventuell olje fra båtmotorer er samlet opp og levert til godkjent mottak.

To avfallsplasser er registrert i Forsvarets database. Her ligger det sannsynligvis utslitt personlig utstyr, tremateriell, skogs- og hageavfall. Avfallsplassene har avrenning til områder utenfor Bangarvågen (Åmøyfjorden/ Byfjorden) og vil ikke bli nærmere omtalt.



Figur 4.1 Forsvarets orlogsstasjon på Ulsnes.

Senderparken på basen har mange transformatorer. Transformatorene ble satt opp på 1960 – tallet og skiftet ut rundt 1990. Transformatorene inneholdt ikke PCB og de ble demontert ved årtusensskiftet. Transformatorene blir ikke vurdert som en potensiell forurensningskilde.

Vurdering:

Det har trolig vært lite spredning av forurensning til Bangarvågen fra land (potensielle forurensninger er olje og tungmetaller). Potensialet for aktive forurensningskilder er vurdert som lavt.

Område øst for Forsvarets orlogsstasjon

Området like øst for Forsvarets orlogsstasjon var et jordbruksområde frem til rundt 1970, da området ble et boligområde. Jordbruket har trolig i liten grad bidratt til å forurense Bangarvågen.

Langs sjøen finnes i dag private båthus. Vanlig vedlikehold av fritidsbåter kan medføre utslipp av olje, tungmetaller og TBT (antibegroingsmiddel). Omfang av vedlikehold av båter er vurdert å være lite ut fra det begrensede antall båthus i området. Det antas at denne aktiviteten i liten grad bidrar til å forurense sedimentene i Bangarvågen. Det er ingen indikasjoner på grunnforurensning i området.

Vurdering:

Vedlikehold av fritidsbåter har trolig bidratt lite til å forurense Bangarvågen (potensielle forurensninger er olje, tungmetaller og TBT). Det er sannsynligvis ingen aktive landbaserte kilder.



4.1.3 Potensielle kilder i østlig del av Bangarvågen

Kommunalt deponi innerst i Bangarvågen

Det kommunale deponiet innerst i Bangarvågen er vist på figur 1 i appendiks A. Deponiet ble etablert ved utfylling i sjøen i tidsrommet 1956-1970 (NGU 1989). I NGUs rapport er deponiet beskrevet som godt tildekket, men forurensset overflatevann er tidligere observert. Avrenning fra deponiet er oppgitt å gå til Bangarvågen.

Det er i hovedsak bygge- og rivningsavfall som er deponert, men deponiet skal også ha blitt benyttet av Rosenberg Verft og innbyggere på Hundvåg. Det var ingen kontroll med hva som ble deponert og hvem som deponerte avfall.

En rekke forurensningskomponenter kan finnes i avfallet. De viktigste potensielle forurensningskomponenter er:

- PCB i maling, skipsmaling, betong, olje, fugemasse i bygningsmaterialer, elektrisk utstyr med mer.
- Olje
- Løsemidler
- PAH i impregnert trevirke og asfalt.
- Kvikksølv fra batterier, termometre, plantevernmidler, etc.
- Andre tungmetaller i en rekke ulike avfallsfraksjoner.

Ved stigende sjø vil sjøvann trenge inn i avfallsmassene. Det er da en fare for at forurensningene blir vasket ut ved fallende sjø.

Vurdering:

Det kan ha vært en betydelig spredning av flere miljøgifter til Bangarvågen fra deponiet (gjelder et vidt spekter av både tungmetaller og organiske miljøgifter).

Potensialet for at deponiet fortsatt utgjør en aktiv forurensningskilde er vurdert som høy. Inntrengning av sjøvann i deponiet kan bidra til utvasking av miljøgifter.

”Essobasen”

Diverse industribedrifter har holdt til på området som i dag kalles ”Essobasen”. Først ute var Skøyen maling- og lakkfabrikk. Fabrikken holdt til i samme bygning som i dag huser postkontoret på Hundvåg, se figur 1 i appendiks A. Skøyen maling- og lakkfabrikk ble startet opp før krigen, og trolig avviklet rett etter krigen.

Grunnen kan ha blitt forurensset av produkter brukt i maling- og lakkproduksjon, samt av produksjonsavfall. Disse forurensningene kan ha lekket ut til Bangarvågen. Generelt sett er potensielle forurensninger fra maling/lakkfabrikker tungmetaller, metallorganiske forbindelser, aromater, klorerte og ikke-klorerte løsemidler, organiske fosforforbindelser og fenoler (SFT 1991). PCB kan ha blitt håndtert på fabrikken dersom skipsmaling ble produsert. Fordi det er ca. 50 år siden fabrikken ble nedlagt, er utlekking av eventuell forurensning i grunnen ved fabrikken antagelig redusert, men det kan fortsatt pågå en betydelig utlekking av forurensning til sjø avhengig av forurensningsgraden på området.



Fjellberg sildoljefabrikk ble siden etablert på tomte. Sildeoljefabrikken ble drevet av Eilert Østbø. Sildeoljefabrikken har trolig i liten grad forurensset grunnen. Østbø drev også med opphogging av gamle krigsskip. Skipsopphoggingen ble trolig startet opp etter krigen, og fortsatte trolig frem til ca. 1970. Opphugging av skip kan ha ført til forurensning av tungmetaller, PCB, olje etc. til grunnen.

Esso overtok området rundt 1970 eller noe senere. Esso benyttet området til lagring av oljerelatert utstyr (derfor blir området kalt "Essobasen") frem til Kværner Rosenberg overtok området. Kværner Rosenberg bruker området som lagerplass for diverse utstyr. Det er lite trolig at Kværner Rosenbergs aktiviteter på området har medført forurensning til grunnen.

Sør for Essobasen finnes i dag et område der Kværner tidligere hadde brakker, se figur 1 i appendiks A. Disse brakkene er i dag fjernet, og det er liten aktivitet på området. Det har sannsynligvis ikke vært noen forurensende aktiviteter i dette området.

Vurdering:

Det kan tidligere ha vært betydelig spredning av forurensning til Bangarvågen fra landsiden på den østlige siden av Bangarvågen (gjelder et vidt spekter av både tungmetaller og organiske miljøgifter). Aktivitetene på den tidligere maling- og lakkfabrikken og opphugging av skip har sannsynligvis forurensset Bangarvågen.

Potensialet for at det finnes aktive forurensningskilder på området er vurdert som moderat.

4.1.4 Potensielle kilder på Tømmerodden

Innerste del av Tømmerodden (se figur 1 i appendiks A) brukes som parkeringsplass, og dette området er fylt ut. Hvilke utfyllingsmasser som ble brukt er ikke kjent. Parkeringsplassen skal ha blitt etablert for minst 20 år siden (pers. komm. R.N. Pettersen ved Kværner Rosenberg).

Vest for parkeringsplassen ligger en rekke små båthus med båtslipp. Vanlig vedlikehold av fritidsbåter kan ha medføre utslipp av olje ved skifte av motorolje. Videre kan eventuell stoffing av båter ha medført forurensning av tungmetaller og TBT. Eventuell forurensning fra denne aktiviteten er trolig liten.

Ytterst på Tømmerodden ligger Rogaland Videregående Sjøaspirantskole. Her har skoleskipet M/S Gann sin base. Her finnes blant annet verksted, elektrolab og et brannøvingssområde. Brannøvelser kan ha medført utslipp av olje til grunnen og til sjø. Tidligere lå Balken slip og verksted på eiendommen. Her pågikk reparasjoner av skip. Aktiviteter ved båtslippen og verkstedet kan ha medført forurensning av PCB fra PCB-holdig skipsmaling, oljeforurensning fra vedlikehold av båtmotorer, samt forurensning av tungmetaller og TBT fra stoffing av båter.

Østbø-familien skal også ha drevet en hermetikkfabrikk ("Svarten") som antagelig lå mellom Rogaland Videregående Sjøaspirantskole og Essobasen. Fabrikken ble trolig nedlagt i perioden 1970-1980 da de fleste hermetikkfabrikker i Stavanger ble borte. Aktivitetene på hermetikkfabrikken har trolig i liten grad forurensset grunnen.

På den siden av Tømmerodden som vender mot Byfjorden har Kværner Rosenberg brakker. Bruken av området til brakker har trolig i liten grad medført forurensning til grunnen. Dette området ble fylt ut av Kværner Rosenberg etter ca. 1978 i forbindelse med utvidelsen av verftsområdet nordover. Under befaring ble det observert stor stein langs hele østre del av



Tømmerodden. Dette tyder på at sprengstein i stor grad ble brukt til utfylling av området, men det kan ikke utelukkes at det i utfyllingsmassene også finnes forurensninger.

Vurdering:

Aktiviteter ved det tidligere skipsverkstedet og båtslippen på Tømmerodden kan ha forurenset Bangarvågen (olje, tungmetaller, PCB og TBT er aktuelle forurensningskomponenter). Det kan også ha vært spredning av olje fra brannøvingsområdet. Det er usikkert om det kun ble benyttet sprengstein til utfylling, eller om det også kan finnes forurensninger sammen med sprengsteinen.

Potensialet for aktive forurensningskilder på området er vurdert som moderat.

4.1.5 Potensielle kilder lenger sør- Kværner Rosenberg

Den nordlige delen av Kværner Rosenberg er vist på figur 2 i appendiks A. Kværner Rosenbergs område er stort, og fortsetter lenger sør (den sørlige delen vender mot Byfjorden og ikke Bangarvågen). Det store bygget på figur 2 er Hall 2. Figuren viser også den opprinnelige strandlinja tegnet inn.

Som det fremgår av figuren lå det tidligere en vik midt i området som het Nyhavn. Figur 4.2 viser Nyhavn og verftsområdet slik det så ut i 1948.

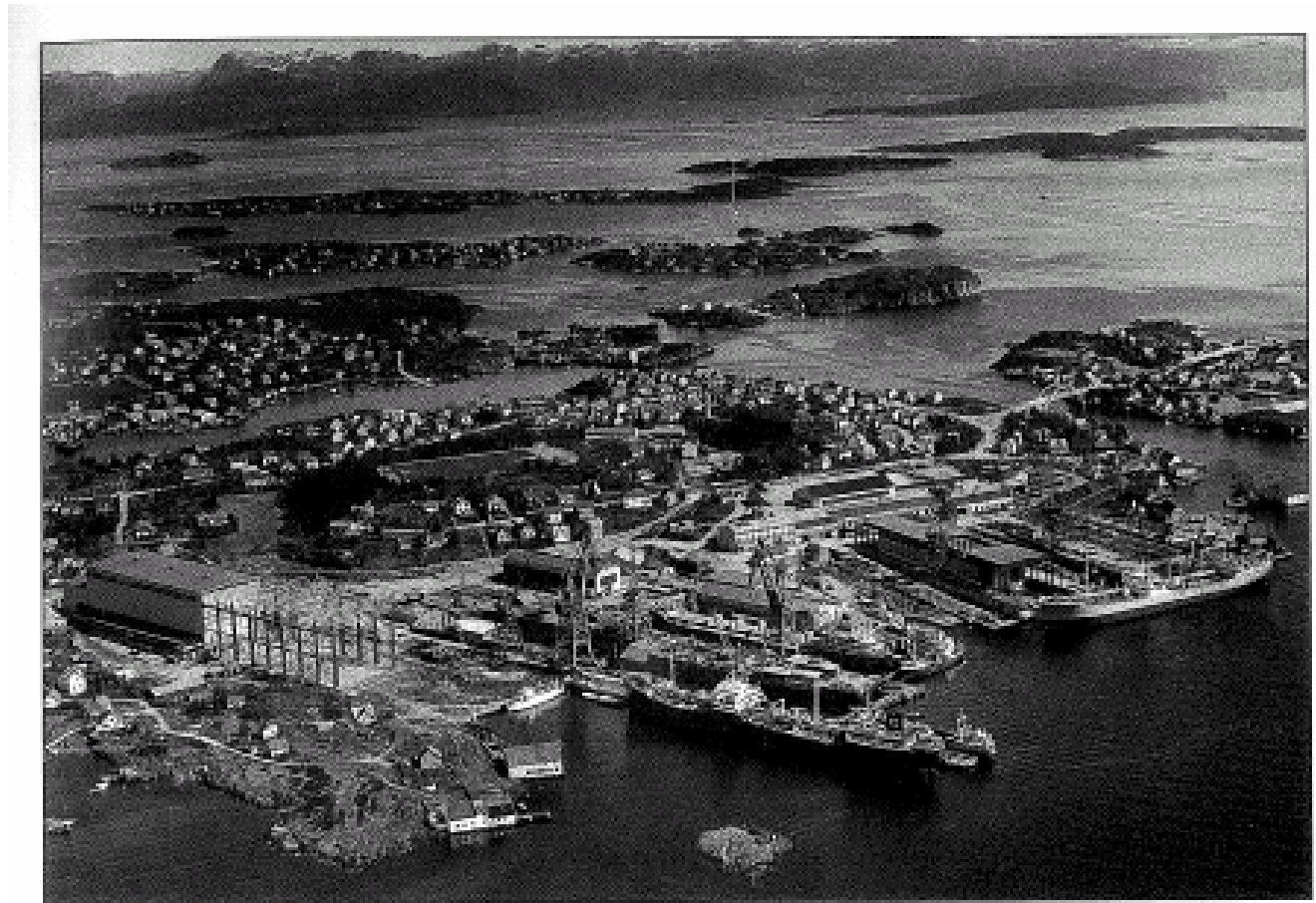


Figur 4.2 Rosenberg Verft i 1948. Nyhavn vises til venstre på bildet.

I Nyhavn skal det ha pågått skipsopphugging i regi av Stavanger Skibsophugnings CO. A/S (Moen 2001). Denne virksomheten kan ha medført forurensning til grunnen (olje, tungmetaller, PCB).

Under Hall 2 skal det være et avfallsdeponi (pers. komm, R. N. Pettersen). Avfallet skal være kapslet inn. Det vites ikke hva slags avfall som er lagt i deponiet, mengder, nøyaktig plassering eller hvordan avfallet er kapslet inn.

Verftet ble kraftig utvidet vestover fra Hall 2 og nordover mot Tømmerodden fra ca. 1978. Skillet mellom "gammelt" og "nytt" område er vist på figur 2 i appendiks A som en stiplet linje ved Hall 2. Utvidelsen skjedde i forbindelse med at verftet ble tildelt kontrakt for bygging av Statfjord B- plattformen. Det "nye" området hadde private boliger før utvidelsen. Det er således ingen mistanke om forurensning fra tiden før Kværner Rosenberg overtok området.



Figur 4.3 Rosenberg verft i ca. 1970. Utvidelsen av Hall 2 er i gang. Hall 2 ligger i området som tidligere var Nyhavn. Nyhavn er fylt ut.

Utvidelsen av det nye området skjedde ved oppkjøp av tomter og ved omfattende utfylling i sjøen (Nerheim et al. 1995). Fjell ble sprengt på land og under sjøen. Det er indikasjoner på at utfyllingen i det nye området skjedde med sprengstein (Nerheim et al. 1995). Stor stein langs vestre del av Tømmerodden ble som nevnt observert under befarings.

På det nye området ble "att-shore site" kaia anlagt ("siten"), se figur 2 i appendiks A. Det ble reist lagerhus, kontorer, garderober og kantiner. Det ble også bygget boligbrakker. Aktiviteter som følger med en slik arealbruk har trolig ikke medført forurensning til grunnen av betydning. Det kan imidlertid ikke utelukkes at andre aktiviteter i det nye området har medført forurensning til grunnen.

Nederst på Tømmerodden like nord for Bangarvågsgata (se figur 2 i appendiks A) finnes en fjellhøyde i øst-vestlig retning. Fjellet vil sannsynligvis fungere som en barriere mot spredning av forurensning. En konsekvens av dette er at en eventuell grunnforurensning inne på Kværners område sør for Bangarvågsgata trolig ikke vil spres mot Tømmerodden. Hva gjelder spredningsretning for grunnvann i området vist på figur 2 for øvrig, så vil grunnvannet grovt sett trolig strømme lang opprinnelig terreng mot tidligere Nyhavn, og videre ut i Byfjorden.



Oppsummering og vurdering:

Det "nye området" (tatt i bruk etter ca. 1978) er sannsynligvis i hovedsak utfyllt sprengstein. Området har blitt benyttet til aktiviteter som kontor, lagring, brakker etc. som ikke gir mistanke om grunnforurensning. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det har pågått andre aktiviteter i det nye området som har medført forurensning til grunnen. Det kan dermed ikke utelukkes at området har aktive forurensningskilder.

Potensialet for grunnforurensning i "det gamle området" er større. Aktiviteter knyttet til tidligere skipsopphugging kan ha medført forurensning til grunnen og til sjøen. Det kan ikke utelukkes at en eventuell grunnforurensning er aktiv i dag. Det er ikke kjennskap til hva slags masser som ble brukt til utfylling av tidligere Nyhavn. Videre er det i dette området at de fleste aktiviteter på verftet har pågått og pågår, og således er potensialet for grunnforurensning stort. Grunnvannet i dette området vil mest sannsynlig ha strømningsretning mot Byfjorden, og ikke til Bangarvågen. Det knyttes også usikkerhet til avfallsdeponiet under Hall 2.

4.2 Potensielle kilder i Vågen

4.2.1 Innledning

Vågen er for enkelhets skyld delt opp i et østre og et vestre område som omtales separat, se figur 4.3. Figuren viser til en parsellvis utbygging av kaianlegget i Vågen fra før 1890. De ytre delene i vest er bygget ut sist.

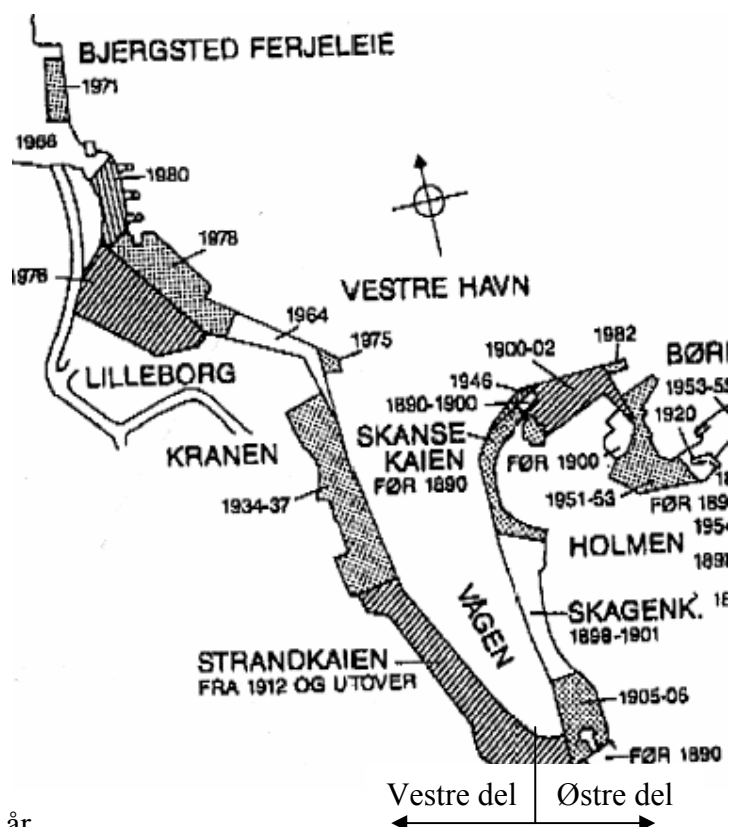
Felles for begge områdene er at det ikke er mistanke om at det har vært deponering på land i nyere tid som kan ha medført grunnforurensning fordi både østre og vestre del av Vågen var bebygget før 1850.

Tidligere sedimentundersøkelser viser at området er forurensset med PAH og PCB. Nivåene av tungmetaller er lavt.

4.2.2 Østre del av Vågen

I østre deler av Vågen har det trolig ikke vært forurensende virksomhet.

Kaia i østre del av Vågen var ferdig utbygd i ca. 1905-1906, se figur 4.3. Eventuelle forurensede utfyllingsmasser kan tidligere ha forurensset Vågen, men fordi kaiene her er 100 år gamle, er kaiområdet ikke vurdert å utgjøre noen aktiv kilde til forurensning.



Figur 4.3. Parsellvis utbygging av Vågen.



På Skansekaia og Skagenkaia ble det trolig etablert kloakkutslipp i 1915. Kloakkutslippet kan ha innholdt flere tungmetaller og organiske miljøgifter fra husholdninger, servicenæring og annet i østre del av Vågen. Sanering ble utført i 1984 med mulig unntak av Toldboden. Toldboden har fortsatt utslipp til sjøen, trolig i form av spylevann.

Vurdering:

Vågen kan ha blitt forurensset gjennom kommunalt avløp (kloakkutslipp). Type forurensning kan blant annet være tungmetaller og organiske miljøgifter.

Lavt potensial for aktive forurensningskilder.

4.2.3 Vestre del av Vågen

I vestre del av Vågen var tidligere en rekke industribedrifter etablert, først og fremst hermetikkfabrikker. I dag er alle disse avviklet.

Stavanger Gassverk holdt til i Bjerksted nord for Vågen. Gassverket ble etablert i ca. 1868, og avviklet i ca. 1955. Gassverktomta var forurensset av PAH. Tomta er sanert, og den tidligere gassverktomta er ikke en aktiv kilde.

Det skal imidlertid være brukt forurensede masser fra gassverket til utfylling av kaiområder inne i Vågen (Moen, 2001). Det har ikke lyktes å fremskaffe informasjon om hvor massene skal være lagt. Innerste del av kaia i Vågen ble bygget som blokkmurskai, mens de ytre delene ble bygget som pillarkai. Potensialet for utvasking av eventuelle miljøgifter i utfyllingsmasser vurderes å være størst i områdene som består av blokkmurskaier. Det vites imidlertid ikke hvor masser fra gassverktomta skal være lagt, og hva slags kai som ble bygget i dette området.

Figur 3 i appendiks A viser plassering av kummer etablert i 1925/1930. Her var det trolig utslipp av kloakk ut i Vågen frem til 1992 da kummene ble sanert. I dag er dette overvannskummer (sluk). Utslipp av kloakk kan innebære bidrag av en rekke forskjellige forurensningskomponenter både fra husholdninger og fra næring. Overvann er en diffus kilde til utslipp av tungmetallene bly, sink, nikkel og krom i tillegg til PAH (SFT 1997). De viktigste kildene er trafikk, luftforurensninger og korrosjon av bygningskonstruksjoner.

Ved punktet merket A på figur 3 i appendiks A er det utløp av bassengvann fra Stavanger Svømmehall. Spillvann skal være koplet fra. Trolig vil en eventuell effekt av desinfeksjonsmidler være liten grunnet stor fortynning i vannmassene og kort halveringstid for de klorerte forbindelsene som kan finnes i svømmebassengvannet.

Vurdering:

Trolig har det tidligere vært bidrag til forurensning av Vågen fra kloakkutslipp og industri. Det knyttes usikkerhet med hensyn på potensielle aktive kilder på land for masser fra gassverktomta som skal ha blitt deponert på land i Vågen. Det er vanskelig å si noe om potensialet for utlekking i dag uten kjennskap til mengder og tidsrom denne deponeringen skal ha skjedd. Utslipp av overvann til Vågen kan inneholde forurensninger, både tungmetaller og organiske miljøgifter.



5 SEDIMENTUNDERSØKELSE

5.1 Innledning

Da hovedmålet med undersøkelsen har vært å kartlegge vertikalutbredelsen av forurensningene ble ikke overflatesjiktet på stasjon Ny 1 i Bangarvågen og Ny 1 og Ny 2 i Vågen analysert. Overflateprøvene fra disse stasjonene kan analyseres senere dersom det er hensiktsmessig. Alle resultatene fra denne undersøkelsen er gjengitt i sin helhet i Prøvingsrapporten fra SINTEF Kjemi, som er vedlagt i appendiks B.

Kart som viser stasjonsplassering for denne og fra et utvalg av tidligere undersøkelser er gitt i figur 3.3 og 3.4, mens posisjoner for denne undersøkelsen er gitt i tabell 3.1. Posisjoner for tidligere undersøkelser er gitt i appendiks F.

I denne undersøkelsen er øvre sjikt definert som 0-5 cm. I tidligere undersøkelser er det øvre sjiktet 0-2 cm. Dette i tillegg til at prøvene ikke er tatt i eksakt samme posisjon som tidligere undersøkelser er feilkilder i forhold til en sammenlikning med tidligere undersøkelser gjennomført i Bangarvågen og Vågen. Det er allikevel gjort en "grov" sammenlikning.

Tabell 5.1 viser en oversikt over prøvetakingspunkter i Bangarvågen og Vågen i perioden 1993-2001 som kan sammenliknes med prøvene tatt i 2002. Imidlertid er flere stasjoner som er undersøkt tidligere også diskutert.

Tabell 5.1 Prøvetakingspunkter i 2002 med stasjonsnavn samt sammenliknbare stasjoner som tidligere er prøvetatt.. Prøvetakingen i 1993, 1995 og 2001 er gjennomført av NIVA, mens prøvetakingen i 2002 er gjennomført av DNV.

Bangarvågen			
2002 DNV	2001 NIVA	1995 NIVA	1993 NIVA
Ny1	7	2A	
Ny2 (ikke analysert)	18*		Sta3
Ny3	19*		
Ny4	10		
Vågen			
2002 DNV	2001 NIVA	1995 NIVA	1993 NIVA
NY 1	26		
NY 2	25		
Ny 3 (ikke analysert)	24**		Sta 1

* Stasjon 18 og 19 i Bangarvågen fra undersøkelsen i 2001 ligger "nær" henholdsvis stasjon Ny 2 og Ny 3 i årets undersøkelse

** Stasjon 24 i Vågen fra undersøkelsen i 2001 ligger "nær" stasjon Ny 3 i årets undersøkelse.



5.1.1 Bangarvågen

5.1.1.1 TOC og kornstørrelse

Resultatene fra de 3 stasjonene i Bangarvågen i tabell 5.2 viser at sedimentet er relativt grovt (ingen av prøvene hadde mer enn 24% finstoff) samtidig som det organiske innholdet ikke oversteg 5%. Tabell 5.2 viser i tillegg til resultatene for normalisert TOC SFT tilstandsklasser for normalisert TOC. Formel for normalisering av TOC er gitt i appendiks D, mens bilde som viser sediment fra Bangarvågen er vist i appendiks C.

Nivåene av normalisert TOC mye høyere enn de målte verdiene, noe som skyldes at andelen finstoff er lav (relativt grovt sediment gir stort utslag ved normalisering). Stasjon NY4 (0-2 cm) og NY3 (15-20 cm) har de høyeste verdiene og klassifiseres som tilstandsklasse V.

Relativt grovt sediment gjør også at tilstandsklassene for metallene og de organiske miljøgiftene ikke gir et fullstendig bilde med tanke på tilførsler av miljøgifter til Bangarvågen. Dette som følge av at tilførte miljøgifter ikke akkumuleres i like stor grad som i sediment med høyere andel finstoff (miljøgifter har høyere affinitet for små partikler). Generelt sett indikerer derfor høye verdier i grovkornet sediment større tilførsel enn tilsvarende verdier i finkornet sediment.

Tabell 5.2 TOC(målt og normalisert), kornstørrelse <63µm i Bangarvågen. Tilstandsklasser i henhold til SFT 97:03 er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes).

Bangarvågen	TOC (g/100g TS)	Norm. TOC (mg/g TS)	Kornstørrelse <0.063mm (%)
Ny 1 5-10 cm	0,8	22,4 (II)	20,17
Ny 1 10-13 cm	1,0	25,2 (II)	15,83
Ny 3 0-2 cm	1,4	28,7 (III)	18,44
Ny 3 5-10 cm	2,1	36,6 (IV)	13,51
Ny 3 15-20 cm	3,6	52,1 (V)	10,77
Ny 4 0-2 cm	5,0	63,8 (V)	23,45
Ny 4 5-10 cm	0,2	35,2 (IV)	15,77
Ny 4 15-23 cm	0,8	24,7 (II)	7,33
Best.grense	0,1/100g	-	-

5.1.1.2 Metaller

Resultatene fra metallanalysene i 2002 er presentert i figur tabell 5.3. Metallene kan klassifiseres som klasse I og II med unntak av Hg på Ny 1 5-10 cm og Ny 3 5-10 cm som klassifiseres som henholdsvis III og IV. I prøven fra Ny 3 5-10 cm ble det påvist 3,6 mg/kg Hg, noe som plasserer den relativt lavt i tilstandsklasse IV som går fra 3-5 mg/kg.

En sammenligning av metallnivåene fra denne undersøkelsen og tidligere undersøkelser (kun overflatesediment) er vist i figur 5.1. Det er generelt lave nivåer av krom, nikkel og sink, kobber og kadmium (tilstandsklasse I – II), med unntak av noe høyere verdier av sink, kobber og kadmium (tilstandsklasse III) utenfor Kværner Rosenborg. Nivåene av bly tilsvarer tilstandsklasse II med unntak av stasjon 3 og KV2 som er markert forurensset med bly (tilstandsklasse IV). Kvikksølv har noe forhøyede verdier på de fleste stasjonene og maksimum verdi på stasjon 32,82 mg/kg, klasse III) og stasjon NY 3 (3,6 mg/kg i sjiktet 5-10 cm, klasse IV).

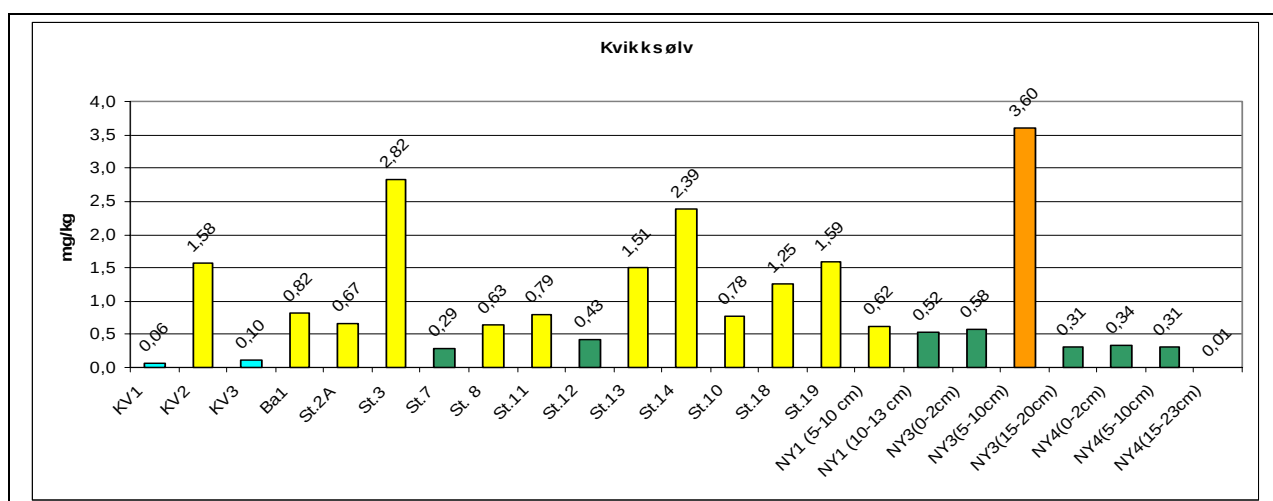


Tabell 5.3 Metaller i sedimentprøver fra Bangarvågen. Tilstandsklasser i henhold til SFT 97:03 er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes).

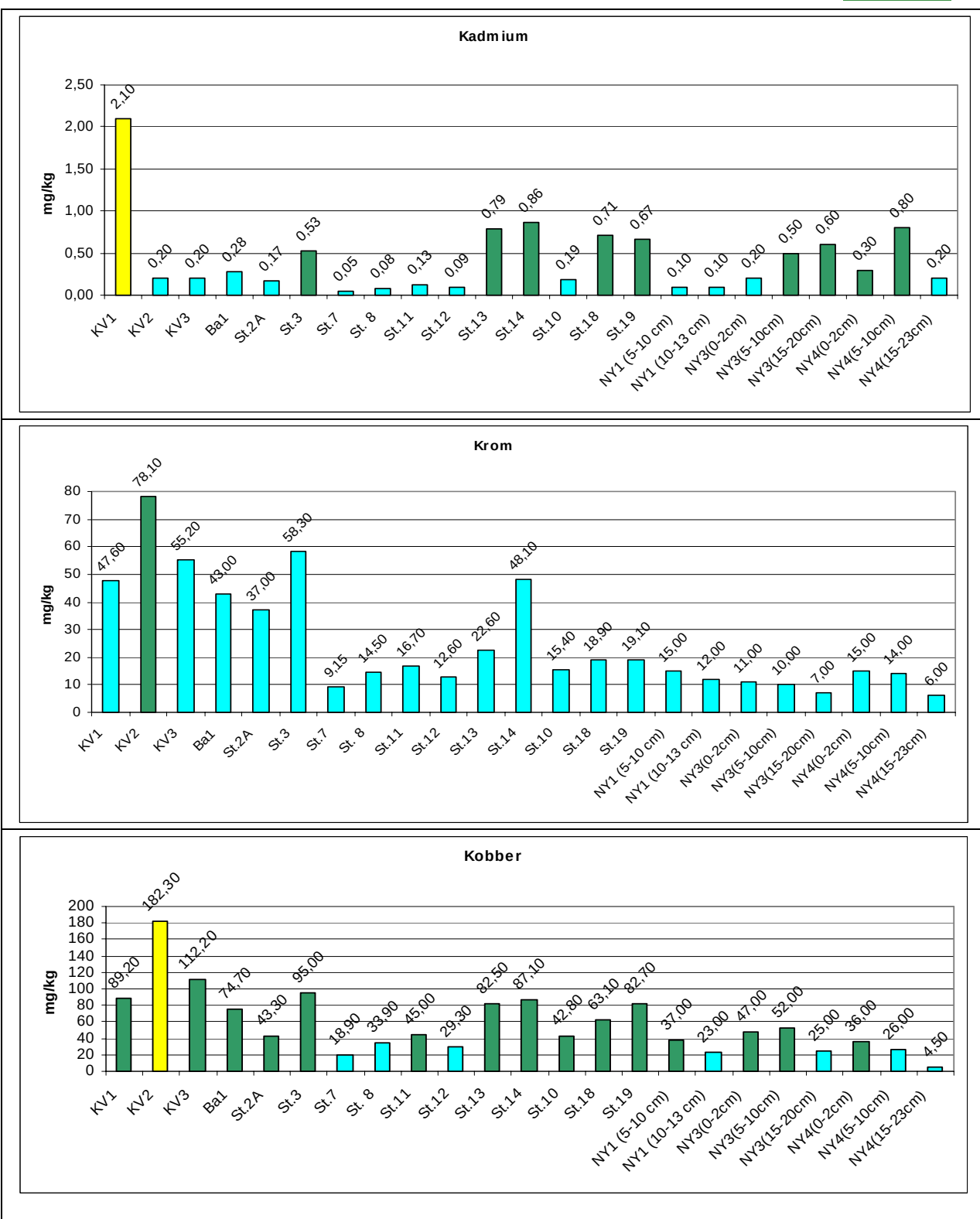
Prøve merket:	Hg	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Bangarvågen	mg/kg tørt materiale							
Ny 1 5-10 cm	0,62 (III)	6 (I)	<0,2 (I)	15 (I)	37 (I)	14 (I)	87 (I)	102 (I)
Ny 1 10-13 cm	0,52 (II)	6 (I)	<0,2 (I)	12 (I)	23 (I)	9 (I)	109 (I)	79 (I)
Ny 3 0-2 cm	0,58 (II)	7 (I)	0,2 (I)	11 (I)	47 (I)	11 (I)	52 (I)	119 (I)
Ny 3 5-10 cm	3,6 (II)	10 (I)	0,5 (I)	10 (I)	52 (I)	10 (I)	48 (I)	112 (I)
Ny 3 15-20 cm	0,31 (II)	4 (I)	0,6 (I)	7 (I)	25 (I)	7 (I)	41 (I)	77 (I)
Ny 4 0-2 cm	0,34 (II)	8 (I)	0,3 (I)	15 (I)	36 (I)	13 (I)	37 (I)	98 (I)
Ny 4 5-10 cm	0,31 (II)	8 (I)	0,8 (I)	14 (I)	26 (I)	14 (I)	27 (I)	81 (I)
Ny 4 15-23 cm	0,01 (II)	3 (I)	0,2 (I)	6 (I)	4,5 (I)	8 (I)	3 (I)	18 (I)
Est LOD	0,005	1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1

Figur 5.1 viser at det er lokale variasjoner av metaller i sedimentet, men det er en tendens til høyere metallkonsentrasjoner innerst i Bangarvågen (Stasjon 3, 13, 14, 18, 19 og NY3) og at området utenfor Kværner Oil & Gas har de høyeste nivåene.

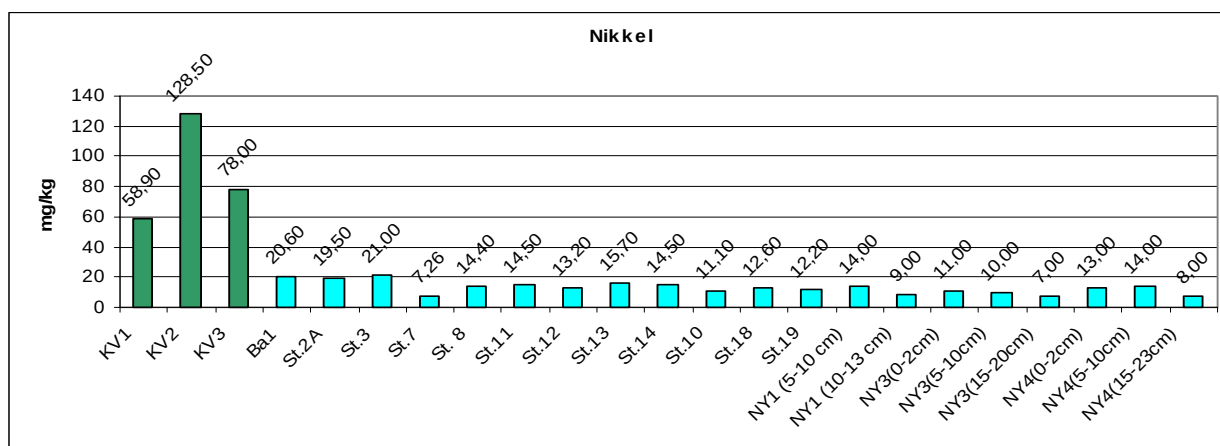
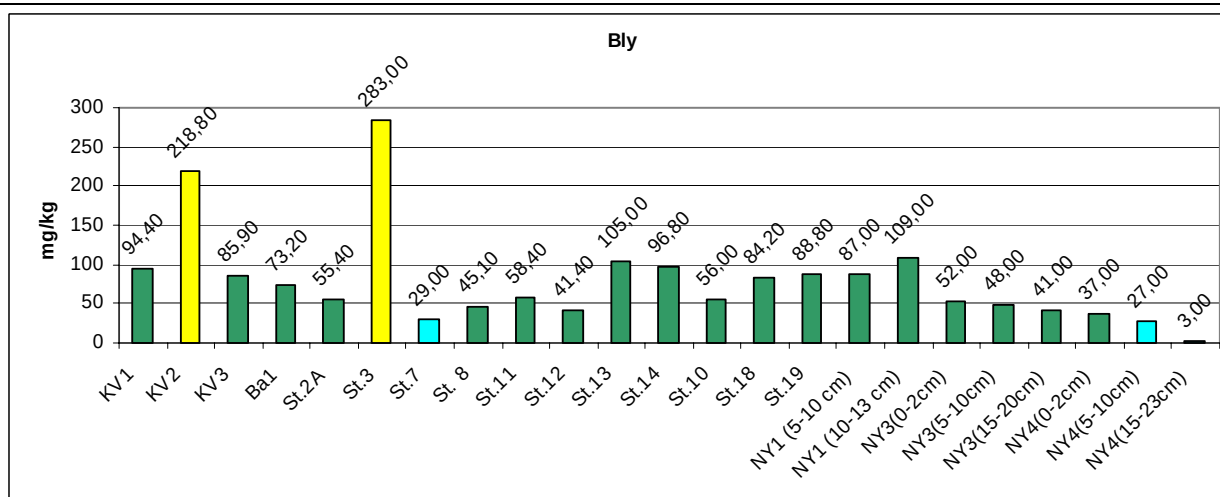
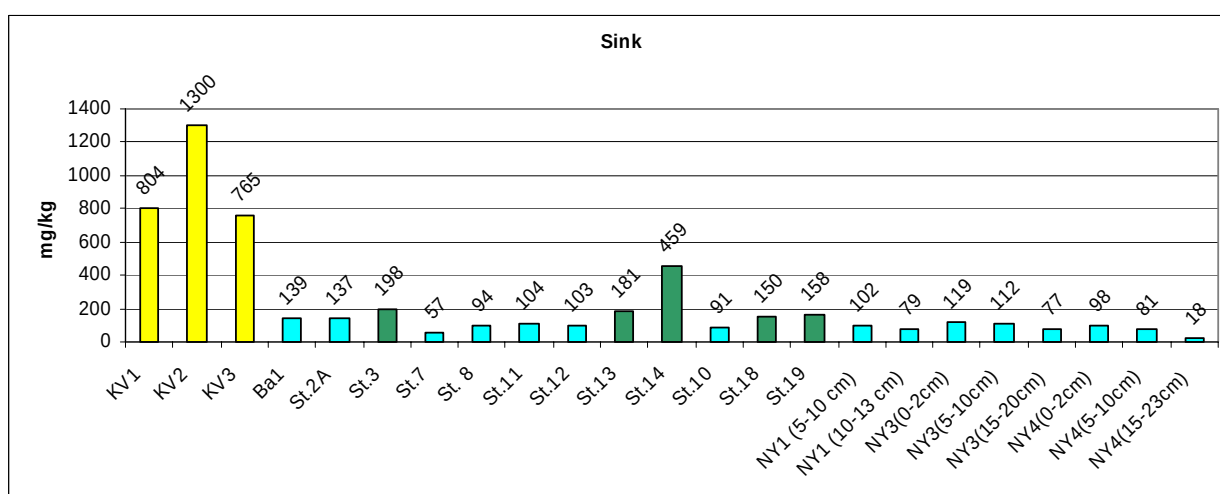
Av metallene er det kvikksølv som skiller seg ut med relativt høye konsentrasjoner spesielt på stasjoner lokalisert innerst i Bangarvågen. Det er også forhøyede verdier av kvikksølv nedover i sedimentet (på stasjonene i 2002 hvor det er tatt sjiktninger). I det dypeste sjiktet (15-23 cm) på stasjon NY 4 er nivået av kvikksølv lavt, noe som kan indikere vertikalutbredelsen av kvikksølvforurensningen.



Figur 5.1 Metaller i sediment fra Bangarvågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001), KV stasjonene er fra 1995 (RF 1995) mens Ba1 og 2A er fra 1995 (NIVA 1996).



Figur 5.1(forts.) Metaller i sediment fra Bangarvågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001), KV stasjonene er fra 1995 (RF 1995) mens Ba1 og 2A er fra 1995 (NIVA 1996).



Figur 5.1(forts.) Metaller i sediment fra Bangarvågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001), KV stasjonene er fra 1995 (RF 1995) mens Ba1 og 2A er fra 1995 (NIVA 1996).



5.1.1.3 Organiske miljøgifter

Tabell 5.4 viser resultatene fra analysene med henhold på tørrstoff, PAH, benzo(a)pyrene og PCB (ΣPCB_7 og ΣPCB). I tillegg er tilstandsklasser vist både med fargekoder og tall (i parentes).

PAH innholdet i sedimentprøvene fra Bangarvågen i 2002 er alle med unntak av 0-2 cm sjiktet på stasjon Ny 3 og 15-23 cm sjiktet på stasjon Ny 4 klassifisert som tilstandsklasse III (*markert forurensset*). Prøvene fra stasjon Ny 3 og Ny 4 er klassifisert som henholdsvis tilstandsklasse IV (*sterkt forurensset*) og I (*ubetydelig / lite forurensset*). Grensen mellom tilstandsklasse III og IV går ved 6 mg/kg.

Innholdet av **benzo(a)pyren** i sedimentprøvene fra Bangarvågen i 2002 er alle med unntak av de to dypeste sjiktene på stasjon Ny 4 klassifisert som tilstandsklasse IV (*Sterkt forurensset*). Sjikt 5-10 cm og 15-23 cm på stasjon Ny 4 er klassifisert som henholdsvis tilstandsklasse III (*markert forurensset*) og II (*Moderat forurensset*).

Innholdet av **ΣPCB** er alle med unntak av 0-2 cm sjiktet fra stasjon Ny3 og 15-23 cm sjiktet på NY 4 klassifisert som tilstandsklasse III (*markert forurensset*). Prøven fra Ny 3 er klassifisert som tilstandsklasse II (*moderat forurensset*), mens det i prøven fra Ny4 ikke ble påvist PCB (kl. I).

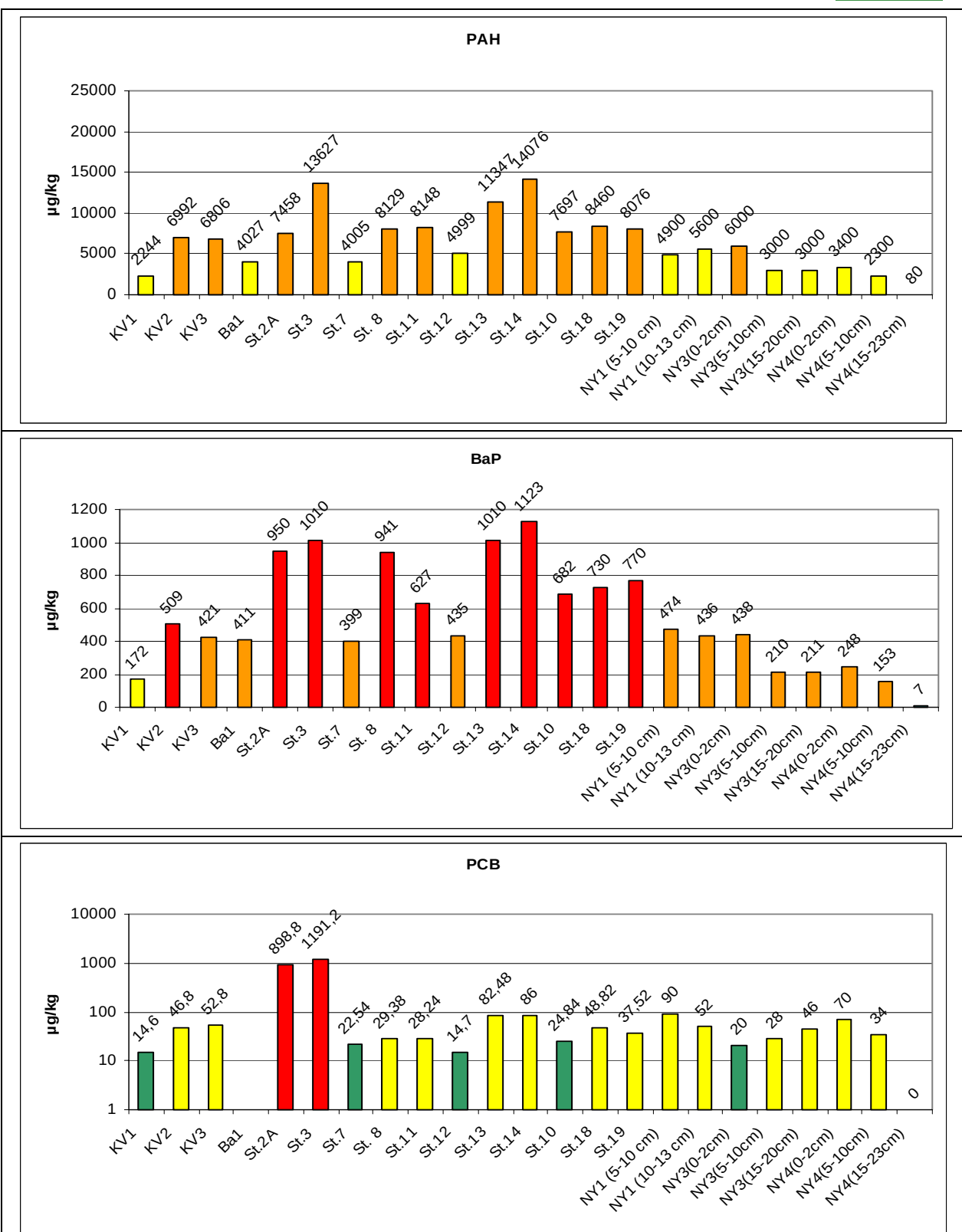
En sammenligning av verdier nedover i sedimentene viser at Ny 4 har lavere verdier nedover i sedimentet for de organiske miljøgiftene, og for det i dypeste sjiktet (15-23 cm) er det funnet lave nivåer av benzo(a)pyrene og PAH, i tillegg til at det ikke ble påvist PCB. For Ny 1 og Ny 3 er bildet ikke like tydelig, da det både er avtagende og økende verdier nedover i sedimentet.

En sammenligning med tidligere undersøkelser er presentert i figur 5.2. Figuren viser generelt høyere nivåer i de tidligere undersøkelsene (hovedsakelig tilstandsklasse III-V) for både ΣPAH_{15} , Benzo(a)pyrene og ΣPCB . Dette skyldes nok i stor grad at denne undersøkelsen ikke har analysert overflatesjiktet, noe som til en viss grad bekreftes av resultatene fra stasjon Ny 4, hvor overflatesjiktet ble analysert (Ny4 og St. 10 er fra nesten samme lokalitet).

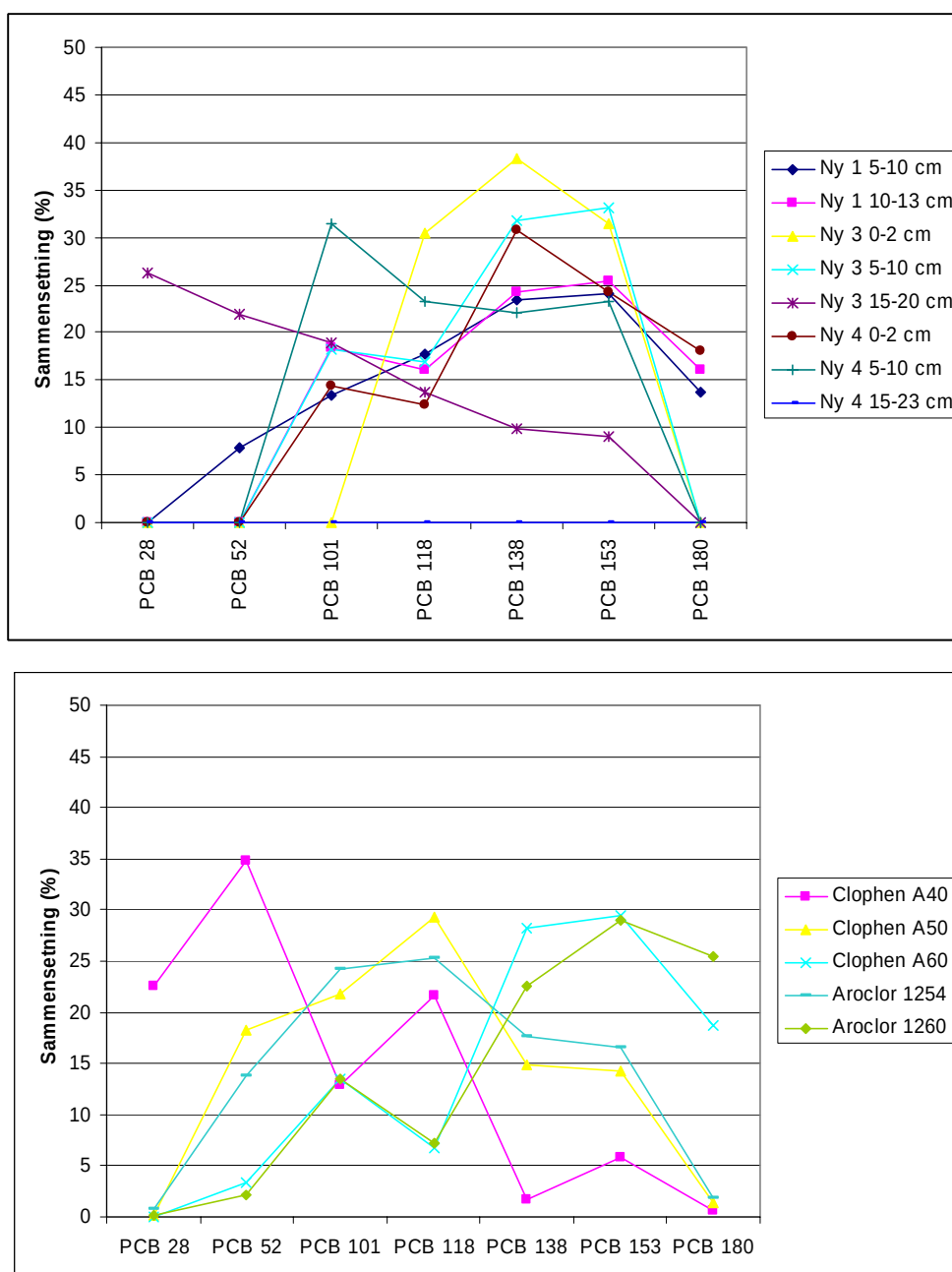
Nivåene av de organiske miljøgiftene varierer og det er ingen klare mønstre. Det er spesielt høye verdier av PCB på stasjon 2A og stasjon 3 (lokalisert henholdsvis ytterst og innerst i Bangarvågen).

Tabell 5.4 Tørrstoff, PAH, PCB₇ og estimert ΣPCB i sedimentprøver fra Bangarvågen. Tilstandsklasser er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes) henhold til SFT 97:03 med unntak av PCB. PCB₇ er multiplisert med 2 før klassifisering. Beskrivelse av tilstandsklassene er gitt i appendiks C.

Bangarvågen	Tørrstoff %	ΣPAH 16 EPA	Benzo(a)pyrene	ΣPCB_7	ΣPCB (2* ΣPCB_7)
		mg/kg tørt materiale			
Ny 1 5-10 cm	71	4,9 (III)	0,474 (IV)	0,045	0,090 (III)
Ny 1 10-13 cm	73	5,6 (III)	0,436 (IV)	0,026	0,052 (III)
Ny 3 0-2 cm	58	6,0 (IV)	0,438 (IV)	0,010	0,020 (II)
Ny 3 5-10 cm	60	3,0 (III)	0,210 (IV)	0,014	0,028 (III)
Ny 3 15-20 cm	54	3,0 (III)	0,211 (IV)	0,023	0,046 (III)
Ny 4 0-2 cm	41	3,4 (III)	0,248 (IV)	0,035	0,070 (III)
Ny 4 5-10 cm	45	2,3 (III)	0,153 (III)	0,017	0,034 (III)
Ny 4 15-23 cm	49(81)	0,08 (I)	0,007 (I)	-	-



Figur 5.2 Organiskemiljøgifter i sediment fra Bangarvågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001), KV stasjonene er fra 1995 (RF 1995) mens Ba1 og 2A er fra 1995 (NIVA 1996).



Figur 5.3 PCB profiler for funn i Bangarvågen og profiler til utvalgte PCB typer som har lignende profiler.

Figur 5.3 viser PCB profilene fra prøvene innhentet i Bangarvågen og profiler for et utvalg av de mest brukte PCB typer som kan være kilden til forurensingen i Bangarvågen. Som en følge av at det kan være blanding av forskjellige PCB typer som er påvist, er det ikke å forvente at en får 100% "overlapp" mellom innhentede prøver og kjente PCB profiler.

En oversikt over sammensetning og profiler for kjente PCB typer basert på "Tolkning av PCB-profiler. Beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter" (Konieczny og Mouland, 1997) er gjengitt i appendiks G.



5.1.2 Vågen

5.1.2.1 TOC og kornstørrelse

Resultatene fra to lokaliteter i Vågen er presentert i tabell 5.5, og viser at sedimentet er relativt grovt (ingen av prøvene hadde høyere enn 33 % finstoff) samtidig som det TOC innholdet lå mellom 4-10%. Tabell 5.5 viser i tillegg til normalisert TOC og SFT klassifisering (alle kl. V). Formel for normalisering av TOC er gitt i appendiks D, mens bilde som viser sediment fra Vågen er gjengitt i Appendiks C.

Nivåene av normalisert TOC mye høyere enn de målte verdiene, noe som skyldes at andelen finstoff er lav (relativt grovt sediment gir stort utslag ved normalisering).

Relativt grovt sediment gjør også at tilstandsklassene for metallene og de organiske miljøgiftene ikke gir et fullstendig bilde med tanke på tilførsler av miljøgifter i Vågen. Dette som følge av at tilførte miljøgifter ikke akkumuleres i like stor grad som i sediment med høyere andel finstoff (miljøgifter har høyere affinitet for små partikler). Generelt sett indikerer derfor høye verdier i grovkornet sediment større tilførsel enn tilsvarende verdier i finkornet sediment.

Tabell 5.5 TOC(målt og normalisert), kornstørrelse <63µm i Bangarvågen. Tilstandsklasser i henhold til SFT 97:03 er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes).

Vågen	TOC (g/100g TS)	Norm TOC (mg/g TS)	Kornstørrelse <0.063mm (%)
Ny 1 5-10 cm	6,7	79,9 (V)	28,39
Ny 1 10-15 cm	4,3	56,1 (V)	27,02
Ny 1 15-20 cm	5,7	69,8 (V)	29,10
Ny 1 20-23 cm	5,8	70,0 (V)	33,37
Ny 2 5-10 cm	6,0	73,4 (V)	25,68
Ny 2 10-15 cm	9,5	73,8 (V)	23,09
Ny 2 15-20 cm	4,8	61,3 (V)	26,40
Ny 2 20-25 cm	4,0	53,3 (V)	26,30
Best.grense	0,1/100g		-

5.1.2.2 Metaller

Resultatene fra metallanalysene fra Vågen er gitt i tabell 5.6. For arsen, krom og nikkel er alle prøvene i tilstandsklasse I, mens alle sink prøvene er i tilstandsklasse II. For bly er alle sjiktene på begge stasjonene klassifisert som tilstandsklasse III. Kobber og kadmium har verdier som tilsvarer både kl. II og III, mens Hg på Ny 1 10-15 cm og Ny 2 15-20cm klassifiseres lavt i klasse IV.

Resultatene indikerer at sedimentet i Vågen har en overkonsentrasjon av kvikksølv, kadmium, kobber og bly. Det er ingen klar trend som viser avtagende konsentrasjoner nedover i sedimentet, selv om det er tilfellet for noen av metallene. Resuspensjon som følge av f. eks. skipstrafikk med påfølgende sedimentering kan gi varierende konsentrasjoner både mellom lokaliteter som ligger nær hverandre og nedover i sedimentet.

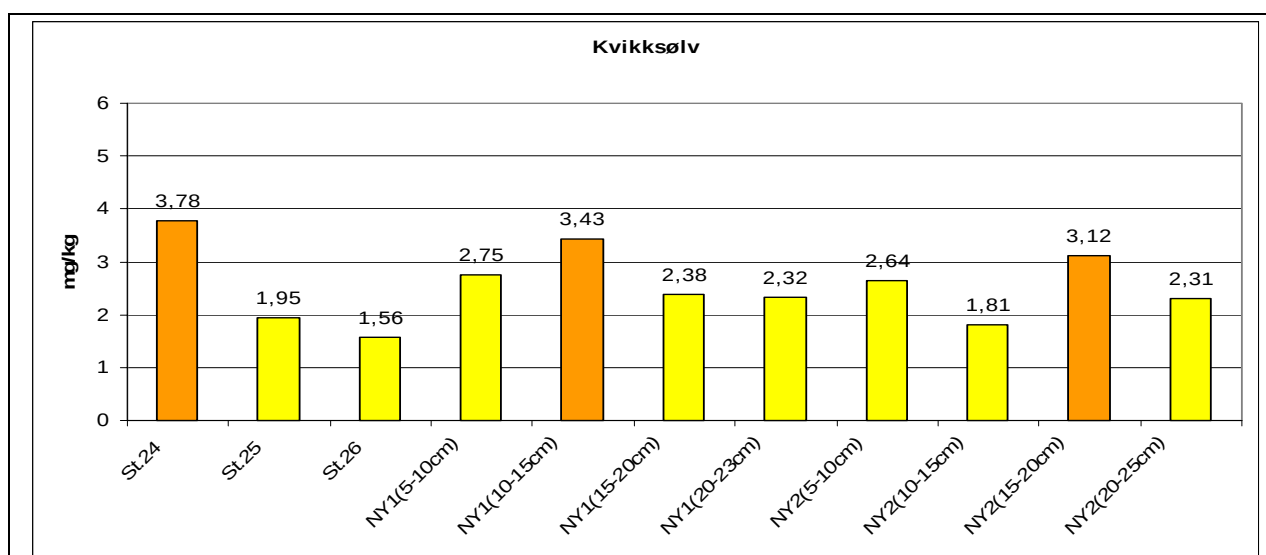


Tabell 5.6 Metaller i sedimentprøver fra Vågen. Tilstandsklasser i henhold til SFT 97:03 er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes).

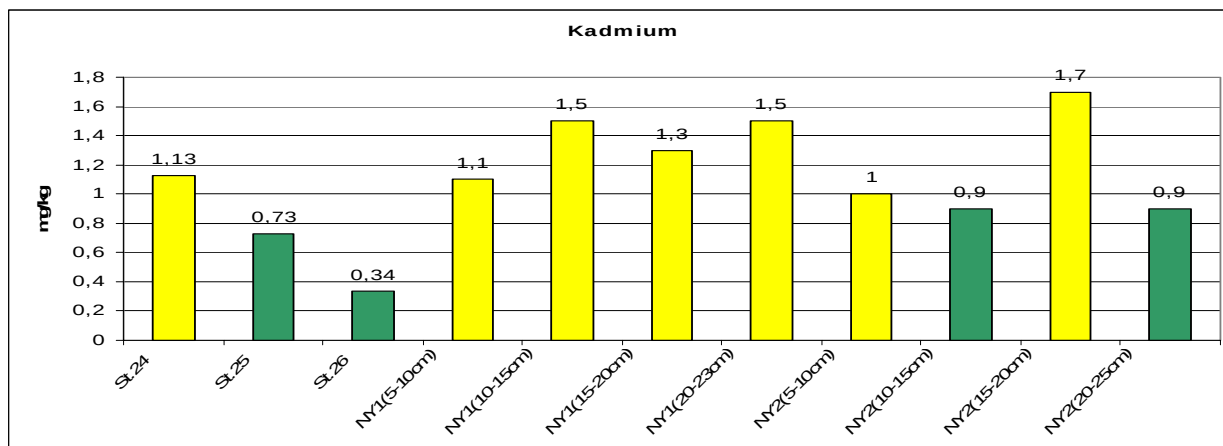
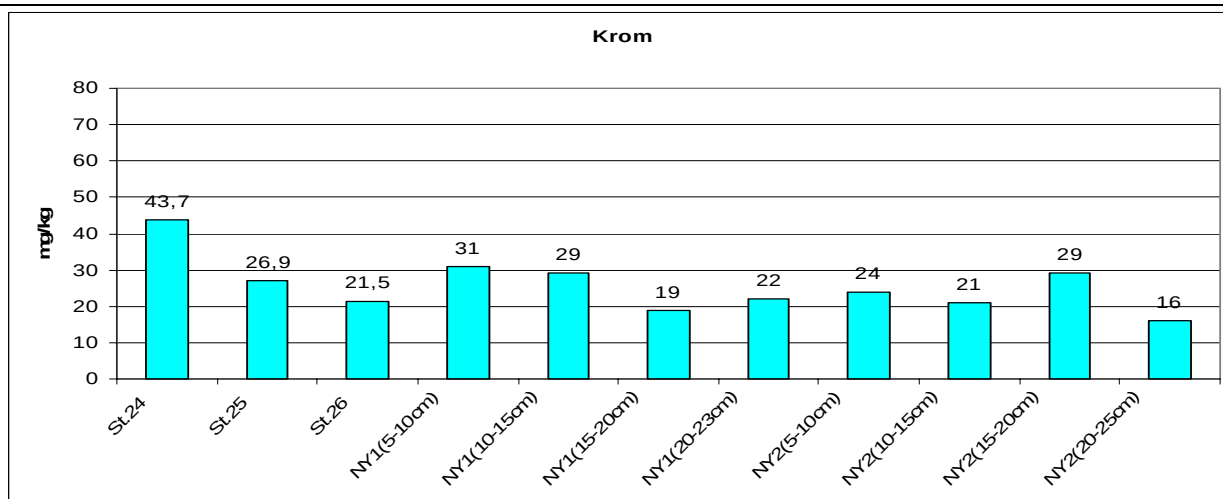
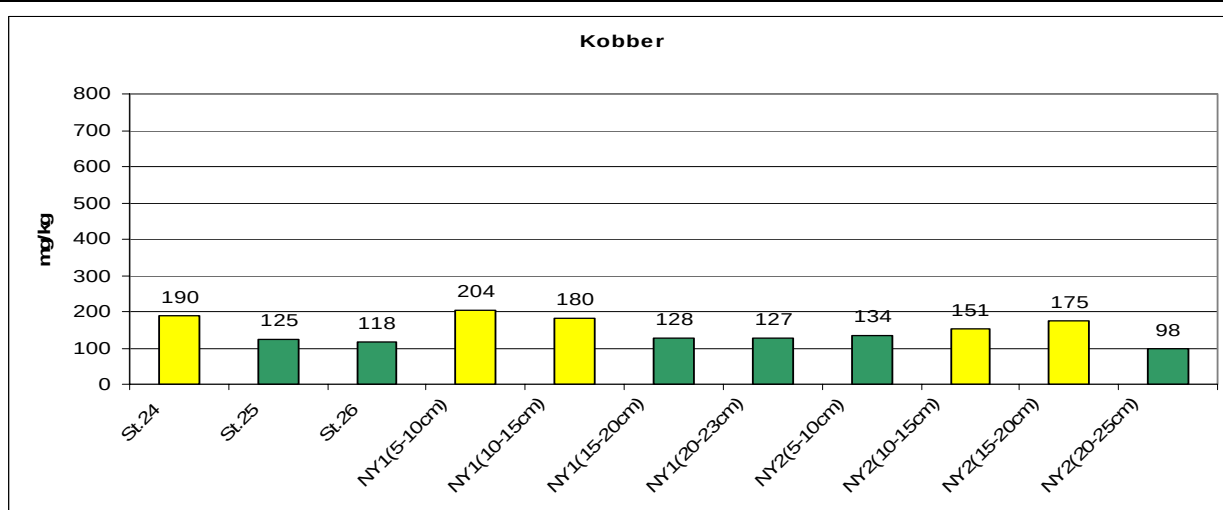
Prøve merket:	Hg	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Vågen	mg/kg tørt materiale							
Ny 1 5-10 cm	2,75 (III)	16 (I)	1,1 (III)	31 (I)	204 (III)	18 (I)	283 (III)	529 (II)
Ny 1 10-15 cm	3,43 (IV)	18 (I)	1,5 (III)	29 (I)	180 (III)	17 (I)	306 (III)	648 (II)
Ny 1 15-20 cm	2,38 (III)	18 (I)	1,3 (III)	19 (I)	128 (II)	14 (I)	270 (III)	538 (II)
Ny 1 20-23 cm	2,32 (III)	19 (I)	1,5 (III)	22 (I)	127 (II)	16 (I)	313 (III)	646 (II)
Ny 2 5-10 cm	2,64 (III)	18 (I)	1,0 (III)	24 (I)	134 (II)	17 (I)	209 (III)	506 (II)
Ny 2 10-15 cm	1,81 (III)	13 (I)	0,9 (II)	21 (I)	151 (III)	15 (I)	191 (III)	390 (II)
Ny 2 15-20 cm	3,12 (IV)	20 (I)	1,7 (III)	29 (I)	175 (III)	19 (I)	266 (III)	628 (II)
Ny 2 20-25 cm	2,31 (III)	14 (I)	0,9 (II)	16 (I)	98 (II)	16 (I)	221 (III)	394 (II)
Est LOD	0,005	1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1

I figur 5.4 er nivåene i 2002 sammenliknet med tidligere undersøkelser. Det er ingen tydelige forskjeller mellom stasjonene, men en mulig tendens til lavere nivåer innerst i Vågen, spesielt på stasjon 25 og 26. Konsentrasjonene som ble funnet nedover i sedimentene i 2002 er for de fleste metallene høyere enn det som tidligere er påvist i overflatelaget, da spesielt på stasjon 25 og 26 (overflatesjiktet ble ikke analysert i årets undersøkelse). Dette indikerer at noe renere sediment ligger over kontaminert sediment. Analyser av overflateprøvene fra årets undersøkelse vil kunne bekrefte dette.

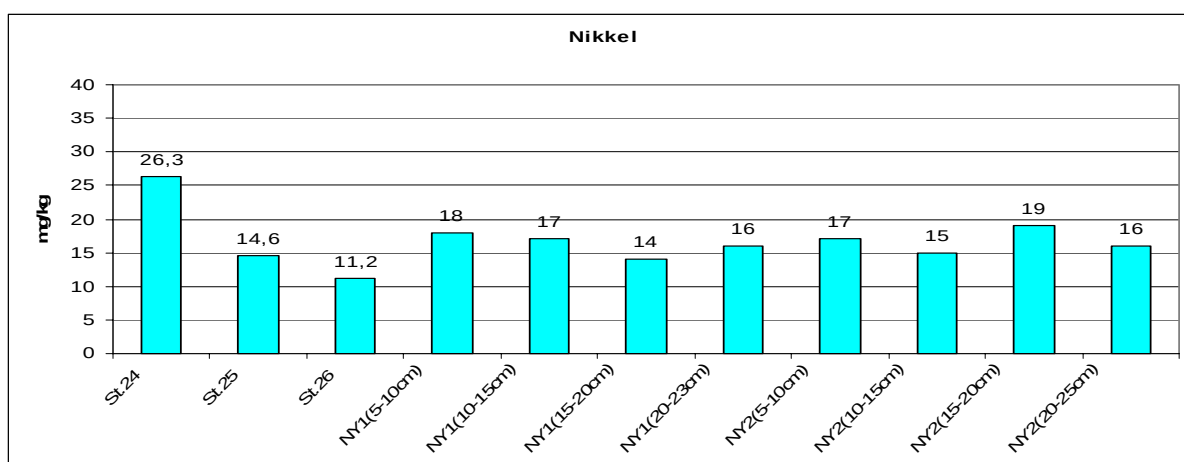
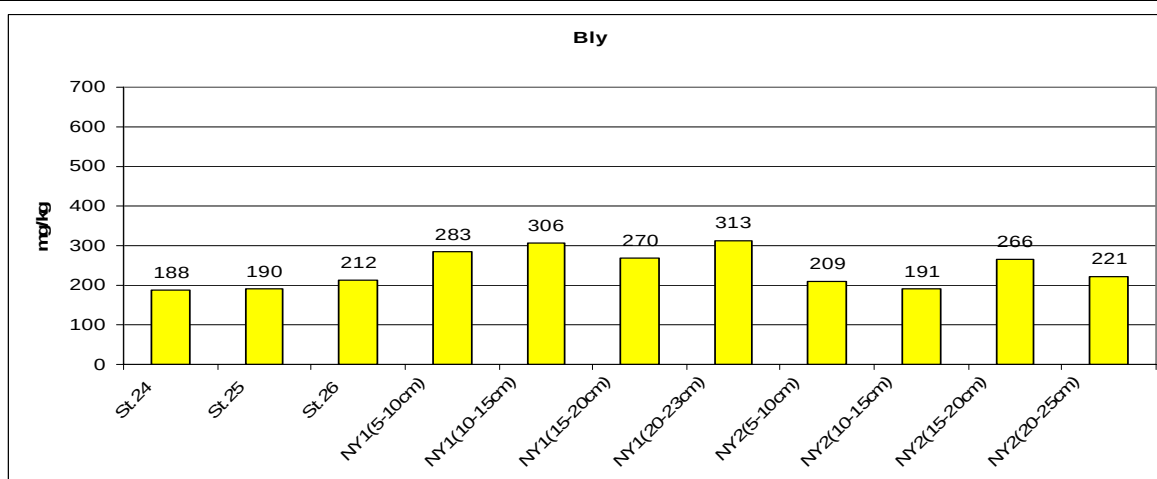
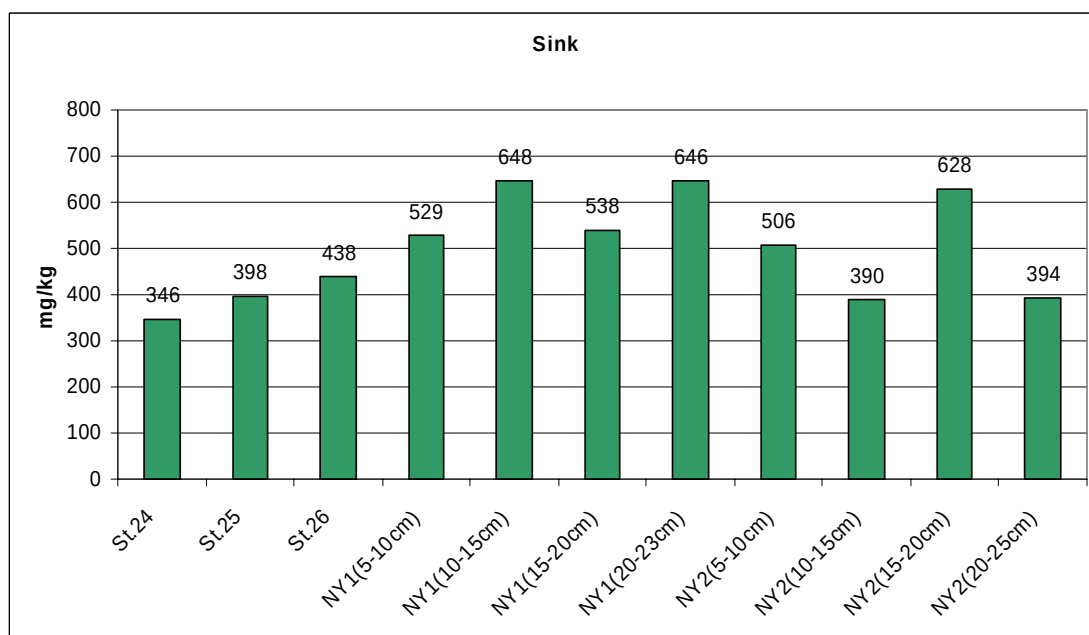
Det er på bakgrunn av dataene vanskelig å anslå mektigheten av metallforurensningene, men den går dypere enn 20 - 25 cm (dypeste sjiktet).



Figur 5.4 Metaller i sediment fra Vågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, mens stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001).



Figur 5.4 (forts.) Metaller i sediment fra Vågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, mens stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001).



Figur 5.4 (forts.) Metaller i sediment fra Vågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001).



5.1.2.3 Organiske miljøgifter

Tabell 5.7 viser resultatene fra analysene med henhold på tørrstoff, PAH, benzo(a)pyrene og PCB (ΣPCB_7 og ΣPCB). I tillegg er tilstandsklasser vist både med fargekoder og tall (i parentes).

PAH innholdet i sedimenter fra Vågen i 2002 er alle klassifisert som tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset). Med unntak av prøven fra 5-10 cm sjiktet på Ny2 hvor det ble påvist 330 mg/kg lå konsentrasjonene mellom 37-60 mg/kg. Grensen mellom tilstandsklasse IV og V går ved 20 mg/kg.

Innholdet av **benzo(a)pyren** i sedimentprøver fra Vågen i 2002 er alle klassifisert som tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset). Også her er prøven fra 5-10 cm sjiktet på Ny2 med en verdi på 12,69 mg/kg vesentlig høyere enn de andre prøvene som ligger mellom 3,12 og 5,9 mg/kg.

Innholdet av **PCB** (" ΣPCB ") i sedimentprøvene fra 2002 er alle klassifisert som tilstandsklasse IV (markert forurensset) med unntak av 5-10 og 10-15 cm sjiktet på stasjon Ny1 som er klassifisert som tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset).

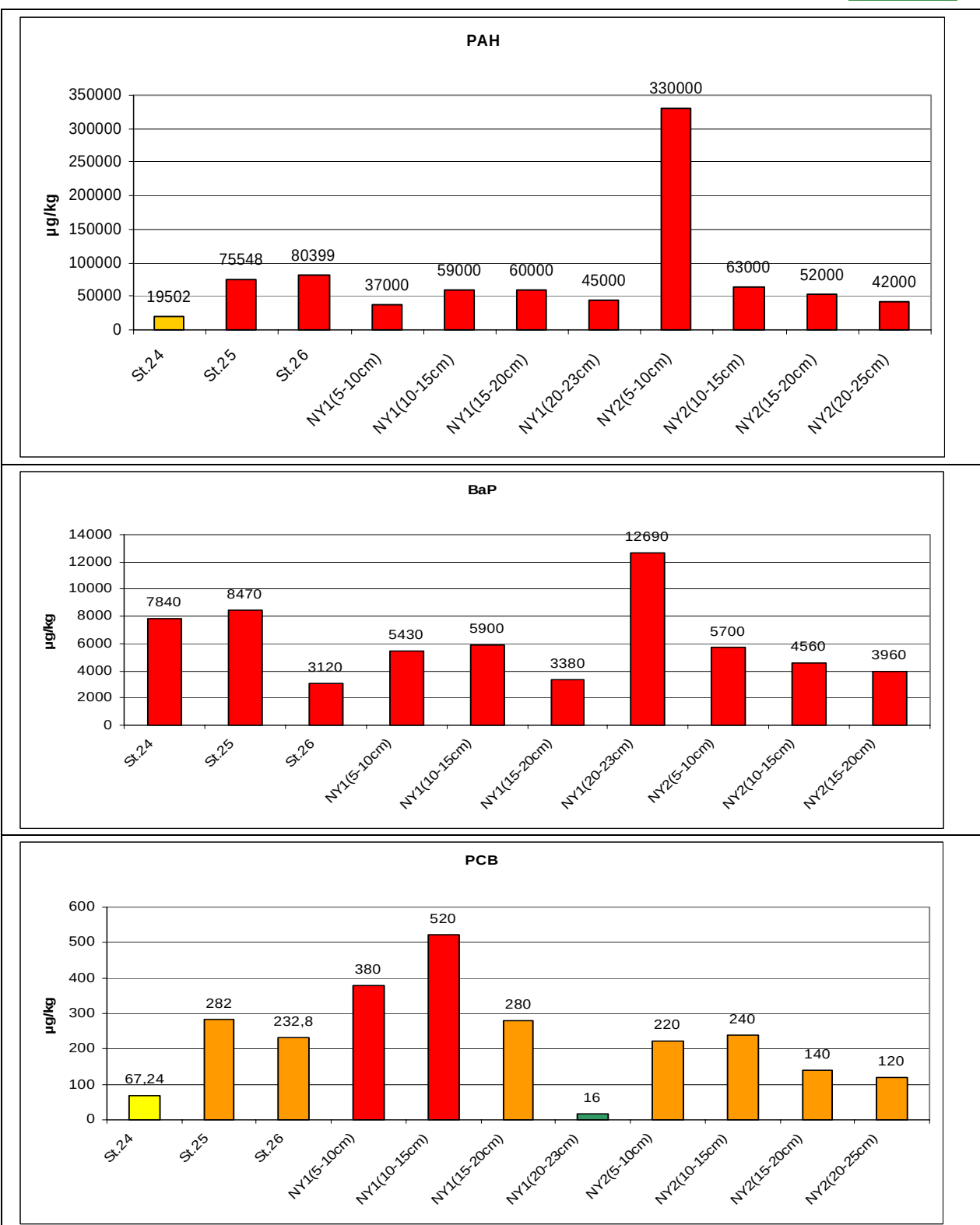
En sammenligning av verdier nedover i sedimentene viser generelt en avtagende tendens nedover i sedimentet for de organiske miljøgiftene selv om de dypeste sjiktene på begge stasjonene blir klassifisert som tilstandsklasse V (PAH og benzo(a)pyrene) og klasse IV (" ΣPCB ").

En sammenligning med overflatesjiktene fra undersøkelsen i 2001 (tabell 5.6) fra stasjon 24, 25 og 26 (stasjon 25 tilsvarer stasjon Ny1 og stasjon 26 Ny 2 i 2002) viser at også overflatesedimentet på disse stasjonene er meget sterkt forurensset med hensyn på organiske miljøgifter. Alle prøvene/sjiktene ble klassifisert som tilstandsklasse V for både $\Sigma\text{PAH}_{15(16)}$ og benzo(a)pyrene. For ΣPCB er alle prøvene/sjiktene klassifisert som tilstandsklasse IV med unntak av to sjikt fra NY 1 (DNV 2002).

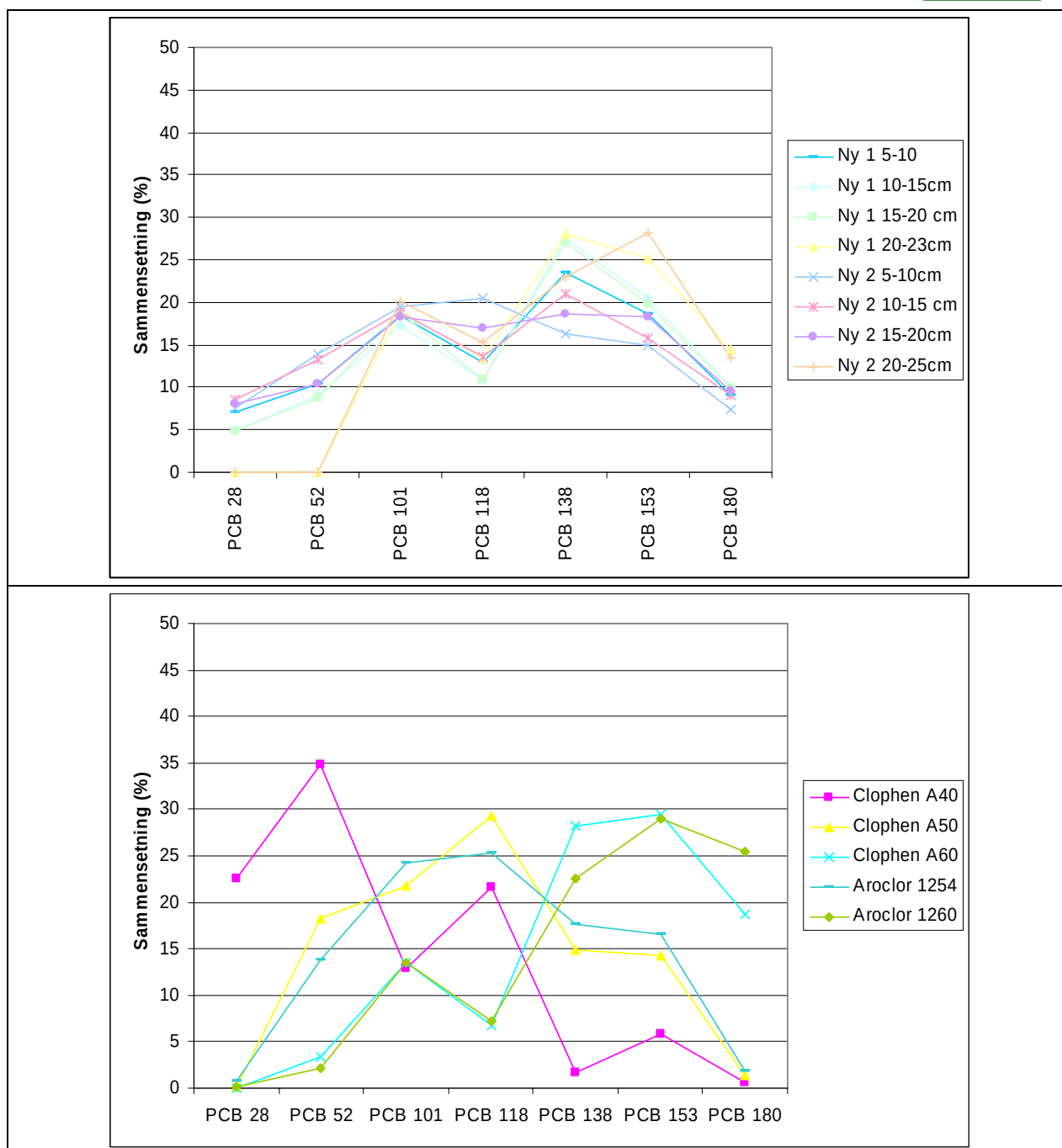
Resultatene indikerer samlet sett at Vågen er henholdsvis markert forurensset og meget sterkt forurensset ned til minimum 25 cm med hensyn på PAH og PCB.

Tabell 5.7 Tørrstoff, PAH, PCB7 og estimert ΣPCB i sedimentprøver fra Bangarvågen. Tilstandsklasser er gitt både som fargekoder og som tallverdi (romertall i parentes) henhold til SFT 97:03 med unntak av PCB. PCB7 er multiplisert med 2 før klassifisering. Beskrivelse av tilstandsklassene er gitt i appendiks C.

Vågen	Tørrstoff	ΣPAH 16 EPA	Benzo(a)pyrene	ΣPCB_7	ΣPCB (2* ΣPCB_7)
	%	mg/kg tørt materiale			
Ny 1 5-10 cm	49	37 (V)	3,12 (V)	0,19	0,38 (V)
Ny 1 10-15 cm	54	59 (V)	5,43 (V)	0,26	0,52 (V)
Ny 1 15-20 cm	56	60 (V)	5,90 (V)	0,14	0,28 (IV)
Ny 1 20-23 cm	52	45 (V)	3,38 (V)	0,08	0,16 (IV)
Ny 2 5-10 cm	56	330 (V)	12,69 (V)	0,11	0,22 (IV)
Ny 2 10-15 cm	60	63 (V)	5,7 (V)	0,12	0,24 (IV)
Ny 2 15-20 cm	58	52 (V)	4,56 (V)	0,07	0,14 (IV)
Ny 2 20-25 cm	60	42 (V)	3,96 (V)	0,06	0,12 (IV)



Figur 5.6 Organiskemiljøgifter i sediment fra Vågen. Stasjoner med betegnelsen Ny er fra denne undersøkelsen, stasjoner med bare nr. er fra 2001 (Moen 2001).



Figur 5.5 PCB profiler fra prøver i Vågen og mulige PCB typer.

Figur 5.5 viser PCB profilene fra prøvene innhentet i Bangarvågen og profiler for et utvalg av de mest brukte PCB typer som kan være kilden til forurensingen i Bangarvågen. Som en følge av at det kan være blanding av forskjellige PCB typer som er påvist, er det ikke å forvente at en får 100% "match" mellom innhentede prøver og kjente PCB profiler.

En oversikt over sammensetning og profiler for kjente PCB typer basert på "Tolkning av PCB-profiler. Beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter" (Konieczny og Mouland, 1997) er gjengitt i appendiks G.



6 KONKLUSJON

For Bangarvågen og Vågen, hvor sedimentet er relativt grovt (henholdsvis mellom 7-24% og 23-33% finstoff) og inneholder henholdsvis mellom 0,2-5% og 4-9,5% TOC er ikke tilstandsklassifiseringen til SFT helt optimal, men den er allikevel brukt. Det relativt grove sedimentet er trolig et resultat av relativt god vannutskifting/vannomrøring, noe som fører til lite sedimentering av finstoff. Miljøgifter som har en høy affinitet for små partikler, vil da ha en tendens til ikke å sedimentere i et lite avgrenset området nær kilden, men transporteres ut av lokaliteten, slik at forurensingen sprer seg over et større område. Det gjør det vanskeligere både å spore kilder men også å vurdere kildens størrelse i områder med god vannutskifting enn i områder med stillestående vann.

Relativt grovt sediment i Bangarvågen og Vågen gjør også at tilstandsklassene for metallene og de organiske miljøgiftene ikke gir et fullstendig bilde med tanke på tilførsler av miljøgifter i Vågen (SFT 97:03). Høyt innhold av miljøgifter i områder med grovt sediment må derfor betegnes som et høyere belastet område (har trolig større tilførsel) enn områder med tilsvarende miljøgiftkonsentrasjoner og fint sediment.

Ved fremtidig undersøkelse av Vågen bør en vurdere å benytte seg av noe tynger corer, slik at en får kjerner som er dypere. Dette for å kunne innhente kjerner som er så lange at en kommer ned i tilnærmet "rent" sediment.

6.1 Bangarvågen

Landområder med størst potensial for aktive kilder til forurensning av sjøsedimenter er vurdert å være i øst (kommunalt deponi og "Essobasen") og på Tømmerodden med brannøvingsfelt, og gammelt verksted for reparasjon av båter.

Potensialet for aktive forurensningskilder lenger sør på Kværner Rosenbergs område synes å være størst i området som i denne rapporten er kalt "den gamle delen", dvs. området fra Hall 2 og sørover. Her vil spredning av forurensning mest sannsynlig skje mot Byfjorden og ikke mot Bangarvågen. I "det nye området" fra Hall 2 og nordover kan det allikevel ikke utelukkes at det finnes aktive kilder til forurensning i Bangarvågen. Det knyttes usikkerhet til deponert avfall under Hall 2, og det er ikke gjort detaljerte undersøkelser av de ulike aktivitetene som har pågått opp gjennom årene. I en eventuell grundigere kartlegging av mulige kilder vil det være hensiktsmessig å se på hele Kværner Rosenbergs område under ett, slik at en får full oversikt over alle aktiviteter og hendelser som har betydning for forurensningssituasjonen i sjøen. Antagelsen om at det på Kværner Rosenberg har pågått mye som kan ha bidratt til forurensning i sjøsedimenter kan vanskelig motargumenteres.

Generelt sett er det nødvendig å gjøre miljøtekniske grunnundersøkelser med opptak av jordprøver til kjemiske analyser for å avkrefte eller bekrefte grunnforurensning i de potensielle kildeområdene. Dette dokumentet kan da være et utgangspunkt for å peke ut områdene som er viktigst å få kartlagt og hvilke miljøgifter man kan forvente å finne i disse områdene.

På de 3 sedimentstasjonene som ble undersøkt er det generelt sett lavere verdier i det nederste sjiktet for alle metallene. På stasjon Ny 4 sjikt 15-23 cm indikerer resultatene at en har kommet ned i "rene" sedimenter. På de to andre stasjonene lot det seg ikke gjøre å få like dype kjerner



med utstyret som ble benyttet (hardt sediment). Det er derfor ikke kjent om sedimentene på disse og andre lokaliteter i Bangarvågen er "rene" på tilsvarende sedimentdyp (15-23 cm).

Samlet sett indikerer disse resultatene at sedimenter i Bangarvågen er forurensset ned til mellom 20-30 cm. Det kan allikevel ikke utelukkes at forurensingen går dypere på enkelte lokaliteter da dette kun er basert på prøver fra 3 stasjoner.

De omtalte kildeområdene på land har gitt den forurensningssituasjonen i sjøsedimentene som disse og tidligere resultater indikerer. Det er ikke mulig å knytte forurensningen på de ulike stasjonene opp mot bestemte kilder på land. Resultatene indikerer ingen stor forskjell mellom forurensningsnivå i toppsjiktet og i mellomsjiktet. Datagrunnlaget er for lite til å kunne vurdere om dette tilsier en fortsatt tilførsel av forurensning til Bangarvågen (dvs. at det finnes aktive kilder på land).

6.2 Vågen

Forurensede masser fra gassverktomta som skal ha blitt deponert i Vågen kan utgjøre en potensiell aktiv kilde til forurensning av sjøsedimenter i Vågen. Uten kjennskap til mengder og alder (når massene ble deponert) er det vanskelig å si noe om hvorvidt disse massene fortsatt representerer en utlekkingskilde av betydning. Potensialet for andre aktive kilder på land i Vågen er vurdert som lavt.

Sedimentprøver tatt i Vågen viser til høyt innhold av PAH som er langt høyere enn i Bangarvågen. Det antas at gassverktomta og/eller deponerte masser i Vågen fra gassverktomta har vært en betydelig bidragsyter til PAH-forurensningen i Vågen.

Resultatene indikerer samlet sett at Vågen er henholdsvis markert forurensset og meget sterkt forurensset ned til minimum 25 cm med hensyn på PAH og PCB. For metaller indikerer resultatene at sedimentet i Vågen har en overkonsentrasjon av kvikksølv, kadmium, kobber og bly. Det er ingen klar trend som viser avtagende konsentrasjoner nedover i sedimentet, selv om det er tilfellet for noen av metallene.

I likhet med resultatene fra Bangarvågen, er analyseresultater fra prøver fra toppsjikt, mellomsjikt og dypere lag av sedimentprofilen ikke egnet til å vurdere om det fortsatt er tilførsel av forurensning til sjøen. Til det er forskjeller i konsentrasjoner i de ulike sjiktene for små, og antall prøver for lite.



7 REFERANSER

Fylkesmannen i Rogaland i 2002, Miljørappport nr 1 – 2002. Tiltaksplan for opprydning av forurensede sedimenter i Stavanger Havn.

Konieczny, R.M. og L. Mouland, **1997**. Tolkning av PCB-profiler. Beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter. SFT-rapport nr. 97:33, TA-1497/1997.

Moen, K., 2001. Undersøkelse av forurensningen av sedimentene i Stavanger Interkommunale Havn. 74pp + vedlegg.

Nerheim et al, 1995. I vekst og forandring. Rosenberg Verft 100 år. 1896-1996. Gunnar Nerheim, Lars Gaute Jøssang, Bjørn S. Utne

NGU-rapport, 1989. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn. Nr 89.148.

NIVA 1995, Konieczny, Roger M., Juliussen Anette: Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder. Fase 1: Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. NIVA Rapport LNR 3275 ISBN 82-577-2780-6

NIVA 1996, Tor Bokn, Torbjørn M. Johnsen, Jon Knutzen, Evy Lømsland, Frithjof Moy, Kari Nygaard, Brage Rygg: Resipientundersøkelse i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. NIVA Rapport LNR 3593-96 ISBN 82-577-3033-5

RF 1995, Westerlund, Stig: Sedimentundersøkelse ved Kværner Rosenberg. Rogalandsforskning Rapport RF-95/221

SFT 1991. Veiledning for miljøtekniske grunnundersøkelser. SFT-veiledning 91:01

SFT 1997, Jarle Molvær, Jon Knutzen, Jan Magnusson, Brage Rygg, Jens Skei, Jan Sørensen: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03 SFT ISBN 82-7655-367-2

pers. komm. Pettersen, R. N., 2002. Ansatt hos Kværner Rosenberg

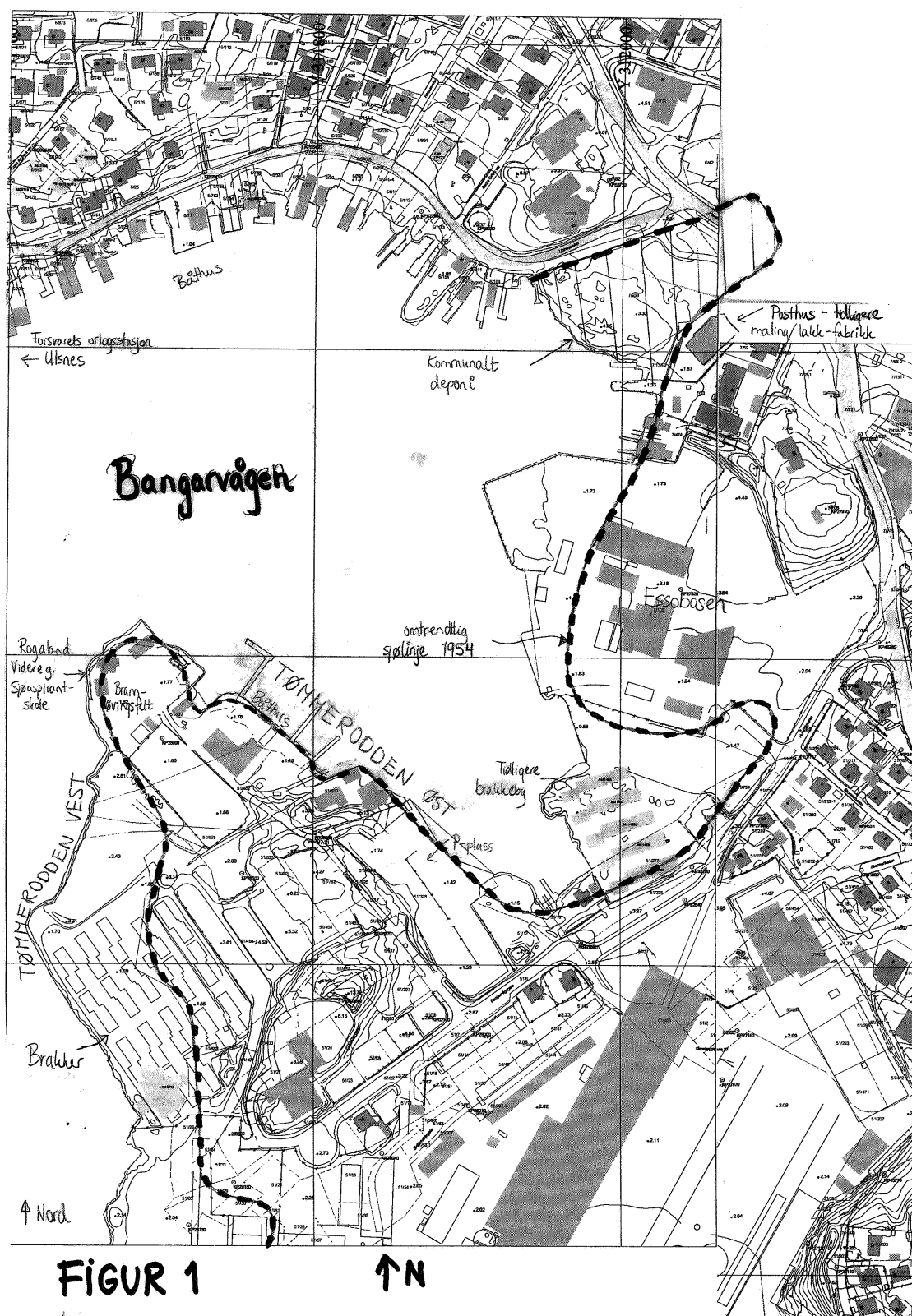
SFT, 1997. Kilder til miljøgifter i kommunalt avløp og slam. Litteraturstudie. SFT-rapport 97:07

- o0o -

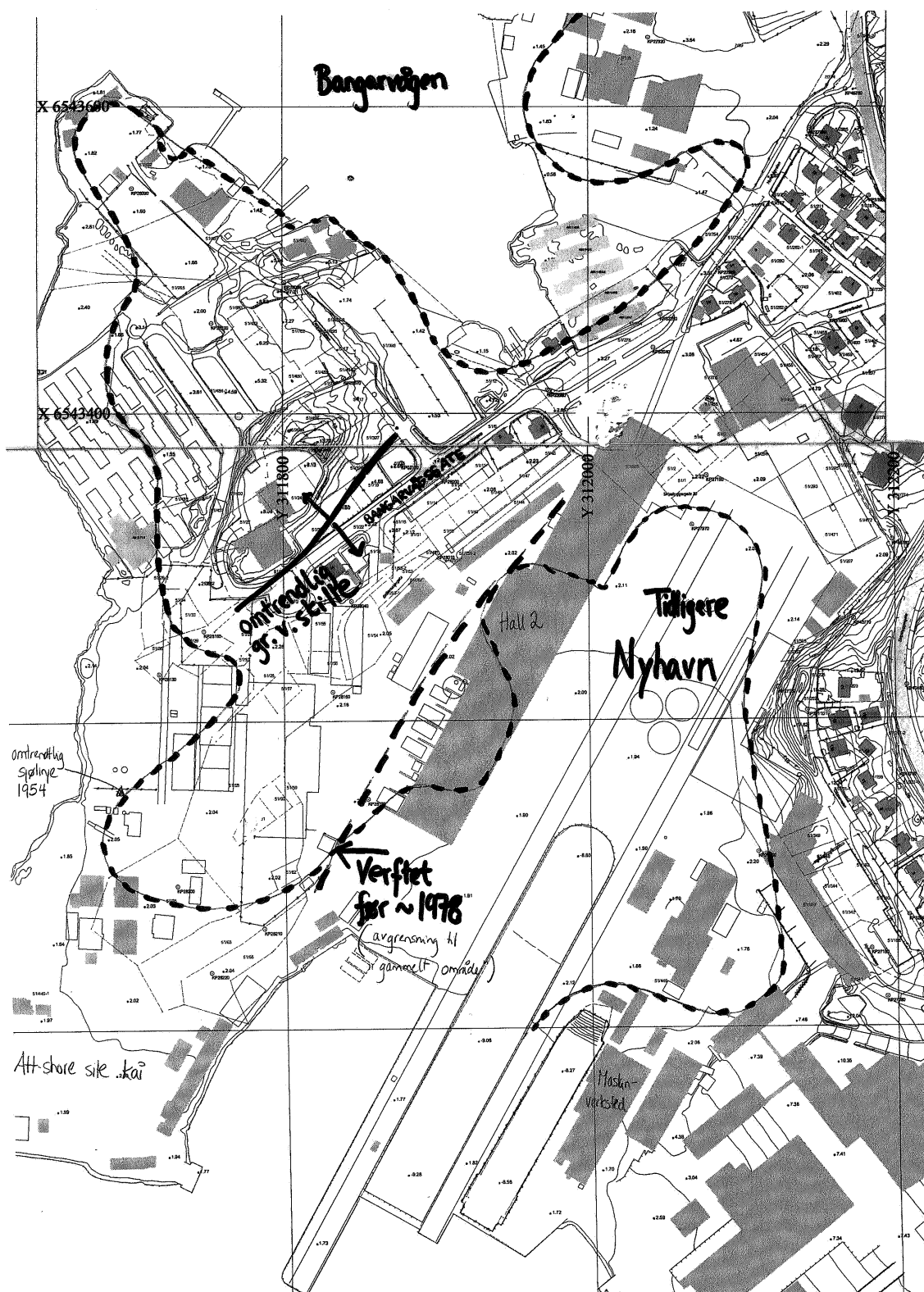
APPENDIKS

A

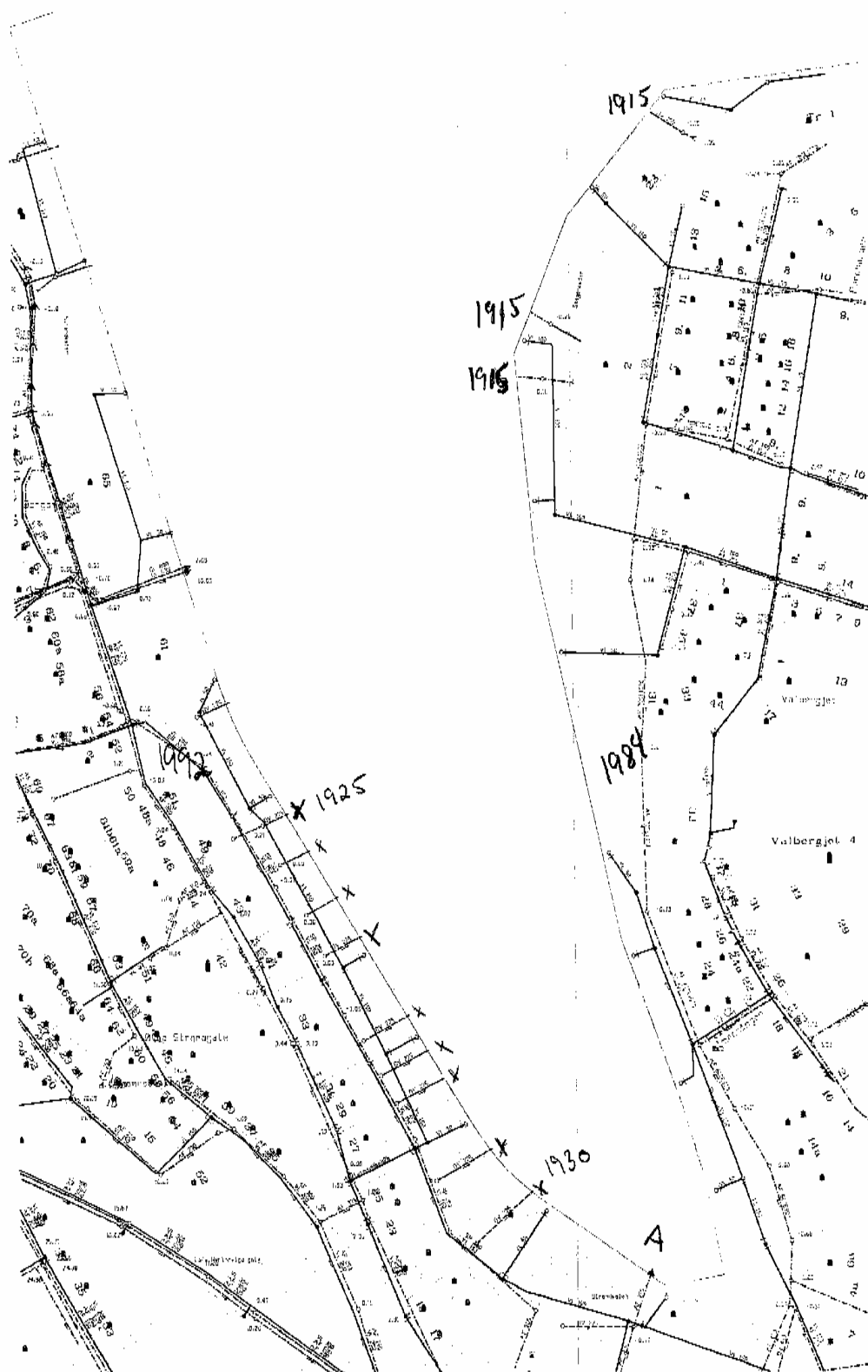
KART FRA KILDEKARTLEGGING



Figur 1 Kart over Bangarvågen og deler av Kværner Rosenberg verft.



FIGUR 2 ↑ N
Figur 2 Kart over indre del av Bangarvågen og deler av Kværner Rosenberg verft.



Figur 3 Overvannskummer (merket med "x") og utløp fra svømmehall (merket "A") i Vågen

- o0o -

APPENDIKS

B

ANALYSERESULTATER

**SINTEF Kjemi**

Adresse/Address:
Postboks 124 Blindern
N-0314 Oslo 3, NORWAY

Besøksadresse/Location:
Forskningsveien 1

Telefon/Telephone:
+47 22 06 73 00

Telefax:
+47 22 06 73 50

Telex:
71 536 SI N

Enterprise nr.: 948007029

DNV
Veritasveien 1
1322 Høvik

Att.: Erik Bjørnbom

Prøvingsrapport

Deres ref.:
E.Bjørnbom

Vår ref.:
G.Tveten

Direkte innvalg:
22067981

Oslo,
2003-01-14

Oppdrag nr.:
664265.27
Prøveserie.:
2002-463

Oppdragets tittel:

ANALYSE AV SEDIMENTPRØVER FRA STAVANGER HAVN

Innledning

Prøvene ble mottatt 051202 for analyse av, polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, polyklorete bifenyl, PCB, utvalgte metaller, TOC, og kornstørrelse (<63µm).

Beskrivelse og identifikasjon av prøvingsobjekter

Følgende prøver ble mottatt:

Prøve	Serie nr	Prøve	Serie nr
Bangarvågen	2002-463	Vågen	2002-463
Ny 1 5-10 cm	1	Ny 1 5-10 cm	10
Ny 1 10-13 cm	2	Ny 1 10-15 cm	11
Ny 3 0-2 cm	3	Ny 1 15-20 cm	12
Ny 3 5-10 cm	4	Ny 1 20-23 cm	13
Ny 3 15-20 cm	5	Ny 2 5-10 cm	14
Ny 4 0-2 cm	6	Ny 2 10-15 cm	15
Ny 4 5-10 cm	7	Ny 2 15-20 cm	16
Ny 4 15-20 cm	8	Ny 2 20-25 cm	17
Ny 4 20-23 cm	9		

Etter avtale med oppdragsgiver ble det laget blandprøver av prøvene 463-8 og 9.

www.silite.it

1 av 5
664265.27



Eksperimentelt

De organiske analysene ble utført i ukene 49 og 50.
Analyse av metaller er utført i november 2002

Følgende akkrediterte analyseforskrift ble benyttet:

Polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, i sediment og jord. (KS 66-40-A-504)

Polyklorerte bifenyl (PCB) i sedimenter, slam og jord. (KS 66-40-A-501)

Bestemmelse av metaller i sedimenter. (KS 66-40-A-503)

Bestemmelse av tørrstoff er ikke akkreditert.

Prøvene ble oppbevart i kjølerom til analysene ble utført.

Etter homogenisering ved omrøring, ble deler av prøvene veid ut til de aktuelle analysene og en del til tørrstoffbestemmelse.

PAH/PCB-analyse

Det ble tilsatt interne standardblandinger, og prøvene ble ekstrahert med diklormetan/metanol/vann i ultralydbad og på ristebord. Etter bytting av løsemiddel til cykloheksan, ble prøvene rensert med acetonitril.

Ekstraktene ble analysert på en gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MS).

Til identifisering av de forskjellige PAH/PCB komponentene ble den enkelte forbindelses molekyl ion innenfor et bestemt tidsintervall registrert. De enkelte PAH/PCB komponentene ble kvantifisert ved hjelp av standardblandinger og de tilsatte indre standarder.

Metall-analyse

Jordprøvene ble tørket ved 40°C og fraksjonen mindre enn 0,5 mm ble ekstrahert i 7M salpetersyre i henhold til NS 4770.

Alle metallene er bestemt (ekskl Hg) med ICP-AES.

Hg blir bestemt med CVAAS.

TOC og kornstørrelse blir utført på Jordforsk.

Analysereporten er vedlagt.

**Resultater:****Tabell 1: PAH og PCB -analyser**

Prøve	Serie nr	Tørrstoff	Sum PAH 16 EPA	Sum PCB 7 dutch
Bangarvågen	2002-463	%	mg/kg tørt materiale	
Ny 1 5-10 cm	1	71	4,9	0,045
Ny 1 10-13 cm	2	73	5,6	0,026
Ny 3 0-2 cm	3	58	6,0	0,010
Ny 3 5-10 cm	4	60	3,0	0,014
Ny 3 15-20 cm	5	54	3,0	0,023
Ny 4 0-2 cm	6	41	3,4	0,035
Ny 4 5-10 cm	7	45	2,3	0,017
Ny 4 15-23 cm	8+9	49(81)	0,08	-
Vågen				
Ny 1 5-10 cm	10	49	37	0,19
Ny 1 10-15 cm	11	54	59	0,26
Ny 1 15-20 cm	12	56	60	0,14
Ny 1 20-23 cm	13	52	45	0,08
Ny 2 5-10 cm	14	56	330	0,11
Ny 2 10-15 cm	15	60	63	0,12
Ny 2 15-20 cm	16	58	52	0,07
Ny 2 20-25 cm	17	60	42	0,06

- = ikke påvist

Se vedlagte tabeller for fordelingen av de enkelte PAH og PCB forbindelsene.

Måleusikkerhet i PAH-metoden:

Basert på analyser av referansemateriale og en "Husstandard" er måleusikkerheten i PAH-metoden 25 %.

Måleusikkerhet i PCB-metoden:

Usikkerhet i analysen er $\pm 30\%$ basert på analyse av referansemateriale og kontrollprøver.

**Tabell 2: Metaller**

Prøve merket:	Serie nr.:	Hg	Sn	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Bangarvågen	2002-463	mg/kg tørt materiale								
Ny 1 5-10 cm	1	0,62	8,6	6	<0,2	15	37	14	87	102
Ny 1 10-13 cm	2	0,52	5,9	6	<0,2	12	23	9	109	79
Ny 3 0-2 cm	3	0,58	4,6	7	0,2	11	47	11	52	119
Ny 3 5-10 cm	4	3,60	3,7	10	0,5	10	52	10	48	112
Ny 3 15-20 cm	5	0,31	2,2	4	0,6	7	25	7	41	77
Ny 4 0-2 cm	6	0,34	3,7	8	0,3	15	36	13	37	98
Ny 4 5-10 cm	7	0,31	2,4	8	0,8	14	26	14	27	81
Ny 4 15-23 cm	8+9	0,01	-	3	0,2	6	4,5	8	3	18
Vågen										
Ny 1 5-10 cm	10	2,75	72	16	1,1	31	204	18	283	529
Ny 1 10-15 cm	11	3,43	80	18	1,5	29	180	17	306	648
Ny 1 15-20 cm	12	2,38	83	18	1,3	19	128	14	270	538
Ny 1 20-23 cm	13	2,32	102	19	1,5	22	127	16	313	646
Ny 2 5-10 cm	14	2,64	49	18	1,0	24	134	17	209	506
Ny 2 10-15 cm	15	1,81	44	13	0,9	21	151	15	191	390
Ny 2 15-20 cm	16	3,12	73	20	1,7	29	175	19	266	628
Ny 2 20-25 cm	17	2,31	54	14	0,9	16	98	16	221	394
est LOD		0,005	0,3	1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1

Usikkerheten i metoden er generelt innenfor 20% for nivåer over nedre kvantifiseringsgrense.

**Tabell 3: TOC og kornstørrelse <63µm.**

Prøve merket:	Serie nr.:	TOC	Sikteprøve <0.063mm
Bangarvågen	2002-463	g/100g tørt materiale	Sikt <63 g/100g
Ny 1 5-10 cm	1	0,8	20,17
Ny 1 10-13 cm	2	1,0	15,83
Ny 3 0-2 cm	3	1,4	18,44
Ny 3 5-10 cm	4	2,1	13,51
Ny 3 15-20 cm	5	3,6	10,77
Ny 4 0-2 cm	6	5,0	23,45
Ny 4 5-10 cm	7	0,2	15,77
Ny 4 15-23 cm	8+9	0,8	7,33
Vågen			
Ny 1 5-10 cm	10	6,7	28,39
Ny 1 10-15 cm	11	4,3	27,02
Ny 1 15-20 cm	12	5,7	29,10
Ny 1 20-23 cm	13	5,8	33,37
Ny 2 5-10 cm	14	6,0	25,68
Ny 2 10-15 cm	15	9,5	23,09
Ny 2 15-20 cm	16	4,8	26,40
Ny 2 20-25 cm	17	4,0	26,30
best.grense		0,1/100g	

Med hilsen
SINTEF Kjemi

Nina Gjøs
Laboratorieleder
Miljøteknologi og analyse

Grete Tveten
Prosjektleder

Vedlegg: Resultattabeller, PAH og PCB
Analyserapport fra Jordforsk

Spesielle betingelser

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt. SINTEF Kjemi tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. Delvis kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF Kjemi. Ønskes opplysninger om usikkerheten i analysene, taes kontakt med laboratoriet.

5 av 5
Oppdragsnummer: 664265.27

S/6640/
664265.27
2002-463

Serie nr: 2002-463- Prøve merket: Bangarvågen	1 Ny 1 5-10 cm	2 Ny 1 10-13 cm	3 Ny 3 0-2 cm	4 Ny 3 5-10 cm	5 Ny 3 15-20 cm	6 Ny 4 0-2 cm	7 Ny 4 5-10 cm	8+9 Ny 4 15-23 cm
mg/kg tørt materiale								
Naftalen	0,096	0,076	0,075	0,027	0,036	0,043	0,039	0,003
Acenaftylen	0,169	0,567	0,191	0,051	0,070	0,070	0,079	0,010
Acenaften	0,037	0,042	0,024	0,018	0,014	0,017	0,019	-
Fluoren	0,075	0,122	0,066	0,048	0,050	0,051	0,046	0,001
Fenantren	0,342	0,394	0,293	0,278	0,262	0,258	0,198	0,003
Antracen	0,106	0,132	0,119	0,078	0,101	0,081	0,068	0,002
Fluoranten	0,535	0,680	0,756	0,469	0,473	0,583	0,365	0,006
Pyren	0,632	0,618	0,850	0,491	0,563	0,492	0,339	0,008
Benz(a)antracen	0,402	0,433	0,509	0,222	0,196	0,297	0,165	0,006
Krysen/Trifenylen	0,392	0,407	0,505	0,228	0,195	0,301	0,170	0,006
Benzo(b)(j)(k)fluoranten	0,757	0,790	0,918	0,405	0,414	0,485	0,313	0,014
Benzo(a)pyren	0,474	0,436	0,438	0,210	0,211	0,248	0,153	0,007
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,372	0,381	0,527	0,214	0,199	0,210	0,142	0,008
Dibenz(ac-ah)antracen	0,128	0,159	0,175	0,076	0,072	0,088	0,058	0,003
Benzo(ghi)perylene	0,418	0,393	0,558	0,222	0,204	0,212	0,143	0,009
Sum	4,933	5,629	6,003	3,037	3,060	3,433	2,297	0,084
Serie nr: 2002-463- Prøve merket: Vågen	10 Ny 1 5-10 cm	11 Ny 1 10-15 cm	12 Ny 1 15-20 cm	13 Ny 1 20-23 cm	14 Ny 2 5-10 cm	15 Ny 2 10-15 cm	16 Ny 2 15-20 cm	17 Ny 2 20-25 cm
mg/kg tørt materiale								
Naftalen	0,99	1,13	1,02	1,18	6,44	1,69	1,40	0,98
Acenaftylen	0,93	1,53	1,43	1,38	5,65	2,08	1,48	0,92
Acenaften	0,23	0,39	0,20	0,17	3,57	0,36	0,25	0,15
Fluoren	0,77	1,38	0,88	1,07	13,82	1,69	1,29	0,66
Fenantren	2,77	4,16	3,27	3,38	61,49	4,32	3,73	2,50
Antracen	1,24	1,88	1,42	1,41	18,14	2,07	1,70	1,02
Fluoranten	5,12	7,63	6,85	5,40	65,59	7,74	6,90	3,93
Pyren	5,52	8,64	10,30	8,51	50,46	10,30	8,35	8,02
Benz(a)antracen	2,62	4,16	3,96	2,68	23,03	4,74	3,84	2,64
Krysen/Trifenylen	2,48	3,74	4,19	2,71	19,63	4,03	3,26	2,59
Benzo(b)(j)(k)fluoranten	5,20	9,30	9,99	6,29	22,38	9,53	7,42	6,74
Benzo(a)pyren	3,12	5,43	5,90	3,38	12,69	5,70	4,56	3,96
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,53	4,05	4,58	3,10	10,67	3,67	3,29	3,16
Dibenz(ac-ah)antracen	1,26	1,83	2,10	1,61	4,76	2,08	1,94	1,70
Benzo(ghi)perylene	2,17	3,30	3,78	3,13	11,39	2,99	2,74	2,77
Sum	36,96	58,56	59,85	45,38	329,70	62,99	52,16	41,72
- = ikke påvist								
Kvantifiseringsgrense for enkelt PAH forbindelser: 0,001 mg/kg								
Krysen/Trifenylen kromatograferer sammen.								
Krysen hører med blandt de 16 EPA utvalgte forbindelsene.								
Benzo(b)(j)(k)fluoranten kromatograferer sammen.								
Benzo(b)+(k)fluoranten hører med blandt de 16 EPA utvalgte forbindelsene.								

S/6640
664265.27
2002-463

Tabell: PCB 7 Dutch								
Serie nr: 2002-463-	1	2	3	4	5	6	7	8+9
Prøve merket: Bangarvågen	Ny 1	Ny 1	Ny 3	Ny 3	Ny 3	Ny 4	Ny 4	Ny 4
	5-10 cm	10-13 cm	0-2 cm	5-10 cm	15-20 cm	0-2 cm	5-10 cm	15-23 cm
mg/kg tørt materiale								
PCB 28	-	-	-	-	0,006	-	-	-
PCB 52	0,004	-	-	-	0,005	-	-	-
PCB 101	0,006	0,005	-	0,003	0,004	0,005	0,005	-
PCB 118	0,008	0,004	0,003	0,002	0,003	0,004	0,004	-
PCB 153	0,011	0,007	0,003	0,005	0,002	0,009	0,004	-
PCB 138	0,011	0,006	0,004	0,005	0,002	0,011	0,004	-
PCB 180	0,006	0,004	-	-	-	0,006	-	-
Sum	0,045	0,026	0,010	0,014	0,023	0,035	0,017	-
Serie nr: 2002-463-	10	11	12	13	14	15	16	17
Prøve merket: Vågen	Ny 1	Ny 1	Ny 1	Ny 1	Ny 2	Ny 2	Ny 2	Ny 2
	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-23 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm
mg/kg tørt materiale								
PCB 28	0,014	0,013	0,007	-	0,009	0,010	0,005	-
PCB 52	0,020	0,024	0,012	-	0,016	0,016	0,007	-
PCB 101	0,036	0,045	0,025	0,016	0,022	0,023	0,012	0,013
PCB 118	0,025	0,028	0,015	0,011	0,023	0,016	0,011	0,010
PCB 153	0,036	0,054	0,027	0,021	0,017	0,019	0,012	0,018
PCB 138	0,045	0,072	0,037	0,023	0,019	0,025	0,013	0,015
PCB 180	0,017	0,026	0,013	0,012	0,009	0,011	0,007	0,009
Sum	0,192	0,261	0,135	0,082	0,114	0,120	0,067	0,064
- = ikke påvist								
Kvantifiseringsgrense for enkelt forbindelser: 0,001-0,005mg/kg								

14. JAN. 2003 10:46

JORDFORSK LAB

NR. 035

S. 1/5



Frederik A. Dahls vei 12
1432 ÅS
Telefon: 64948100 Telefax: 64948120

SINTEF
Grete Tveten
Boks 124 Blindern
0314 OSLO

Side: 1 (4)

Telefon: 22067300 Telefax: 22067350

Rapportnr: 2002-6-08259

ProsjektID: 664265.27

Analyserapport

Prøvetype: Fast materiale

Antall prøver: 17

Oppdragsgiver: SINTEF, Grete Tveten

Ankomstdato: 11.12.02

Utsendelsesdato: 14.01.03

Ansvarshavendes signatur: _____

B. Dølvén

Utdrag av denne rapporten kan ikke gjengis uten etter skriftlig godkjenning fra Jordforsk Lab.
Analyseresultatene gjelder kun for de tilsendte prøver.

Prøven(e) oppbevares i én måned etter at analyserapporten er sendt dersom ikke annet er avtalt med oppdragsgiver.
Dersom ytterligere metodebeskrivelse ønskes, kontakt laboratoriet.

14. JAN. 2003 10:46

JORDFORSK LAB

NR. 035

S. 2/5

Oppdragsgiver:
SINTEF
Grete Tveten



Frederik A. Dahls vei 12
1432 Ås
Telefon: 64948100 Telefax: 64948120

Analyserapport
Rapportnr: 2002-6-08259

Prøvetype: Fast materiale

Side: 2 (4)

Prøvenummer				2002-08259-1	2002-08259-2	2002-08259-3	2002-08259-4	2002-08259-5	2002-08259-6
Merkning				2002-463-01	2002-463-02	2002-463-03	2002-463-04	2002-463-05	2002-463-06
Parameter	Metode	Enhet	Dato						
Karbon organisk	TOC-I	g/100g TS	140103	0.8	1.0	1.4	2.1	3.6	5.0
Silteprøve<0,063mm	SIKT<63	g/100g	140103	20.17	15.83	18.44	13.51	10.77	23.46

- Resultatet refererer seg til prøve etter tørking ved 40°C
- \$ Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet
- * Bestemmelsen er akkreditert
- # Bestemmelse hvor det er blitt benyttet underleverander

14. JAN. 2003 10:46

JORDFORSK LAB

NR. 035

S. 3/5

Oppdragsgiver:
SINTEF
Grete Tveten



Frederik A. Dahle vei 12
1432 Ås
Telefon: 64948100 Telefax: 64948120

Analyserapport
Rapportnr: 2002-6-08259

Prøvetype: Fast materiale

Side: 3 (4)

Prøvenummer				2002-08259-7	2002-08259-8	2002-08259-9	2002-08259-10	2002-08259-11	2002-08259-12
Merking				2002-463-07	2002-463-08	2002-463-09	2002-463-10	2002-463-11	2002-463-12
Parameter	Metode	Enhet	Dato						
Karbon organisk	TOC-J	g/100g TS	140103	0,2	0,6	0,9	6,7	4,3	5,7
Sikteprøve<0.063mm	SIKT<63	g/100g	140103	15,77	9,60	5,05	28,39	27,02	29,10

pr. 8 og 9 blandes

): 0,75 = TOC

2)): 7,33 = sikte

- Resultatet refererer seg til prøve etter tørking ved 40°C
- \$ Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet
- * Bestemmelsen er akkreditert
- # Bestemmelse hvor det er blitt benyttet underleverandør

14. JAN. 2003 10:46

JORDFORSK LAB

NR. 035 S. 4/5

Oppdragsgiver:
SINTEF
Grete Tveten



Frederik A. Dahls vei 12
1432 ÅS
Telefon: 64948100 Telefax: 64948120

Analyserapport
Rapportnr: 2002-6-08259

Prøvetype: Fast materiale

Side: 4 (4)

Prøvenummer				2002-08259-13	2002-08259-14	2002-08259-15	2002-08259-16	2002-08259-17
Merking				2002-463-13	2002-463-14	2002-463-15	2002-463-16	2002-463-17
Parameter	Metode	Enhet	Dato					
Karbon organisk	TOC-I	g/100g TS	140103	5.8	6.0	9.5	4.8	4.0
Sikteprøve<0.063mm	SIKT<63	g/100g	140103	33.37	25.68	23.09	26.40	26.30

- Resultatet refererer seg til prøve etter tørking ved 40°C
- § Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet
- * Bestemmelsen er akkreditert
- # Bestemmelse hvor det er blitt benyttet underleverandør

14. JAN. 2003 10:47

JORDFORSK LAB

NR. 035 S. 5/5

Oppdragsgiver:
SINTEF
Grete Tveten



Frederik A. Dahls vei 12
1432 AS
Telefon: 64948100 Telefax: 64948120

Vedlegg til Rapportnr: 2002-6-08259

Usikkerheten er oppgitt som minst to ganger relativt standard avvik.
Dette tilsvarer et konfidensnivå på 95 %.

Parameter	Metode	Usikkerhet	Best. grense	Beskrivelse
TOC-J SIKT<63			0.10 g/100g TS	Totalt organisk karbon i jord (CHN-analysator) Fraksjonbestemmelse mindre enn 0.063mm

- § Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet
* Bestemmelsen er akkreditert
Bestemmelse hvor det er blitt benyttet underleverandør

- o0o -

APPENDIKS

C BILDER



Sandig overflatesediment fra corer



Overflatesediment fra stasjon Ny 3 i Vågen



Overflatesediment fra stasjon Ny 1 i Bangarvågen



Corer-prøve innhentet fra Ny 3 Bangarvågen



Kapping av kjerner med ”kjernekapprer”

- o0o -

APPENDIKS

D

SFT KLASSIFISERING

SFT Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann

Statens forurensningstilsyn (SFT) har utviklet et system for klassifisering av miljøkvalitet for fjorder og kystfarvann ("SFT-veiledning 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann"). Systemet er ment som et hjelpemiddel for vurderinger av ulike målbare miljøparametre, og deles inn i ulike tilstandsklasser. For PCB er det en feil i veilederen noe som gjør at ΣPCB_7 verdier må multipliseres med min 2 for å gi et realistisk estimat av ΣPCB (se appendiks F for forklarende brev fra SFT).

Tabell 1. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment, basert på SFT 97:03.

Bading og rekreasjon		Tilstandsklasser				
	Parametere	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (TOC) (mg/g)*	<20	20-27	27-34	34-41	>41

*Klassifisering av TOC er basert på normaliserte verdier etter formelen $\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \cdot (1-F)$, hvor F er andel finstoff.

Tabell 2. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og klororganiske forbindelser i sedimenter, basert på 97:03

Parametere		Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurensset	II Moderat forurensset	III Markert forurensset	IV Sterkt forurensset	V Meget sterkt forurensset
Sediment (tørrvekt)	Arsen (mg/As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	> 1000
	Bly (mg Pb/kg)	< 30	30 – 120	120 – 600	600 – 1500	> 1500
	Fluorid (mg F/kg)	< 800	800-3000	3000-8000	8000-20000	> 20000
	Kadmium (mg Cd/kg)	< 0,25	0,25 – 1	1 – 5	5 – 10	> 10
	Kobber (mg Cu/kg)	< 35	35 – 150	150 – 700	700 – 1500	> 1500
	Krom (mg Cr/kg)	< 70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	< 0,15	0,15 – 0,6	0,6 - 3	3 – 5	>5
	Nikkel (mg Ni/kg)	< 30	30-130	130-600	600-1500	>1500
	Sink (mg Zn/kg)	< 150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
	Sølv (mg Ag/kg)	< 0,3	0,3-1,3	1,3-5	5-10	>10
	TBT (µg/kg)	< 1	1 – 5	5 – 20	20 – 100	> 100
	ΣPAH (µg/kg)	< 300	300 – 2000	2000 – 6000	6000 – 20000	> 20000
	B(a)P (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	ΣPCB_7 (µg/kg)*	< 5	5 – 25	25 – 100	100 – 300	> 300

*I SFT-veileder 97:03 på side 21, Tabell 7 er tilstandsklassene for bl.a. organiske miljøgifter i sedimenter oppgitt. Det er feil for PCB-7 i sediment i tabellen. De oppgitte konsentrasjonene er for min. 2 x PCB-7.

APPENDIKS

E SFT FORKLARING PÅ PCB OMREGNING



Fylkesmannen i Rogaland
Postboks 59
4001 Stavanger

FYLKESMANNEN I ROGALAND	
Saksnr.: 2000/01786-2	Saksbeh.: LPM
20 MAR 2000	
Arkivnr.: 472.0	Avd.: M

Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.telemax.no
Internett: www.sft.no

Dato: 17.MAR.2000
Vår ref.: 2000/405-2 RuM 483.8//
Deres ref.: 2000/01786 LPM
Saksbehandler: Runar Mathisen, telefon: 22 57 35 22

Omregningsfaktor for å bestemme TotalPCB i sediment

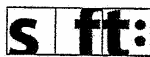
Det skal alltid benyttes omregningsfaktor så lenge en ikke analyserer på alle PCB-kongener. Vi anser Total PCB = 2 x PCB₇, dvs. omregningsfaktor 2.0, som en minsteverdi. En omregningsfaktor på 3.5 gir sannsynligvis et riktigere bilde av miljøbelastningen i de fleste tilfeller.

Statens forurensningstilsyn (SFT) viser til Fylkesmannens brev av 09.02.2000 vedrørende omregningsfaktor for å bestemme TotalPCB i sediment. Det stilles spørsmålstegn ved om det skal brukes omregningsfaktor eller ikke, og hvilken verdi som gjelder i dag:

La oss først gjøre det helt klart at det i SFT Veiledning 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" feilaktig er satt Total PCB = PCB₇ - slik Fylkesmannen antyder. Feilen vil bli rettet opp ved neste revisjon av veilederen. Følgende gjelder da i dag:

PCB består av 209 ulike kongener. For en korrekt bestemmelse av Total PCB må alle disse 209 kongener bestemmes. I praksis er det normale å måle på et utvalg kongener, som oftest de 7 kongener som erfaringsmessig er de dominerende i "spekteret". En får da verdien PCB₇. Det skal alltid benyttes omregningsfaktor for å kompensere for den feil en gjør ved ikke å måle på de 202 andre kongener.

Fra det foregående er det klart at en "riktig" omregningsfaktor ikke er mulig å sette. Det vil egentlig variere fra prøve til prøve. Men når en analyserer på det fullstendige kongenerspekteret i mange prøver gir dette et erfaringsmateriale som kan brukes til å se på hvilke omregningsfaktorer som statistisk sett er "mest riktig". Dette er gjort i NIVA-rapport LNR 3989-99 som Fylkesmannen refererer til, og en finner at en omregning med 3.5 gir en statistisk mer "korrekt" verdi for Total PCB for det prøvematerialet som er brukt i rapporten.

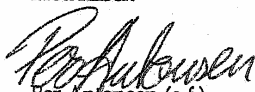


Side 2 av 2

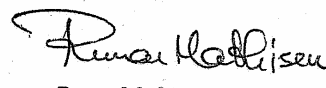
I praksis aksepterer SFT velbegrunnede anslag over hvilken omregningsfaktor som er rimelig i hvert situasjon. Eksempelvis kan en omregningsfaktor anslås utifra en "profilvurdering" i forhold til en eller flere kommersielt kjente PCB-blandinger. Utifra historiske forhold aksepterer SFT fortsatt at omregningsfaktoren 2 benyttes dvs. at $\text{Total PCB} = 2 \times \text{PCB}_i$. Imidlertid anser vi nå nærmest denne omregningsfaktoren som en minsteverdi. Ved bruk av denne verdien sikrer vi oss en praktisk minsteverdi eller skal vi si et konservativt anslag for innholdet av PCB i sedimentene. Ofte er en imidlertid mer interessert i en statistisk riktig verdi. Omregningsfaktoren 3.5 kan da benyttes i praksis. Skulle vi imidlertid heller ønske et føre-var perspektiv for å være sikre på at vi ikke undervurderer PCB-belastningen, ja så burde en langt høyere omregningsfaktor velges.

Den viktigste erkjennelse i det som er sagt foran er kanskje at verdien av Total PCB alltid er usikker så lenge vi ikke analyserer på hele kongenerspekteret. I en totalvurdering av hvorvidt tillatelser til mudring, utfylling eller dumping skal gis, og hvilke vilkår som skal stilles, gjelder det å være klar over denne usikkerheten som jo ikke er åpenbar i analyserapporter med målte PCB-verdier. Det er videre viktig å se denne usikkerheten i forhold til vurderingsfaktorer slik som mengder av masser, hvor lang tid den omsøkte aktiviteten tar, nærings- og fritidsinteresser i området mv.

Med hilsen



Per Antonsen (e.f.)
seksjonssjef



Runar Mathisen
overingeniør

Kopi til miljøvernavdelingene i kystfylkene

- o0o -

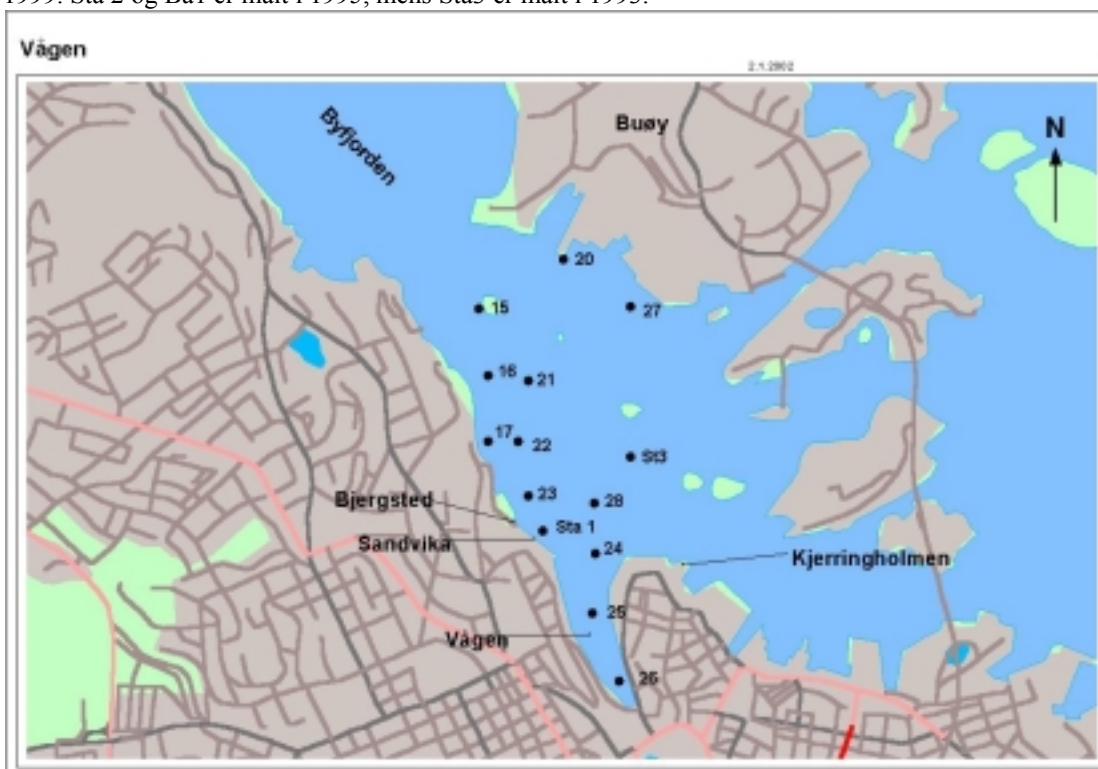
APPENDIKS

F

STASJONSKART & POSISJONER



Figur 3. Oversikt over stasjonsplassering i Bangarvågen. Stasjoner med kun tallbetegnelse er målt i 2001. Kv 1-3 er målt i 1999. Sta 2 og Ba1 er målt i 1995, mens Sta3 er målt i 1993.



Figur 4. Oversikt over stasjonsplassering i Vågen og området nord til Buøy. Stasjonene med tallbetegnelse er målt i 2001, mens St 3 er fra 1995 og Sta 1 er fra 1993.

Tabell A. Nøyaktige posisjoner for stasjoner tatt i 2001 (NIVA 2001).

Stasjon	Nord	Øst	Stasjon	Nord	Øst
1	58.59.607	5.42.247	30	58.59.402	5.44.182
2	58.59.495	5.42.406	31	58.58.494	5.43.116
3	58.59.555	5.42.461	32	58.59.042	5.44.444
4	58.59.304	5.42.605	33	58.58.716	5.44.355
5	58.59.187	5.42.805	34	58.58.473	5.44.415
6	58.59.120	5.42.781	35	58.58.418	5.44.378
7	58.59.392	5.43.026	36	58.59.270	5.44.585
8	58.59.296	5.43.009	37	58.58.805	5.44.581
9	58.59.164	5.42.995	38	58.58.425	5.44.521
10	58.59.498	5.43.273	39	58.59.195	5.44.804
11	58.59.414	5.43.194	40	58.58.432	5.44.723
12	58.58.289	5.43.195	41	58.59.156	5.45.971
13	58.59.505	5.43.398	42	58.59.111	5.45.992
14	58.59.469	5.43.401	43	58.59.391	5.45.200
15	58.58.894	5.43.409	44	58.58.685	5.45.212
16	58.58.789	5.43.330	45	58.58.903	5.45.394
17	58.58.636	5.43.482	46	58.58.606	5.45.383
18	58.59.531	5.43.434	47	58.58.405	5.45.407
19	58.59.507	5.43.516	48	58.58.705	5.45.829
20	58.58.982	5.43.582	49	58.58.432	5.45.827
21	58.58.797	5.43.628	50	58.58.909	5.46.123
22	58.58.713	5.43.611	51	58.58.620	5.46.128
23	58.58.628	5.43.610	Ekstrastasjoner		
24	58.58.520	5.43.711	X1	58.59.236	5.44.856
25	58.58.410	5.43.665	X2	58.59.226	5.44.881
26	58.58.317	5.43.732	X3	58.59.256	5.44.870
27	58.58.903	5.43.780	X4	58.59.296	5.44.864
28	58.58.605	5.43.797	X5	58.59.296	5.44.880
29	58.58.703	5.43.007	X6	58.59.297	5.44.873

Tabell B Oppgitte nøyaktige posisjoner for tidligere prøver (NIVA 1995, RF 1993).

Stasjon	Nord	Øst
HB1	59.05.04	5.32.60
HB2	58.04.11	5.33.00
HB3	59.02.41	5.32.61
HB4	59.00.80	5.32.43
HB5	59.02.53	5.35.07
HB6	58.58.04	5.33.83
HB7	58.58.87	5.26.22
HB8	59.00.30	5.26.64
HB9	58.59.89	5.33.50
St. 1	59.01.10	5.40.90
St. 2A	58.59.40	5.42.90
St. 3	58.58.70	5.44.10
Sta1	58.58.591	5.43.670
St. 5	58.56.40	5.46.30
St. 6	58.53.70	5.45.90
14	58.57.12	5.37.00
15	58.55.48	5.39.36
Ga1	58.59.46	5.44.04
Ba1	58.59.48	5.43.33
Sta3	58.59.584	5.43.383
Va1	59.00.08	5.46.57
Va2	58.59.82	5.47.92
Jå1	54.54.85	5.44.83
Du1	58.59.94	5.40.48
Sta6	58.59.922	5.40.436
Hi1	58.57.19	5.44.83

- o0o -

-APPENDIKS

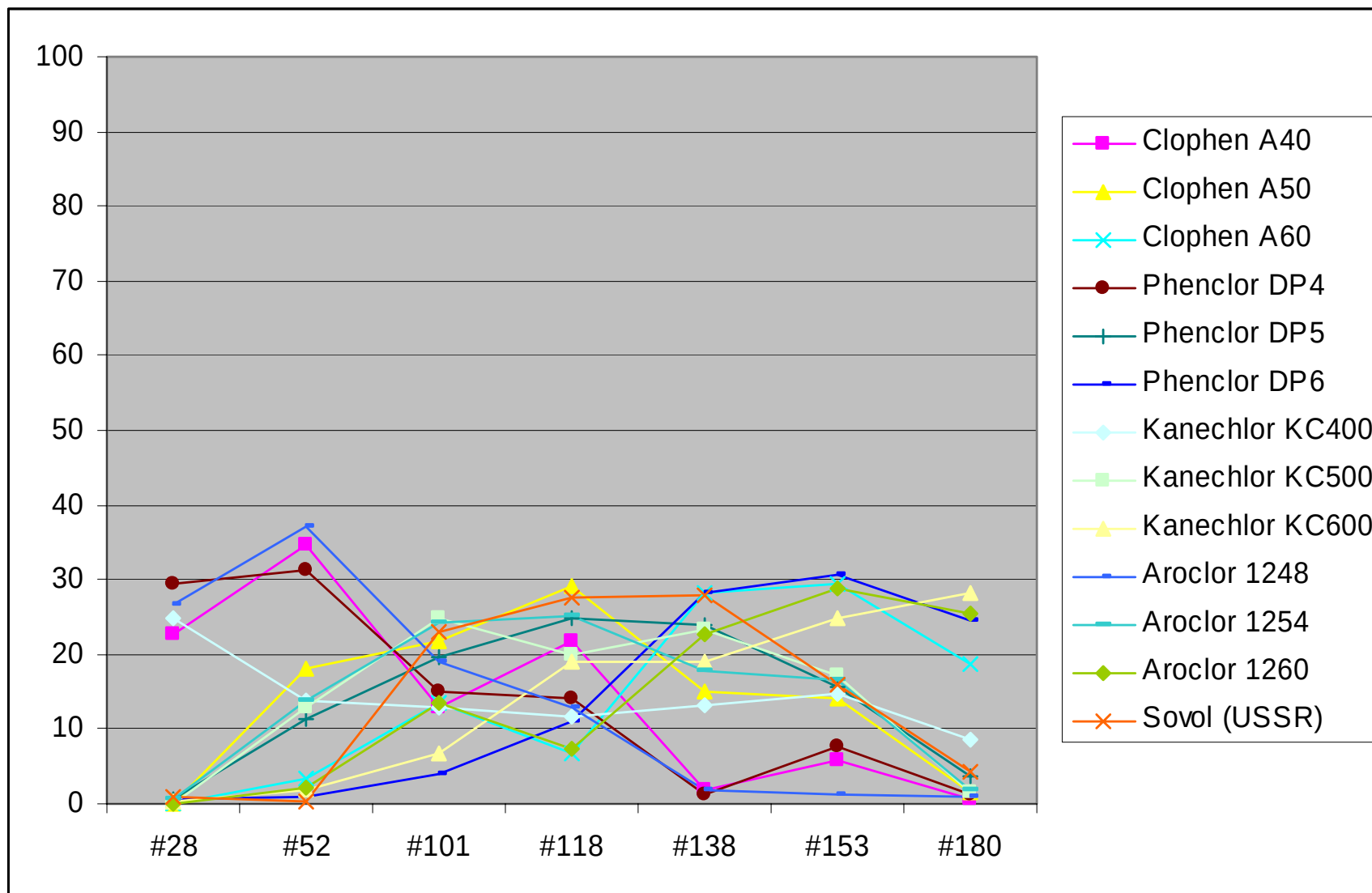
G

PCB - PROFILER

Standardprofiler i PCB-fingerprinting. For detaljer kfr. Konieczny og Mouland (1997).

Tabell 1 Sammensetning i prosent for de 7 kongenene som inngår i PCB7 for et utvalg av kjente PCB typer.

PCB-type	#28	#52	#101	#118	#138	#153	#180	Faktor
Clophen A30	67,63	18,77	2,38	8,13	0,00	3,09	0,00	6,51
Clophen A40	22,61	34,75	12,82	21,68	1,74	5,80	0,59	4,62
Clophen A50	0,09	18,24	21,77	29,29	14,95	14,26	1,40	3,10
Clophen A60	0,00	3,40	13,53	6,71	28,24	29,47	18,65	2,72
Phenclor DP3	83,70	14,78	1,34	0,00	0,19	0,00	0,00	5,11
Phenclor DP4	29,35	31,42	15,14	14,02	1,25	7,57	1,25	4,75
Phenclor DP5	0,64	11,25	19,59	24,89	24,02	15,78	3,83	2,44
Phenclor DP6	0,47	0,93	3,96	11,15	28,19	30,81	24,49	1,80
Kanechlor KC300	56,25	15,45	2,19	0,00	0,22	25,67	0,22	4,39
Kanechlor KC400	24,94	13,82	12,93	11,66	13,34	14,81	8,51	3,87
Kanechlor KC500	0,14	12,81	24,93	20,02	23,25	17,22	1,62	2,89
Kanechlor KC600	0,18	1,83	6,61	19,11	19,11	24,92	28,24	3,65
Aroclor 1016	69,38	30,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,07
Aroclor 1221	66,44	33,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,11
Aroclor 1232	48,66	35,08	9,28	6,98	0,00	0,00	0,00	12,80
Aroclor 1242	59,02	24,47	6,18	6,03	1,37	2,93	0,00	5,78
Aroclor 1248	26,77	37,11	19,09	12,86	1,92	1,37	0,88	4,40
Aroclor 1254	0,71	13,75	24,25	25,25	17,67	16,59	1,78	2,87
Aroclor 1260	0,10	2,20	13,52	7,23	22,58	28,94	25,43	2,99
Aroclor 1262	0,00	0,15	5,86	2,12	18,41	31,56	41,89	2,99
Aroclor 1268	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	62,50
Sovol (USSR)	0,87	0,20	23,05	27,68	27,90	15,90	4,39	3,95
Delor D103	74,71	25,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75
Clorofen CLP	0,04	0,02	0,20	0,35	4,65	26,89	67,85	3,94
Askarel	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	51,55



- o0o -