

# SAM-eRapport

Seksjon for anvendt miljøforskning - marin



e-Rapport nr. 7-2010

## *Resipientundersøkelse i Kjøkkelvik*

Tor Ensrud, Tom Alvestad

Kristin Hatlen og Per-otto Johansen



	<b>SAM-marin</b> Seksjon for anvendt miljøforskning – marin	Tilgjengelighet:
		Åpen
Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, Norway ☎ 55 58 43 41 📠 55 58 45 25		

Rapportens tittel: <b>Resipientundersøkelse i Kjøkkelvik</b>	Dato:
	14/4-2010
Forfatter(e): <b>Kristin Hatlen og Per-Otto Johansen</b>	Antall sider og bilag:
	49
	Prosjektleder:
	<b>Kristin Hatlen</b>
	Prosjektnummer:
	803986

Oppdragsgiver:	Evt. oppdragsgivers ref.:
<b>Opus Bergen AS</b>	

## Abstract:

This report presents the results from an environmental research in Kjøkkelvik on the west coast of Norway. The purpose of this investigation was to document the conditions of the local environment. The investigation comprises hydrographical measurements, grain size distribution and studies of littoral and benthic communities.

Large concentrations of lead and PAH were detected at the two sites investigated. Bottom fauna at the innermost site was most likely influenced by the chemical conditions, while the outermost station seemed relatively unaffected. The flora and the fauna of the littoral zone appeared to be undisturbed.

Keywords:	Emneord:
Recipient	Resipient
Benthos	Bunndyr
Sediment	Sediment
Hydrography	Hydrografi
Littoral	Litoral

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 7, 2010

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	14.4.2010	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	14.4.2010	<i>Kristin Hatlen</i>

Seksjon for anvendt miljøforskning  
 Høyteknologisenteret i Bergen  
 Thormøhlensgate 49  
 N-5006 Bergen

Tlf.: 55 58 43 41  
 Fax.: 55 58 45 25  
 Internet: [www.uni.no](http://www.uni.no)  
 E-post: [sam-marin@uni.no](mailto:sam-marin@uni.no)  
 Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA



## INNHold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2 MATERIALER OG METODER</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Undersøkellesområdet</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder</b> .....	<b>6</b>
2.2.1 Hydrografi .....	8
2.2.2 Strandundersøkelser .....	8
2.2.3 Sedimentundersøkelser .....	8
2.2.4 Bunndyrsundersøkelser .....	8
2.2.5 Kjemiske analyser .....	9
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Hydrografi</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Kjemi</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 Strandundersøkelser</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Sedimentundersøkelser</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4. Bunndyrsundersøkelser</b> .....	<b>18</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>21</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>22</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>22</b>
<b>7 FORKORTELSER</b> .....	<b>22</b>
<b>8 VEDLEGG</b> .....	<b>23</b>

## 1 INNLEDNING

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning (SAM-Marin) i Kjøkkelvik, på oppdrag fra Opus Bergen AS. SAM-marin er en del av Uni Research as, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Bakgrunnen for denne undersøkelsen er et krav fra Bergen kommune om å kartlegge bunnmiljøet i Kjøkkelvik før utbygging av ny småbåthavn. Undersøkelsen, som ble gjennomført i februar og april, 2010, omfatter hydrografi, undersøkelse av strandsonen, bunnsedimenter og bunndyrsfauna.

Formålet er å dokumentere bunnforholdene i viken, med hensyn på geologiske forhold, biologisk diversitet og grad av eventuell forurensing. Miljøtilstanden i områdene vurderes i forhold til Klima og forurensningsdirektoratet, KLIF (tidligere SFT) sine kriterier for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007).

Waardal Kjemiske Fabrikker AS holdt til i Kjøkkelvik i perioden 1965 til 2001. Frem til 1975 ble avfallsvann fra rengjøring og spyling av lokalene, sluppet direkte ut i sjøen (Systad 2002). Området har også vært brukt til asfaltproduksjon og det ligger et tankanlegg fra Esso øst i viken, men det er ikke rapportert om større utslipp i forbindelse med disse virksomhetene (Systad 2002). Den eksisterende småbåthavnen har vært i bruk siden 1962. Avskrap av bunnstoffer, som kan inneholde en rekke miljøgifter, ble tidligere spylt ut i viken (Systad 2002). Mange skadelige stoffer brytes ikke ned på svært lang tid, men bunntype og strømforhold er avgjørende for om stoffene oppkonsentreres lokalt eller vaskes ut.

## 2 MATERIALER OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

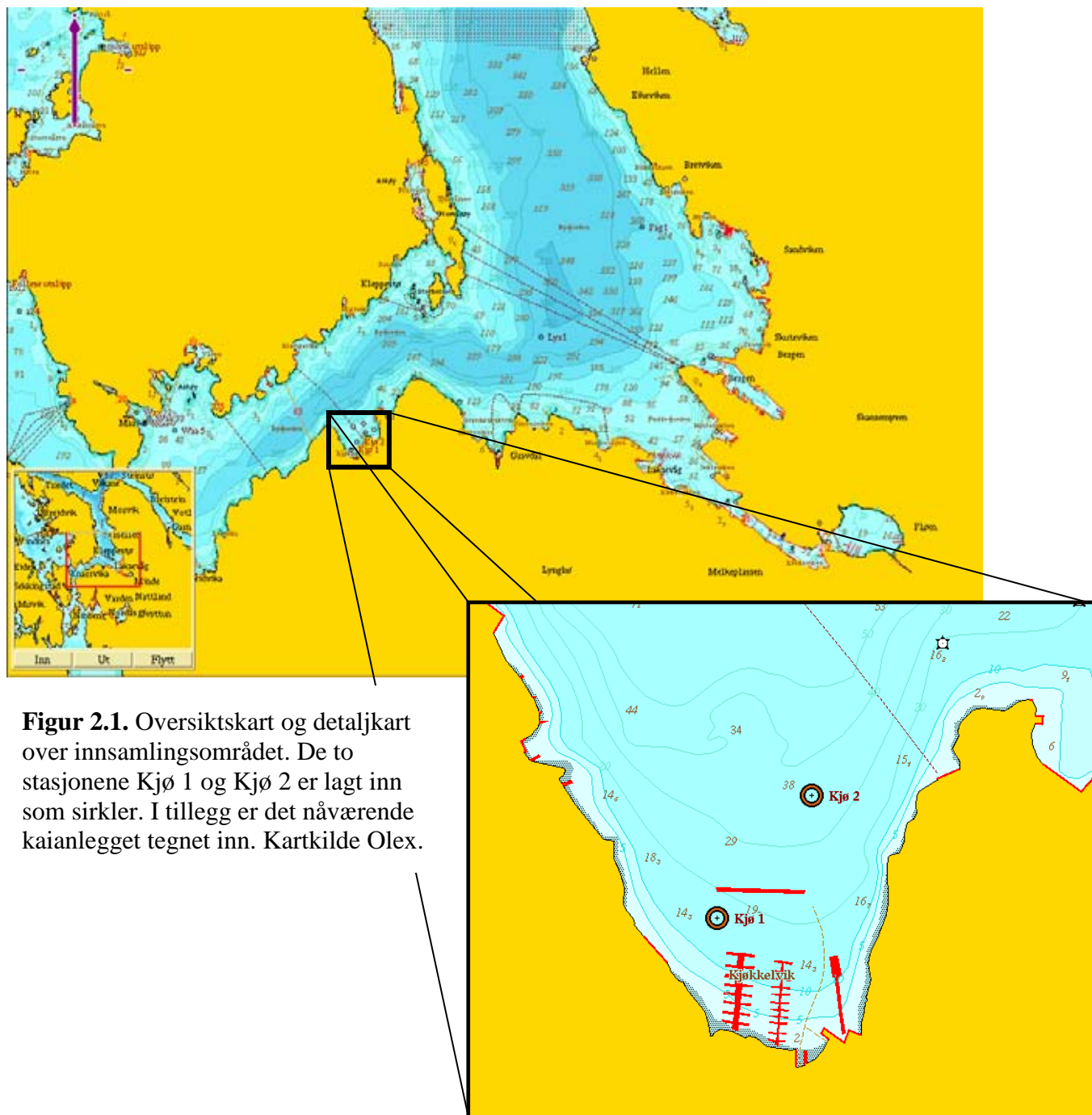
Stasjonene som ble undersøkt ligger i Kjøkkelvik, i Bergen kommune. Helning av bunnen, samt sedimenttype og diverse gjenstander på bunnen, begrenset mulige prøvetakingsposisjoner (Foto 2.1). Prøvetakings-stasjon Kjø 1 ble lagt tett inntil eksisterende småbåthavn på 17 m dyp, mens Kjø 2 ble lagt et stykke lenger ute på 37 m, innenfor det planlagte småbåtanlegget (Fig 2.1).



**Foto 2.1.** Flere grabbhugg måtte forkastes fordi grabben ikke lukket seg fullstendig. Grunnen til dette var stein og grus, fremmedgjenstander på bunnen og bratt helning.

## 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Innsamling av bunnprøver ble foretatt 24. februar 2010 fra F/F Aurelia. Stasjonsopplysninger er gitt i figur 2.1 og tabell 2.1. Posisjonene er tatt fra differensiert GPS (satellitt-navigatør) med gradnett WGS-84. Dypet på stasjonene ble målt med fartøyets ekkolodd.



**Tabell 2.1** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 24. februar 2010. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1m<sup>2</sup> van Veen grabb. Full grabb inneholder 16,5 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Kjø 1 24.02.10	Kjøkkelvik 60° 23,478'N 05° 13,621'Ø	17	1	8	Skjellsand med grus. Prøver fra hugg 1, 2 og 3 gikk til biologisk analyse, mens hugg 5, 6 og 7 gikk til analyse av tungmetall, PAH og PCB. En blandet prøve fra de tre sistnevnte ble brukt til å analysere kornfordeling.
			2	8	
			3	8	
			4	10	
			5		
			6		
			7		
St. Kjø 2 24.02.10	Kjøkkelvik 60° 23,531'N 05° 13,701'Ø	37	1	11	Skjellsand med grus. Prøver fra hugg 1, 2 og 3 gikk til biologisk analyse, mens hugg 5, 6 og 7 gikk til analyse av tungmetall, PAH og PCB. En blandet prøve fra de tre sistnevnte ble brukt til å analysere kornfordeling.
			2	8	
			3	12	
			4	9	
			5		
			6		
			7		

### **2.2.1 Hydrografi**

Temperatur og saltholdighet ble målt på en bunnstasjon. Til måling av temperatur og saltholdighet ble det benyttet en CTD (SAIV SD204). Dataene ble hentet ut ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.

### **2.2.2 Strandundersøkelser**

Strandsonen er voksested for en rekke alger og dyr med ulike toleranse for de fysiske forholdene i fjæren, som tørrelgging, temperatur og saltholdighet. Mange av algene og dyrene finnes derfor i bestemte soner i fjæren. I tillegg er bølgepåvirkning, bunnsstrat og tilgangen på næringssalter avgjørende faktorer for mengdefordelingen mellom de ulike dyre- og algegruppene.

### **2.2.3 Sedimentundersøkelser**

Fra begge stasjonene ble det tatt en blandet sedimentprøve med innhold fra hugg 5, 6 og 7 til bestemmelse av partikkelfordeling og organisk innhold. Partikkelfordelingen ble bestemt i laboratoriet ved at prøven ble løst i vann og siktet gjennom en 0,063 mm sikt. Partiklene som var større enn 0,063 mm ble tørket og tørrsiktet slik at de kunne grupperes etter størrelse. Partikler mindre enn 0,063 mm ble gruppert i størrelsesgrupper ved hjelp av pipetteanalyse (Buchanan 1984). Det organiske innholdet (prosent glødetap) i sedimentet ble bestemt som vekttafet mellom tørrvekt og askefri tørrvekt i samsvar med Norsk Standard 4764.

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort og grovere partikler bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingen, som da vil vise at mesteparten av partiklene i sedimentet ligger i den grovere del av størrelsesspekteret. I et område med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avleires i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt fraksjonen dvs. mindre enn 0,063 mm.

### **2.2.4 Bunndyrsundersøkelser**

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn



fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrprøver fra uforurensede områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Fra begge bunnstasjonene ble det tatt fire grabbprøver som ble undersøkt for bunndyr. Grabben er et kvantitativt redskap, som tar prøver av et fast areal av bløtbunn. I dette tilfellet ble det benyttet en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb. Hvor dypt grabben graver ned i bunnen er avhengig av hardheten til sedimentet. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, ble sedimentvolumet av hver grabbprøve målt. Det er ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet. Sedimentet ble deretter vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973), begge med sirkulære hull. Prøvene ansees som kvantitative for dyr større enn 1 mm. Prøvene ble konserverv i 4 % formalin og nøytralisert med borax. I laboratoriet ble prøvene skyllet på nytt, dyrene sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring og artsbestemmelse. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Opplysninger om antall hugg og sedimentvolum i de enkelte hugg er gitt i Tabell 1.1. Komplette artsliste er presentert i Vedleggstabell 2. Artslisten omfatter hele artsmaterialet, også planktonorganismer som er fanget av den åpne grabben på vei ned. Under bearbeidelsen er det tatt hensyn til dette, og i analysene er det bare tatt med dyr som lever på, eller nedgravd i sedimentet.

For å avgjøre eventuell påvirkning av faunaen i undersøkelsesområdet ble antall arter og individer i prøvene talt. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ) og  $H'_{\max}$  beregnet (univariat analyse). Faunen ble sammenliknet med historiske data ved hjelp av to multivariate metoder; clusteranalyse og MDS. De uni- og multivariate metodene er beskrevet nærmere i det Generelle Vedlegget.

### **2.2.5 Kjemiske analyser**

De kjemiske analysene ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (Akkreditering Test 043). Analysene av tungmetall ble utført etter NS-EN-ISO 11885m. Analysene PAH og PCB ble utført etter ISO/DIS 16703-Mod. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

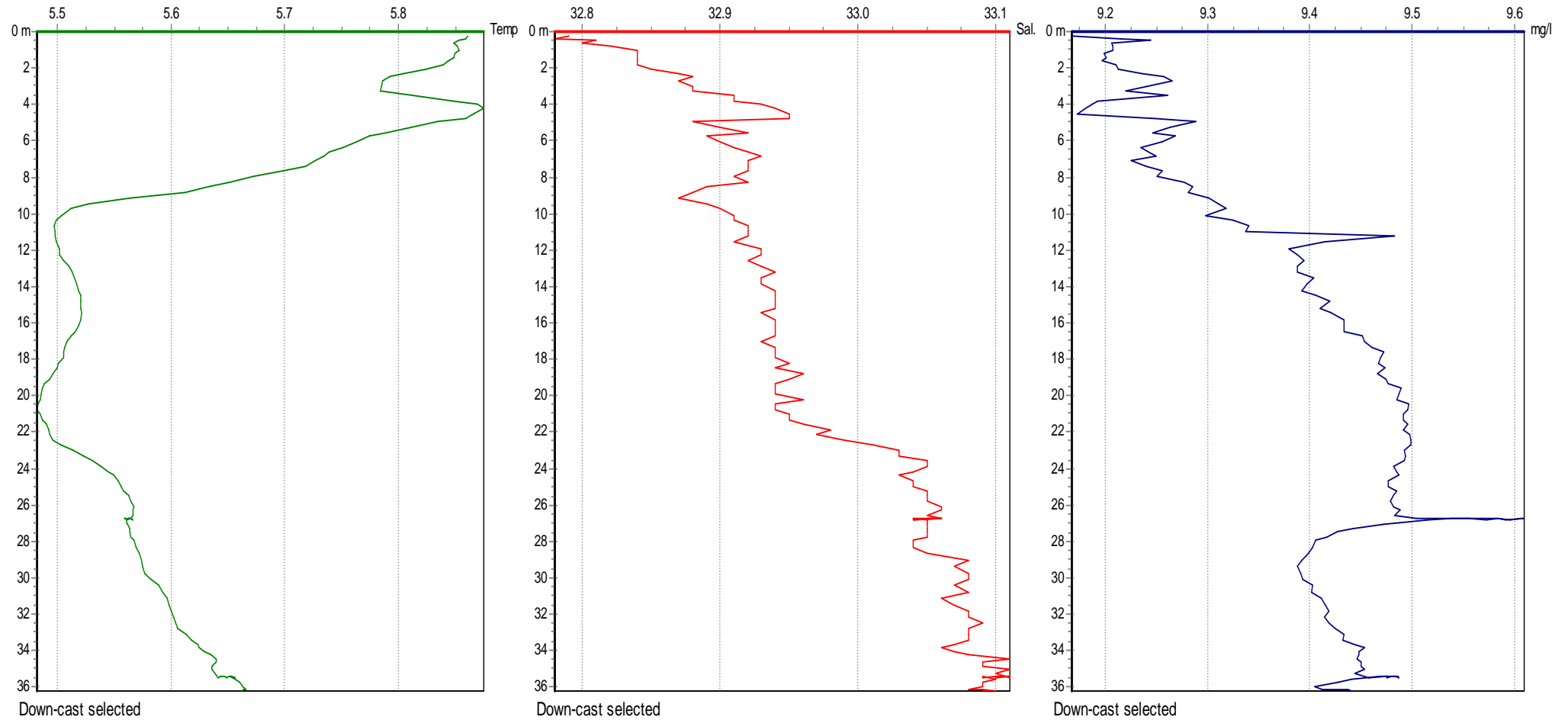
#### 3.1. Hydrografi

Resultatene fra målingene er vist i Figur 3.1. og Tabell 3.1. Målingene ble foretatt fra overflaten til bunnen, og gir et øyeblikksbilde av forholdene i vannsøylen ved Kjø 2 i februar 2010. I det øverste laget var temperaturen 5,9 °C og saliniteten 32,8 psu, mens temperaturen og saliniteten ved bunnen var 5,6 °C og 33,1 psu. Ved bunnen fantes det 6,65 ml/l O<sub>2</sub>, som gir tilstandsklasse I (Meget god). Alle de tre parametrene var relativt homogene i hele vannsøylen.

**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålinger i Kjøkkelvik 24. februar 2010.

Stasjon	Dyp m	Temp C	Saltholdighet psu	Tetthet ( $\delta_t$ )	Oksygen mg/l	Oksygen ml/l	Oksygen metning % metning
Kjø 2	1	5,85	32,84	25,87	9,21	6,49	87,86
	2	5,83	32,85	25,88	9,21	6,49	87,86
	3	5,79	32,88	25,92	9,24	6,51	88,05
	5	5,83	32,88	25,93	9,28	6,54	88,57
	7	5,73	32,92	25,98	9,23	6,50	87,90
	10	5,51	32,91	26,01	9,30	6,55	88,07
	15	5,52	32,94	26,05	9,42	6,63	89,19
	20	5,49	32,95	26,09	9,49	6,68	89,79
	25	5,56	33,04	26,17	9,48	6,68	89,91
	30	5,58	33,08	26,23	9,39	6,61	89,18
	35	5,64	33,11	26,27	9,45	6,65	89,90

Seksjon for anvendt miljøforskning



**Figur 3.1.** Temperatur (grønn), salinitet psu (rød) og mg/l oksygen (blå) målt i hele vannsøylen ved Kjø 2 i februar 2010.

### 3.2 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentprøvene i Kjøkkelvik er vist i tabell 3.1 - 3.3.

Konsentrasjonene PCB og tungmetaller var lave (tilstandsklasse I-II, bakgrunn-god) med unntak av bly ved Kjø 2 hvor konsentrasjonen tilsvarte tilstandsklasse IV (dårlig). Begge stasjonene har forhøyede verdier av en del PAH-forbindelser noe som gav tilstandsklasser fra II (god) til IV (dårlig). For PAH-16 fikk Kjø 1 tilstandsklasse III (moderat) og Kjø 2 tilstandsklasse II (god).

**Tabell 3.1.** Resultater fra kjemiske analyser av tungmetaller i sediment tatt fra Kjøkkelvik i 2010. Alle konsentrasjoner er presentert i mg/kg. Tilstandsklassene (TK) er angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007).

Stasjon	Hugg	Arsen As	TK	Bly Pb	TK	Kadmium Cd	TK	Kobber Cu	TK	Total tørrstoff %
<b>Kjø 1</b>	5	3,50		17,00		0,9		14,00		68,0
	6	3,30		19,00		0,8		12,00		67,0
	7	3,60		17,00		0,7		17,00		73,0
	<b>Snitt</b>	<b>3,47</b>	<b>I</b>	<b>17,67</b>	<b>I</b>	<b>0,8</b>	<b>II</b>	<b>14,33</b>	<b>I</b>	<b>69,3</b>
<b>Kjø 2</b>	5	11,00		190,00		1,3		53,00		45,0
	6	14,00		56,00		1,3		19,00		62,0
	7	17,00		260,00		1,2		19,00		55,0
	<b>Snitt</b>	<b>14,00</b>	<b>I</b>	<b>168,67</b>	<b>IV</b>	<b>1,3</b>	<b>II</b>	<b>30,33</b>	<b>I</b>	<b>54,0</b>

Stasjon	Hugg	Krom Cr	TK	Kvikksølv Hg	TK	Nikkel Ni	TK	Sink Zn	TK	Total tørrstoff %
<b>Kjø 1</b>	5	27,00		0,0830		6,6		210,00		68,0
	6	24,00		0,0447		7,2		210,00		67,0
	7	24,00		0,2210		6,6		210,00		73,0
	<b>Snitt</b>	<b>25,00</b>	<b>I</b>	<b>0,1162</b>	<b>I</b>	<b>6,8</b>	<b>I</b>	<b>210,00</b>	<b>II</b>	<b>69,3</b>
<b>Kjø 2</b>	5	30,00		0,2200		14,0		180,00		45,0
	6	14,00		0,0958		6,8		97,00		62,0
	7	11,00		0,0560		6,2		78,00		55,0
	<b>Snitt</b>	<b>18,33</b>	<b>I</b>	<b>0,1239</b>	<b>I</b>	<b>9,0</b>	<b>I</b>	<b>118,33</b>	<b>I</b>	<b>54,0</b>

**Tabell 3.2.** Resultater fra kjemiske analyser av PCB i sediment tatt fra Kjøkkelvik i 2010. Alle konsentrasjoner er presentert i  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Tilstandsklassene (TK) er angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007).

Stasjon	Hugg	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 180	PCB 153	Sum PCB-7	TK
Kjø 1	5	<0,5	<0,5	0,3	<0,5	0,9	<0,5	0,6	1,5	
	6	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	1,0	<0,5	0,8	2,3	
	7	<0,5	<0,5	0,3	<0,5	0,9	<0,5	0,7	1,6	
	<b>Snitt</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>	<b>I</b>
Kjø 2	5	<0,5	0,7	0,7	0,6	1,8	<0,5	1,2	5,0	
	6	<0,5	0,3	0,3	0,3	0,7	<0,5	0,3	0,7	
	7	<0,5	0,3	0,3	0,3	0,7	<0,5	0,3	0,7	
	<b>Snitt</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>1,1</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>2,1</b>	<b>I</b>

**Tabell 3.3.** Resultater fra kjemiske analyser av PAH i sediment tatt fra Kjøkkelvik i 2010. Alle konsentrasjoner er presentert i mg/kg. Tilstandsklassene (TK) er angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007). \*) Kvantifiseringsgrensen er lavere enn verdien for KLIF's TK I. KLIF anser den økologiske risikoen som lav dersom verdiene ligger under grensen mellom TK II og TK III (Bakke et al. 2007). \*\*) Krysen og Trifenylen er slått sammen pga at de vanskelig lar seg diffrensiere under analyseteknikken benyttet. Tilstandsklassen gjelder for Krysen alene og er derfor trolig lavere enn presentert i tabellen.

Stasjon	Hugg	Fluoren	TK	Fenantren	TK	Antracen	TK	Fluoranten	TK	Pyren	TK	Benzo[a] antracen	TK	Benzo[b] fluoranten	TK	Benzo[k] fluoranten	TK	Total tørrstoff %
Kjø 1	5	0,093		0,77		0,20		0,93		0,71		0,66		0,34		0,39		70,0
	6	0,085		0,41		0,14		0,45		0,35		0,35		0,17		0,20		71,0
	7	0,078		0,40		0,15		0,48		0,37		0,36		0,19		0,20		72,0
	<b>Snitt</b>	<b>0,085</b>	<b>II</b>	<b>0,53</b>	<b>III</b>	<b>0,16</b>	<b>IV</b>	<b>0,62</b>	<b>III</b>	<b>0,48</b>	<b>III</b>	<b>0,46</b>	<b>IV</b>	<b>0,23</b>	<b>II</b>	<b>0,26</b>	<b>III</b>	<b>71,0</b>
Kjø 2	5	0,021		0,19		0,05		0,38		0,32		0,32		0,23		0,23		64,0
	6	0,005		0,04		0,02		0,10		0,08		0,08		0,08		0,07		57,0
	7	0,005		0,08		0,03		0,15		0,13		0,11		0,09		0,08		58,0
	<b>Snitt</b>	<b>0,010</b>	<b>II</b>	<b>0,11</b>	<b>II</b>	<b>0,03</b>	<b>II</b>	<b>0,21</b>	<b>III</b>	<b>0,18</b>	<b>II</b>	<b>0,17</b>	<b>IV</b>	<b>0,13</b>	<b>II</b>	<b>0,13</b>	<b>II</b>	<b>59,7</b>

Stasjon	Hugg	Benzo[a] pyren	TK	Dibenzo[a,h] antracen	TK	Acen- aftylen	TK	Krysen/ Trifenylen	TK	Naftalen	TK	Acen- aften	TK	Benzo[ghi] perylene	TK	Indeno [1,2,3-cd] pyren	TK	Sum 16 PAH (16 EPA)	TK
Kjø 1	5	0,37		0,039		0,026		0,65		0,02		0,025		0,150		0,140		5,50	
	6	0,19		0,020		0,016		0,31		0,01		0,019		0,091		0,080		2,90	
	7	0,19		0,022		0,022		0,33		0,01		0,022		0,083		0,096		3,00	
	<b>Snitt</b>	<b>0,25</b>	<b>II</b>	<b>0,027</b>	<b>II</b>	<b>0,021</b>	<b>II</b>	<b>0,43</b>	<b>&lt;IV**</b>	<b>0,01</b>	<b>II</b>	<b>0,022</b>	<b>II</b>	<b>0,108</b>	<b>IV</b>	<b>0,105</b>	<b>IV</b>	<b>3,80</b>	<b>III</b>
Kjø 2	5	0,24		0,032		<0,01		0,32		<0,01		0,017		0,150		0,150		2,70	
	6	0,07		0,005		<0,01		0,09		<0,01		0,005		0,066		0,053		0,75	
	7	0,08		0,005		<0,01		0,12		<0,01		0,005		0,065		0,052		0,99	
	<b>Snitt</b>	<b>0,13</b>	<b>II</b>	<b>0,014</b>	<b>II</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;II/III*</b>	<b>0,18</b>	<b>&lt;II**</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;II/III*</b>	<b>0,009</b>	<b>II</b>	<b>0,094</b>	<b>IV</b>	<b>0,085</b>	<b>IV</b>	<b>1,48</b>	<b>II</b>

### 3.3 Strandundersøkelser

I strandsonen som bestod av sand, mur og stein, ble det observert et tett lag av blæretang (*Fucus vesiculosus*) i kantene og et tett lag av grisetang (*Ascophyllum nodosum*) i midten av området. Innimellom disse fantes det små tuster av vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) og noe dypere ble det observert fingertare (*Laminaria digitata*). I tilknytning til flytebyggene ble det funnet blåskjell (*Mytilus edulis*), strandsnegl (*Littorina* sp.) og sjøstjerner (*Asterias rubens*). Slippen og store steiner i fjæren var stort sett dekket av grønske. Det var generelt liten aktivitet i de øvre lagene av strandsonen pga den fortsatt lave temperaturen.

Strandundersøkelsen avdekket ingen påvirkning på floraen eller faunaen i området (Bilde 3.1-3.3).



**Bilde 3.1.** Eksempel fra fjæresonen i Kjøkkelvik. På sand og småstein finnes *Fucus* sp., mens slippen og nærliggende steiner er dekket av grønnalger.



**Bilde 3.2.** Eksempel fra fjæresonen i Kjøkkelvik. *Laminaria* sp., *Fucus* sp. og grønnalger på steinene.



**Bilde 3.3.** Deler av bryggene i Kjøkkelvik var dekket av blåskjell, rur og strandsnegl, samt grønnalger.

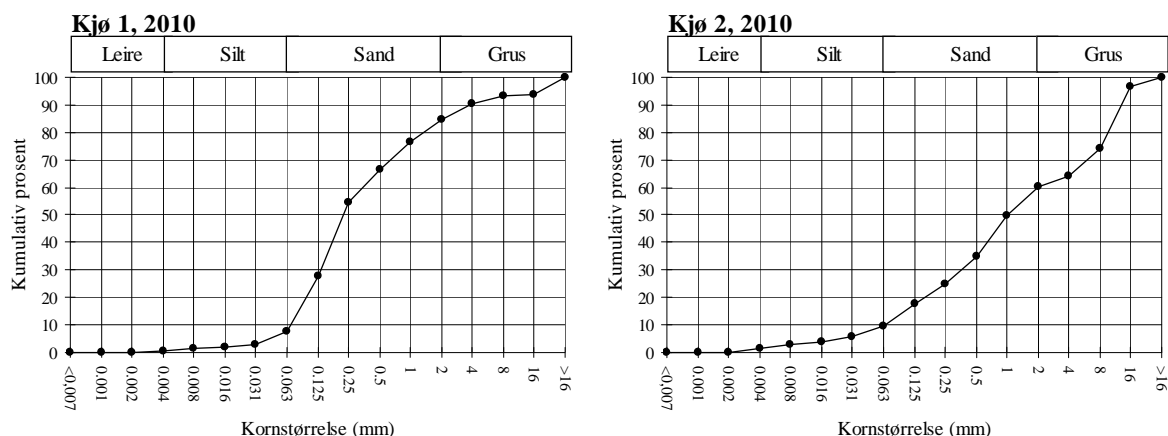


### 3.3 Sedimentundersøkelser

Sedimentfordelingen i Kjøkkelvik presenteres i Tabell 3.4 og Figur 3.2. På Kjø 1 bestod bunnen stort sett av sand (77 %), med noe grus (15 %). Det organiske innholdet var på 3,1 %. Kjø 2 inneholdt også mest sand (51 %), men også mye grus (40 %) og noe leiresilt (10 %). Her var det organiske innholdet på 5,0 %. Et grovkornet sediment og lavt innhold av organisk materiale tyder på gode strømforhold på stasjonene.

**Tabell 3.4.** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra to stasjoner i Kjøkkelvik, 2010.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Kjø 1</b>	17	3,07	1	7	8	77	15
<b>Kjø 2</b>	37	4,99	2	8	10	51	40



**Figur 3.2.** Kornfordelingskurver fra sedimentet på stasjonene Kjø1 og Kjø 2. Kornfordelingen (mm) er vist langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen.

### 3.4. Bunndyrsundersøkelser

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene på de to stasjonene er presentert i Tabellene 3.5 og 3.6, Figurene 3.3-3.5 og Vedleggstabellene 1 og 2.

**Tabell 3.5.** Antall arter, individer, diversitet (H') og jevnhet (J) for hver stasjon. Klassifisering av miljøkvalitet i tilstandsklasser (T.K.) ved bruk av artsdiversitet (H') (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	H'	J	KLIF's TK
Kjø 1	1	481	28	2,74	0,57	
	2	197	20	2,94	0,68	
	3	312	20	2,54	0,59	
	4	38	10	2,31	0,70	
	<b>Sum</b>	<b>1028</b>	<b>33</b>	<b>2,78</b>	<b>0,55</b>	<b>III</b>
Kjø 2	1	168	48	4,82	0,86	
	2	223	55	5,04	0,87	
	3	274	58	5,07	0,87	
	4	291	60	4,93	0,83	
	<b>Sum</b>	<b>956</b>	<b>92</b>	<b>5,33</b>	<b>0,82</b>	<b>I</b>

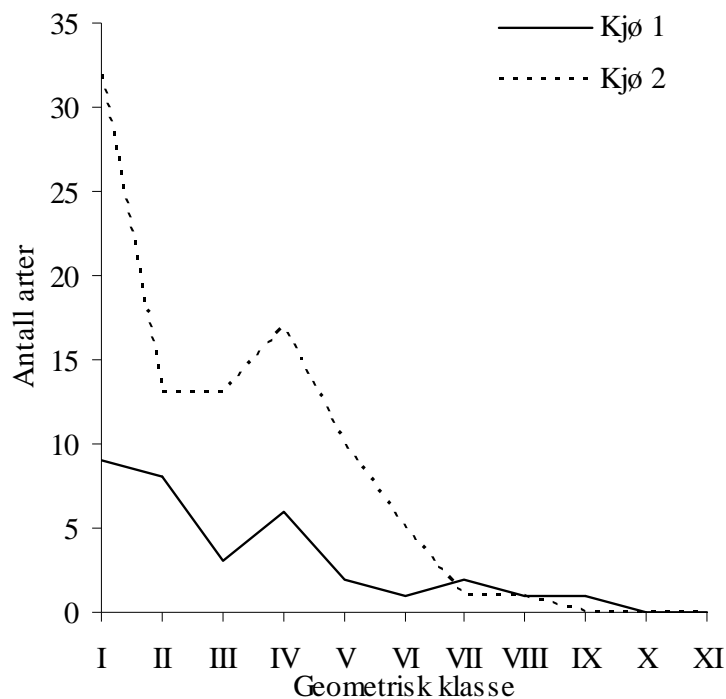
Stasjon Kjø 1 ligger på 17 meters dyp og hadde 1028 individer fordelt på 33 arter. Den store individmengden skyldes i hovedsak børstemarkfamilien *Aphelochaeta* sp., som utgjorde 46 % av totalt antall individer. I tillegg fantes det kun børstemark blant de ti mest artsrike artene. Denne gruppen er ofte den siste som forvinner fra et forurenset område, og kan klare seg i store antall lenge etter at annen fauna har forsvunnet. De geometriske klassene indikerer også at stasjonen er påvirket. Stasjonen fikk en diversitetsindeks på 2,78 som gir tilstandsklasse III, Mindre god.

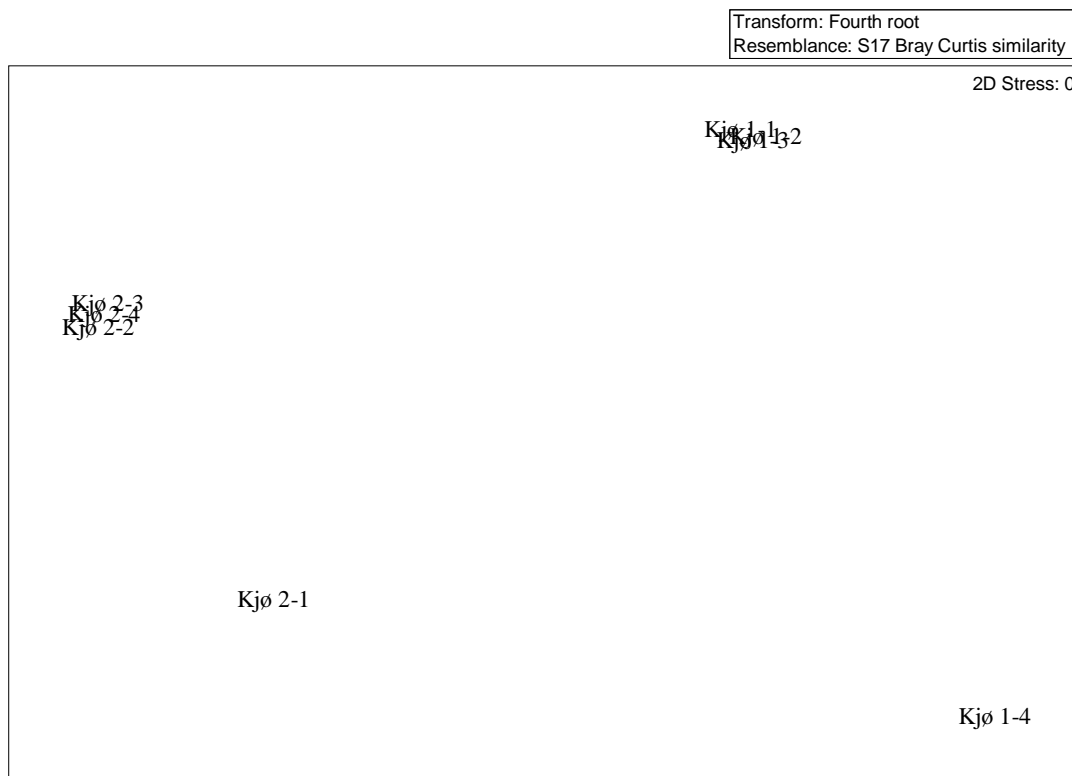
På Kjø 2 som ligger på 37 meters dyp, ble det funnet 956 individer fordelt på 92 arter. Her var børstemarken *Prionospio cirrifera* mest tallrik (15 %). Selv om børstemarkene dominerer, er både mollusker, sipunculida og slangestjerner var representert blant de ti mest tallrike artene noe som i tillegg til at artsantallet er høyt tyder på gode forhold. Denne stasjonen har en diversitetsindeks på 5,33 og får tilstandsklasse I, Meget god.

Alle huggene i Kjøkkelvik ble samlet under en likhet på 32 %, mens hele Kjø 1 hadde en likhet på 49 % og Kjø 2 på 66 %. Det var dermed relativt stor likhet innen de to stasjonene, med unntak av hugg 4 ved Kjø 1. Dette var også hugget hvor det ble funnet klart færrest individer.

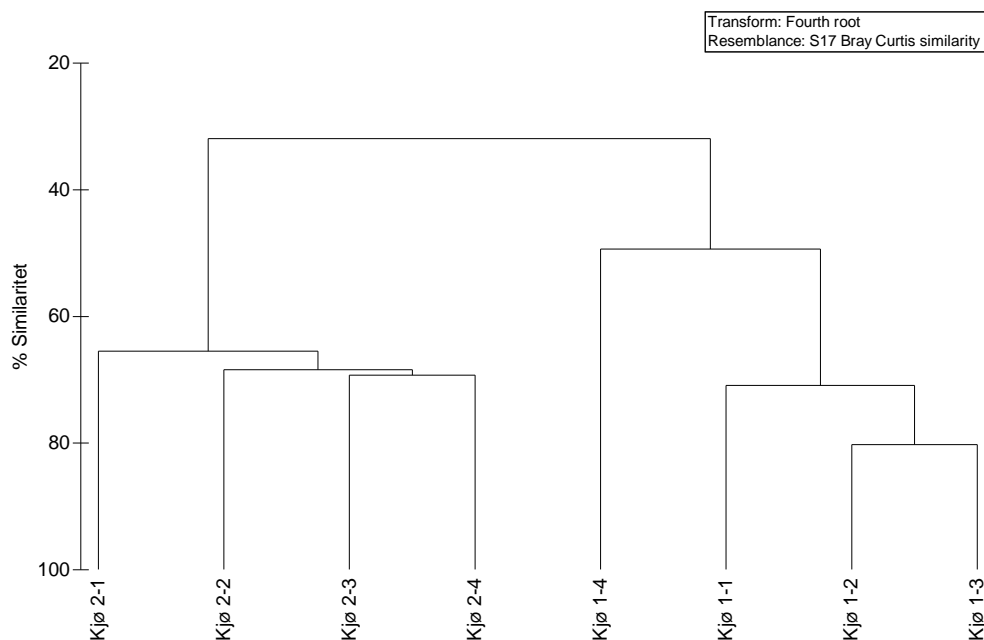
**Tabell 3.6.** De ti mest vanlige artene ved Kjø 1 og Kjø 2.

Kjø 1	Antall individer	%	Kum %	Kjø 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	469	45.6	45.6	<i>Prionospio cirrifera</i>	140	14.6	14.6
<i>Notomastus latericeus</i>	148	14.4	60.0	<i>Sabellidae</i> indet.	70	7.3	22.0
<i>Scoloplos armiger</i>	111	10.8	70.8	<i>Nereimyra punctata</i>	50	5.2	27.2
<i>Chaetozone</i> sp.	108	10.5	81.3	<i>Lumbrineridae</i> indet.	37	3.9	31.1
<i>Lumbrineridae</i> indet.	55	5.4	86.7	<i>Notomastus latericeus</i>	34	3.6	34.6
<i>Polycirrus norvegicus</i>	18	1.8	88.4	<i>Leptochiton asellus</i>	33	3.5	38.1
<i>Malacoceros fuliginosa</i>	16	1.6	90.0	<i>Sosane sulcata</i>	32	3.3	41.4
<i>Scalibregma inflatum</i>	12	1.2	91.1	<i>Glycera lapidum</i>	30	3.1	44.6
<i>Capitella capitata</i>	12	1.2	92.3	<i>Sipuncula</i> indet.	28	2.9	47.5
<i>Prionospio cirrifera</i>	10	1.0	93.3	<i>Amphilepis norvegica</i>	28	2.9	50.4

**Figur 3.3.** Antall arter (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Kjøkkelvik.



**Figur 3.4.** MDS-plot av bunnfaunaresultatene i Kjølkelvik, undersøkt 24. februar 2010. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m<sup>2</sup>. Analysene er basert på Bray-Curtis indeks. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Med forkortelsen Kjøl 1-4, menes Kjølkelvik stasjon 1, hugg nr 4.



**Figur 3.5.** Dendrogram fra clusteranalyse av bunnfaunaresultatene fra de to stasjonene i Kjølkelvik, undersøkt 24.febr. 2010. Analysene er utført på huggnivå hvor hvert hugg var på 0,1 m<sup>2</sup>. Analysene er basert på Bray-Curtis indeks. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte og standardiserte artsdata. Med Kjøl 1-2, menes Kjølkelvik stasjon 1, hugg 3.

#### **4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON**

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse foretatt i Kjøkkelvik i forbindelse med planer om utbygging av ny småbåthavn. Rapporten presenterer resultatene fra sedimentprøver, hydrografiprøver og strandundersøkelse gjennomført i februar og april, 2010.

**Det ble ikke oppdaget forstyrrelser i strandsonen på verken flora eller fauna. Sedimentet var nokså grovkornet, noe som indikere gode strømforhold. Stor kornstørrelse betyr ofte også en lavere kapasitet til å holde på miljøgifter. Likevel ble det funnet forhøyede verdier av bly ved Kjø 1 og noen PAH-forbindelser ved begge stasjonene. Det ble også påvist faunaforstyrrelser ved den innerste stasjonen, Kjø 1, mens faunaen var meget god ved Kjø 2.**

## 5 TAKK

Vi vil takke Thomas Sørli på F/F *Aurelia* for et hyggelig tokt. Partikkel- fordelingsanalysene og bestemmelsen av organisk innhold i sedimentet er utført av A. Amin og H. Grønning. Sorteringen av bunnprøvene er utført av N. Korableva , J. Hestetun, A. Amin og R. Tveiten. T. Alvestad har artsbestemt bunnfaunaen. T. Ensrud og K. Hatlen deltok på toktet.

## 6 LITTERATUR

- Bakke T., Breedveld G., Källqvist T., Oen A., Eek E., Ruus A., Kibsgaard A., Helland A. og Hylland K. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann – Revisjon av løassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn 2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. In: Holme, NA, McIntyre, AD, editors. *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell scientific publications. s. 41-65.
- Field, J.G., K.R. Clarke, R.M. Warwick 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. - *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Oug, E., T.E. Lein, B. Holte, K. Ormerod, K. Næs 1985. Basisundersøkelse i Tromsøund og Nordbotn 1984. Bløtbunnsundersøkelse, Fjæreundersøkelse og Bakteriologi. Fagrapport. - NIVA rapport 173b/84 Oslo, 166 pp.
- Systad H. 2002. Fase 1 innledende miljøundersøkelser i Kjøkkelvik. Multikonsult Noteby rapport 400528-1.

## 7 FORKORTELSER

KLIF	Klima- og forurensingsdirektoratet
TK	Tilstandsklasser
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
16 EPA	16 PAH valgt ut av Environmental Protection Agency ettersom disse medfører stor risiko for miljøskade.
PCB	Polykloreerte bifenoler
MDS	Multidimensional scaling
psu	Practical salinity unit

## **8 VEDLEGG**

<b>Vedleggstabell 1. Artsliste bunndyr</b> .....	24
<b>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</b> .....	28
<b>GENERELL VEDLEGGSEDEL</b> .....	29

**Vedleggstabell 1. Artsliste bunndyr**



**SEKSJON FOR ANVENDT  
MILJØFORSKNING (SAM)**  
Thormøhlensgt 49, 5006 Bergen  
Telefon: 55 58 44 05 Telefaks: 55 58 45 25



**BENTHOS ARTSLISTE**

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Opus Bergen AS**  
**Prosjekt nr.: 803986**  
**Prøvetakingssted (område): Fedje**  
**Dato for prøvetaking: 24.02.2010**  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni-Miljø Sam-marin**  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Ingen**  
**Artene er identifisert av: Tom Alvestad**

**Metode:** Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.

**Opplysninger om merker i artslisten:**

For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

+ i tabellen angir at det var dyr tilstede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).

cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.

\* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

\* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

**Andre opplysninger:**

Tabellen starter på neste side og består av 3 sider.

Artslisten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra SAM.

Signatur:.....*P.O. Johann*.....  
**Signaturberettiget**



Seksjon for anvendt miljøforskning

Hugg nr	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2
	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010
	1	2	3	4	1	2	3	4
* PORIFERA indet.	+							
* Calcarea indet.								+
* Cliona sp.	+					+		
* HYDROZOA								
* Hydrozoa indet.	+							
* ANTHOZOA								
Actiniaria indet.						1	2	1
* NEMERTINI indet.	2	3	1	2	2	2	11	3
* NEMATODA indet.	67	56	8	3		1	6	26
ANNELIDA								
POLYCHAETA								
Polynoidae indet.					1	3	1	2
Pholoe baltica	3	2	4		7	1	9	8
Phyllodocidae indet.								1
Eumida bahusiensis						2/1	7	2
Eumida ockelmanni		1	1					
Eulalia sp.							2	3
Mystides caeca								1
Eteone sp.								1
Eteone longa			2				1	
Nereimyra punctata		1	1	1	3	5	12	30
Syllidae indet.	3	2	2		2	1	2	4
Exogone sp.	1		1		3		1	5
Nereidae indet.					1	7	5	1
Sphaerodorum flavum	1							
Glycera alba	3			1				
Glycera lapidum	1		1		10	4	7	9
Goniada maculata					1	1	1	1
Hyalinoecia tubicola					1			
Lumbrineridae indet.	26	10	17	2	7	2	20	8
Protodorvillea kefersteini	1	1						
Schistomeringos sp.					1	3	2	1
Phylo kupferi							1	
Scoloplos armiger	46	26	38	1	1	3	1	1
Aonides paucibranchiata					1	3		
Malacoceros fuliginosa	9	2	4	1	1			
Polydora sp.					5	3	3	2
Prionospio cirrifera	6	1	3		31	39	23	47
Scolecipis corsuni							3	
Spiophanes wigleyi					1	1	6	1
Chaetopterus norvegicus						1		1
Aricidea sp.							1	
Paraonis sp.							1	1
Timarete tentaculata	1/3	0/1						
Aphelochaeta sp.	224	71	155	19	4	2	7	4
Chaetozone sp.	45	29	33	1	5	4	5	4
Cirratulus cirratus						9	2	6
Dodecaceria concharum								2
Macrochaeta clavicornis								1
Lipobranchus jeffreysii						6	2	

## Seksjon for anvendt miljøforskning

Hugg nr	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2
	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010
	1	2	3	4	1	2	3	4
Scalibregma inflatum	4	6	2				1	1
Capitella capitata	8	3	1					1
Notomastus latericeus	8/68	9/21	5/29	3/5	0/1	1/8	10/6	4/4
Maldanidae indet.					2	6	6	13
Myriochele oculata					10	6	4	4
Owenia borealis					11	5	1	5
Pectinaria auricoma								1
Pectinaria koreni	1						1	
Ampharete lindstroemi					1			1
Sabellides octocirrata	2		1		2	3		7
Sosane sulcata					8	3	15	6
Melinna elisabethae							2	1
Amphitrite cirrata					3	1	8/1	
Eupolymnia nebulosa					0/1	4/2	0/1	0/1
Eupolymnia nesidensis					0/1	3/3	1	3
Pista malmgreni							1	
Thelepus cincinnatus						1		
Polycirrus norvegicus	2	5	8	3	3	5	2	5
Hauciella tribullata								1
Trichobranchus roseus							1	
Sabellidae indet.	4	1	3		5	18	26	21
Euchone sp.					2		6	2
Hydroides norvegica	2				1	2		3
OLIGOCHAETA indet.		1						1
SIPUNCULA								
Sipuncula indet.					6	6	3	13
Phascolion strombus					1	2		2
ARTHROPODA								
CRUSTACEA								
* Natatolana borealis					1			
* Amphipoda indet.					1	3	3	3
* Caprellidae indet.		1						
* Eualus occultus						1		
* Galathea intermedia					1	2		1
* Paguridae indet.								1
* Liocarcinus arcuatus		1						
* Liocarcinus pusillus					1			
Acari indet.								1
MOLLUSCA								
Leptochiton asellus		1			4	5/1	13/1	8/1
Puncturella noachina					0/1			
Aporrhais pespelecani						1		
Euspira pulchella	1							
Euspira montagui							1	
Melanella alba					2			
Modiolus modiolus						0/1	0/1	1
Limatula subauriculata								1
Similipecten similis							1	
Palliolum furtivum						1	0/1	
Palliolum tigrinum						1		
Lucinoma borealis	1					1	2	

Seksjon for anvendt miljøforskning

Hugg nr	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 1	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2	Kjø 2
	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010	24.2.2010
	1	2	3	4	1	2	3	4
Myrtea spinifera					2	1		
Thyasira flexuosa	4	3	1	1		4/2	2	
Thyasira sarsii					3/1	2/2		
Montacuta ferruginosa	1							
Astarte montagui					2			3/2
Hiatella sp.						1		
Lyonsia norwegica							1	
BRACHIOPODA indet.								
Crania anomala						1		
* BRYOZOA								
* Bryozoa skorpeformet	+							
* Bryozoa grenet	+	+			+			+
ECHINODERMATA								
Asterias rubens	0/1							
OPHIUROIDEA indet.	+			+				
Ophiothrix fragilis	0/1					0/3	0/1	0/1
Amphilepis norvegica						0/7	1/6	0/14
Ophiura affinis						1		
Ophiura ophiura					1			
Ophiura cf. robusta								1
Echinus acutus					0/1		0/1	
Echinocyamus pusillus					2	2	1	2
Echinocardium flavescens					1	1	1/1	3
Ocnus lacteus					1			
Leptosynapta sp.					2	2	7	3
ENTEROPNEUSTA indet.					1	1	9	2
* CHAETOGNATHA indet.					1		1	
CHORDATA								
ASCIDIACEA								
Ascidiacea indet.						1		
Vertebrata								
* PISCES egg.							1	
* VARIA	+				+	+	+	+

**Vedleggstabell 2. Geometriske klasser**

Antall arter i de ulike geometriske klassene  
på stasjon Kjø 1 og Kjø 2 i 2010.

	Kjø 1	Kjø 2
I	9	32
II	8	13
III	3	13
IV	6	17
V	2	10
VI	1	5
VII	2	1
VIII	1	1
IX	1	0
X	0	0

## **GENERELL VEDLEGGSEDEL**

### **Analyse av bunndyrsdata**

#### **Generelt**

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0.1 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

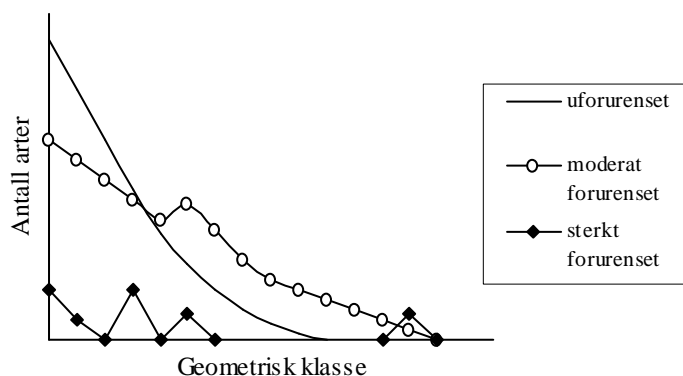
#### **Geometriske klasser**

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. Et eksempel er vist i Tabell v1. For ytterligere opplysninger henvises til Gray og Mirza (1979) og Pearson et al. (1983).

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flattere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små toppe og nullverdier (Figur v1).

**Tabell v1.** Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
I	1	23
II	2 - 3	16
III	4 - 7	13
IV	8 - 15	9
V	16 - 31	5
VI	32 - 63	5
VII	64 - 127	3
VIII	128 - 255	0
IX	256 - 511	2

**Figur v1.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurenset, moderat forurenset og for et sterkt forurenset område.

### Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

### Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S, totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J, fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) (Shannon og Weaver 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

der:  $p_i = n_i/N$ ,  $n_i$  = antall individer av art  $i$ ,  $N$  = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og  $S$  = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter,  $H'_{\max} (= \log_2 S)$ , er det mulig å uttrykke jevnheten ( $J$ ) i prøven på følgende måte:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (\text{Pielou 1966}),$$

der:  $H'$  = Shannon Wiener indeks og  $H'_{\max}$  = diversitet dersom alle arter har likt individantall.

Dersom  $H' = H'_{\max}$  er  $J$  maksimal og får verdien en.  $J$  har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg og Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær et al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med KLIF's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

**Tabell v2.** Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær et al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks ( $H'$ )	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ( $ES_{n=100}$ )	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær et al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

### Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

### Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor:  $S_{jk}$  = likheten mellom to prøver, j og k

$y_{ij}$  = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

$y_{ik}$  = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$



Hvor:  $\hat{d}_{jk}$  = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten  $d_{jk}$  gitt som:

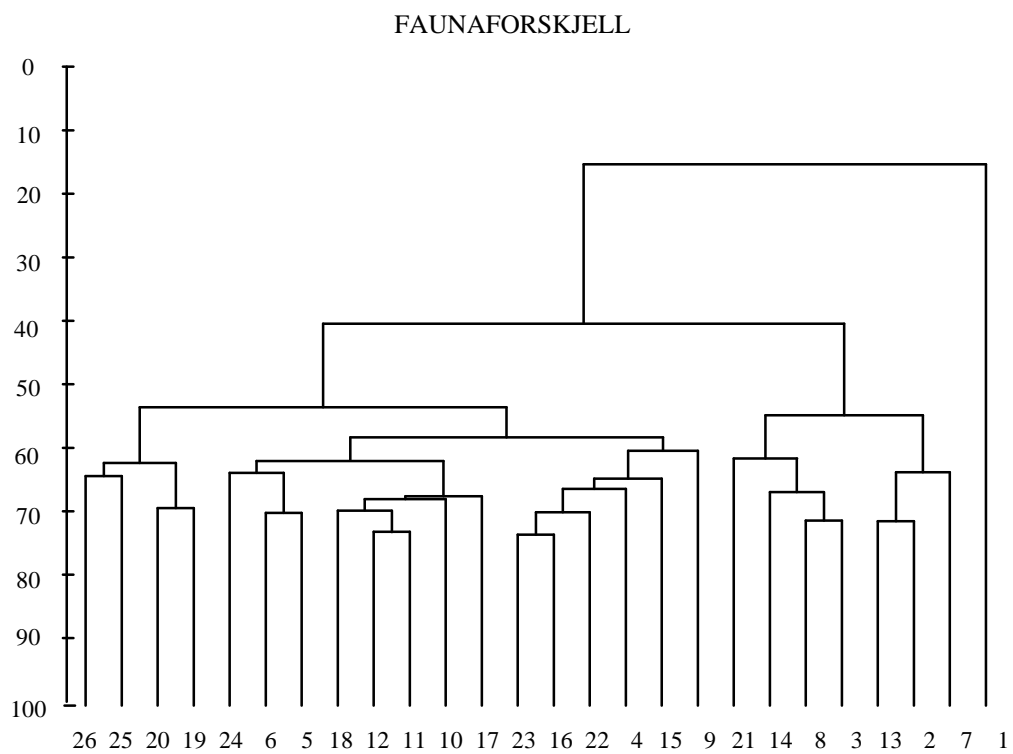
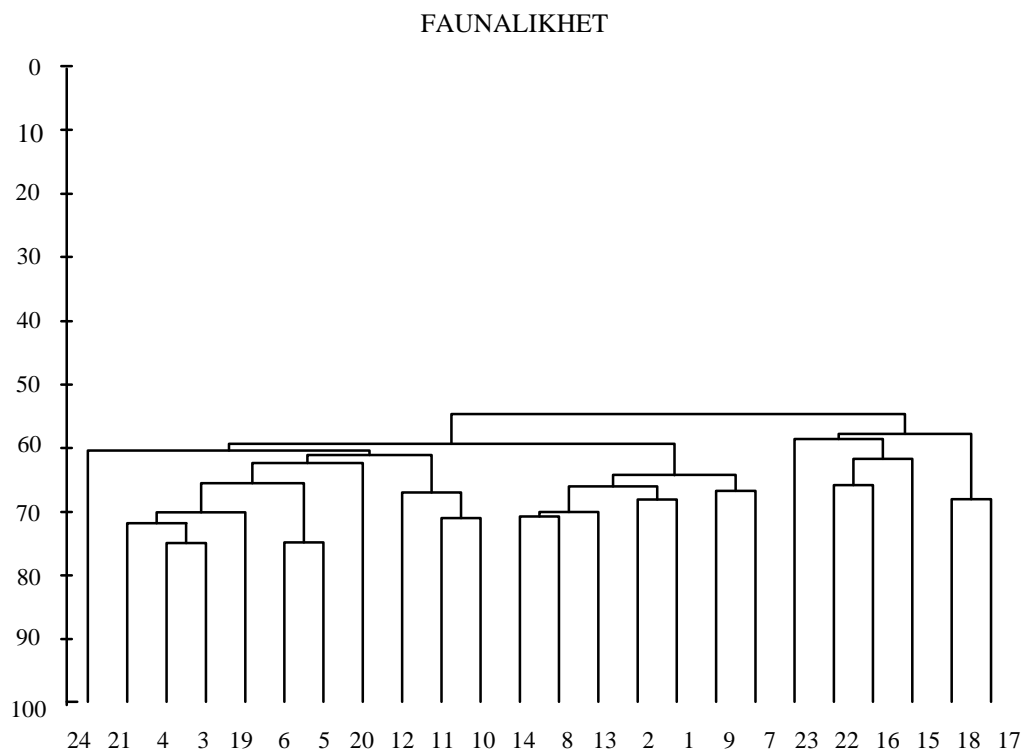
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren:  $< 0,05$  = svært god presentasjon,  $< 0,1$  = god presentasjon,  $< 0,2$  = brukbar presentasjon,  $> 0,3$  plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

### Dataprogrammer

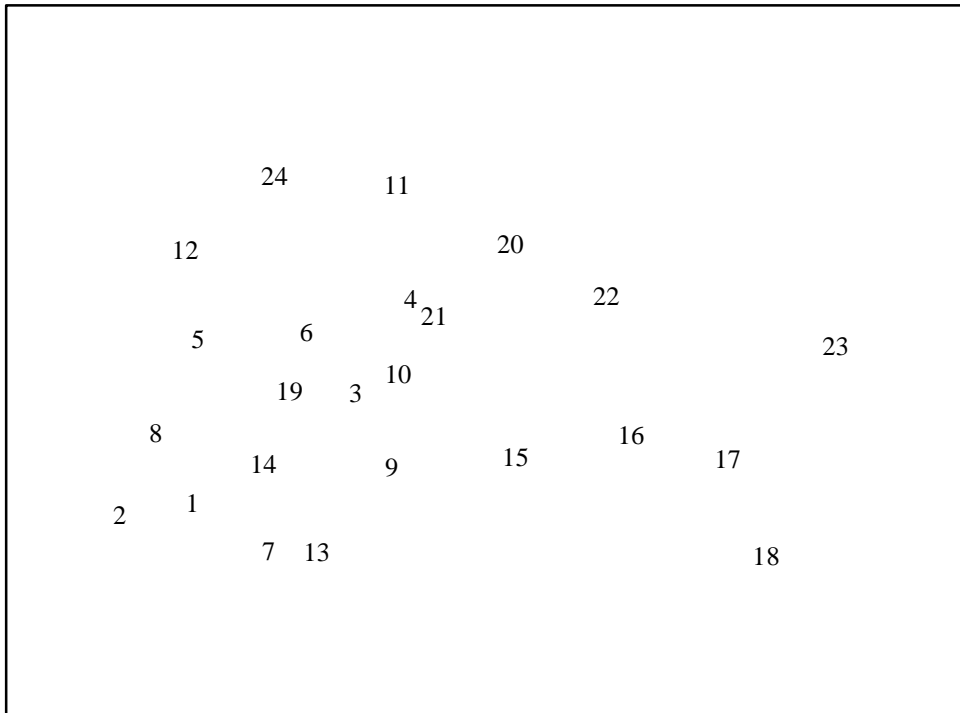
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget av Knut Årrestad ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

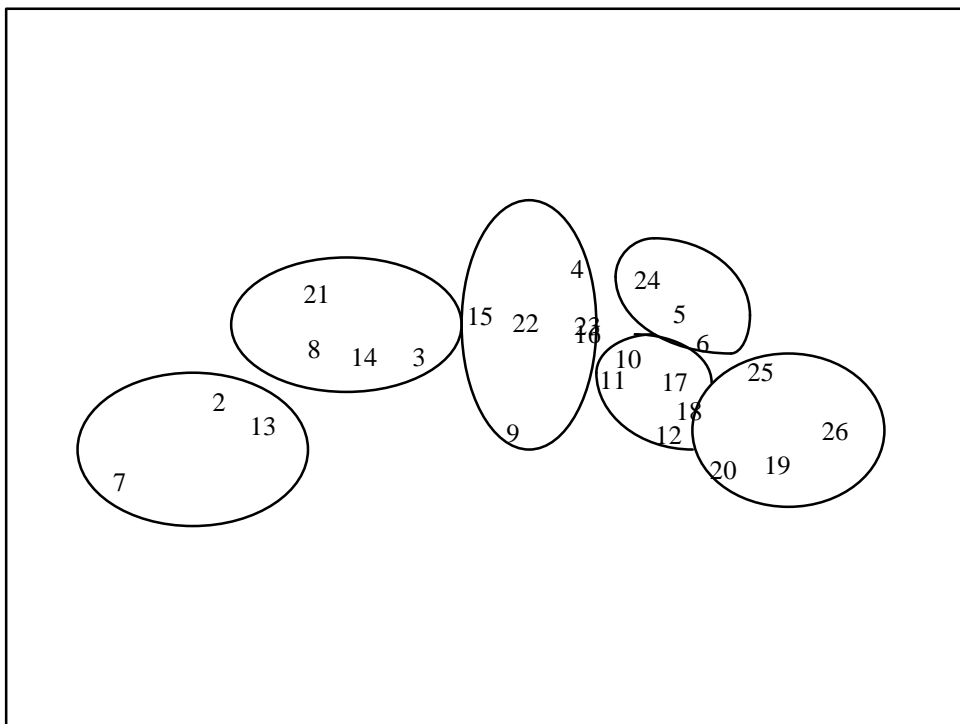


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



**Figur v3.** MDS-plott som viser faunalikheten mellom prøver. Øverste plott viser ingen klar gradient, mens nederste plott viser en tydeligere gradient.

## Analysereport



Uni Research AS  
HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)  
5006 BERGEN  
Attn: Kristin Hatlen

**Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss**  
F. reg. 965 141 618 MVA  
Møllebakken 50  
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Fax: +47 69 27 23 40

**AR-10-MM-003499-01**



**EUNOMO-00009952**

Prøvemottak: 09.03.2010  
Temperatur:  
Analyseperiode: 09.03.2010-16.03.2010  
Referanse: 803986 ref:3/10, 4/3-10

## ANALYSERAPPORT

---

Tegnforklaring:

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Prøvenr.:	439-2010-03090335	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 1, 5. hugg (PCB/PAH)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	70	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	0.018	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaflylen	0.026	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaften	0.025	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	0.093	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.77	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.20	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.93	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.71	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.66	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylen	0.65	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.34	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.39	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.37	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.14	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	0.039	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylen	0.15	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	5.5	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	0.00063	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.00090	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.0015	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090336	Prøvetaksdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 1, 5.hugg (tungmetaller)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	68	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	3.5	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	17	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	0.85	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	14	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	27	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.0830	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	6.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	210	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 3 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090337	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Kjø 1, 6.hugg (PCB/PAH)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	71	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaftalen	0.016	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenafaten	0.019	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	0.085	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.41	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.14	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.45	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.35	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.35	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylen	0.31	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.17	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.20	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.19	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.080	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	0.020	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylene	0.091	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	2.9	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	0.00053	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	0.00076	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.00098	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.0023	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Testforklaring:

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 4 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090338	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 1, 6.hugg (tungmetaller)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	67	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	3.3	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	19	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	0.78	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	12	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	24	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.0447	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	7.2	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	210	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring:

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjenngis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 5 av 13



AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090339	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 1 7.hugg (PCB/PAH)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	72	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	0.012	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaflyen	0.022	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenafen	0.022	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	0.078	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.40	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.15	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.48	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.37	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.36	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylen	0.33	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.19	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.20	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.19	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.096	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	0.022	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylen	0.083	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	3.0	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	0.00067	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.00091	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.0016	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 6 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952

eurofins		Provetakingsdato: 24.02.2010		Metode: LOQ:	
Provenr.:	439-2010-03090340	Provetaker:	Oppdragsgiver		
Provetype:	Sedimenter	Analysedato:	09.03.2010		
Provemerkning:	Kjø 1, 7.hugg (tungmetaller)				
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	73	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	3.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	17	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	0.72	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	17	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	24	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.221	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	6.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	210	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 7 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090341	Provetakingsdato:	24.02.2010		
Provetype:	Sedimenter	Provetaker:	Oppdragsgiver		
Provemerking:	Kjø 2, 5.hugg (PCB/PAH)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	64	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaflylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaften	0.017	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	0.021	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.19	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.052	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.38	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.32	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.32	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylen	0.32	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.23	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.23	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.24	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.15	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	0.032	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylen	0.15	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	2.7	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	0.00067	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	0.00070	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	0.00058	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	0.0012	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.0018	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.0050	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Tegnforklaring:

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 8 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090342	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø2, 5.hugg (tungmetaller)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	45	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	11	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	190	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	1.3	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	53	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	30	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.220	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	14	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	180	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 9 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	57	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenafaten	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.044	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.015	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.10	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.084	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.083	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylen	0.090	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.076	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.073	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.069	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.053	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylen	0.066	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	0.75	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.00071	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.00071	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Testforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 10 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090344	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 2, 6.hugg (tungmetaller)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	62	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	14	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	56	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	1.3	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	19	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	14	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.0958	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	6.8	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	97	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 11 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090345	Prevetakingsdato:	24.02.2010		
Prevetype:	Sedimenter	Provetaker:	Oppdragsgiver		
Prevemerking:	Kjø 2, 7.hugg (PCB/PAH)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	58	%	15%	NS 4764	0.02
<b>PAH 16 EPA</b>					
Naftalen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaftilen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaften	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	0.084	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antracen	0.030	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoranten	0.15	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	0.13	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antracen	0.11	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysen/Trifenylene	0.12	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	0.085	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	0.083	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	0.080	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.052	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenzo[a,h]antracen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[ghi]perylene	0.065	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	0.99	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
<b>PCB 7</b>					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	0.00065	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	0.00065	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	

Testforklaring

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 12 av 13

AR-10-MM-003499-01



EUNOMO-00009952



Provenr.:	439-2010-03090346	Prøvetakingsdato:	24.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kjø 2, 7.hugg (tungmetaller)	Analysedato:	09.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	55	%	15%	NS 4764	0.02
Arsen (As)	17	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.5
Bly (Pb)	260	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.3
Kadmium (Cd)	1.2	mg/kg TS	25%	NS EN ISO 11885	0.05
Kobber (Cu)	19	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Krom (Cr)	11	mg/kg TS	30%	NS EN ISO 11885	0.05
Kvikksølv (Hg)	0.0560	mg/kg TS	20%	NS 4768	0.001
Nikkel (Ni)	6.2	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.2
Sink (Zn)	78	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Moss 16. mars 2010

*Hanne-Monica Reinback*

Hanne-Monica Reinback

ASM/Kjemingeniør

Tegnforklaring

\* : (ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; : Mindre enn, &gt; : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 13 av 13



### Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.*
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélín, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.*
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication.* - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.