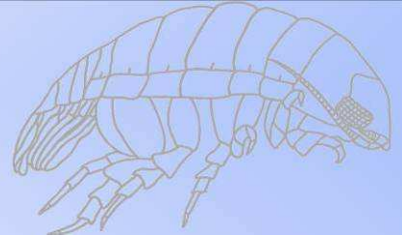


# SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
Uni Research





## SAM e-Rapport nr. 16-2012

### *MOM C-undersøkelse ved Nørholmen i 2011*

Vidar Strøm  
Anders W Olsen  
Fredrik R Staven  
Kristin Hatlen  
Per-Otto Johansen



	<b>SAM-Marin</b>	 <small>Test 157</small>
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOMC-undersøkelse ved Nørholmen i 2011	Dato: Felt: 11. mai, 2011 Rapport: 28.03.2012 Antall sider og bilag: 38
Forfatter(e): Fredrik R Staven, Anders W Olsen, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Fredrik R. Staven Prosjektnummer: 47-5-11C/805832

Oppdragsgiver: Marine Harvest, region midt	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------

Abstract: On assignment from Marine Harvest Norway AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the area by the marine fish farm Nørholmen, which is located east of the island Smøla in Møre og Romsdal. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling. The stations are located in close proximity to the marine fish farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.

The chemical analysis show low levels of phosphorus, zinc, and cobber at all stations (class I, very good). The geological analysis show that the sediment consists of a big proportion of sand, with a lesser content of silt and clay. This indicates a high current velocity nearby the bottom. The soft bottom macrofauna survey shows good environmental conditions with high species diversity on all stations. This is probably due to a high rate of water exchange combined with a steady supply of organic matter from the fish farm. In total the results give a picture of a marine area in good condition. The organic waste from the fish farm is probably affecting the nearby environment, although in a rate that isn't harmful to the environment.

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett Resipient Bunndyr Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 16-2012
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12.4.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	11.mai, 2011	

---

SAM-Marin er en del av Uni Research AS, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurdering og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157.

**Følgende er utført akkreditert:**

**Prøvetaking til - analyser, samlet av: -**

**Litoralundersøkelse utført av: -**

**Sortering av sediment utført av: SAM-marin**

**Identifikasjon av marin fauna utført av: Per Johannessen og Tom Alvestad**

**Rapportering utført av: SAM-marin/Aqua Komp.**

**Ikke akkreditert:**

**Geologiske analyser utført av: SAM-marin**

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy: båten til Surnadal Sjøservice**


**Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse as akkrediteringsnummer 003**

Akkreditert: Tørrstoff, sink, kobber og fosfor

Ikke akkreditert: TOC

**Andre: -**

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	"MOMC-undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Nørholmen i Trondheimsleia"		
Rapport-nummer:	47-5-11C	Lokalitetens navn:	Nørholmen
Lokalitetsnummer:	Ikke tatt i bruk	GPS, senter i anlegg:	N62°12.310/Ø05°12.134
Fylke:	Møre og Romsdal	Kommune:	Smøla
MTB-tillatelse:	Ikkje tatt i bruk	Driftsleder:	Ingen pr dags dato
Dato undersøkelse:	11.05.2011	Dato rapport:	7. mars, 2012
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS, Knut Staven		

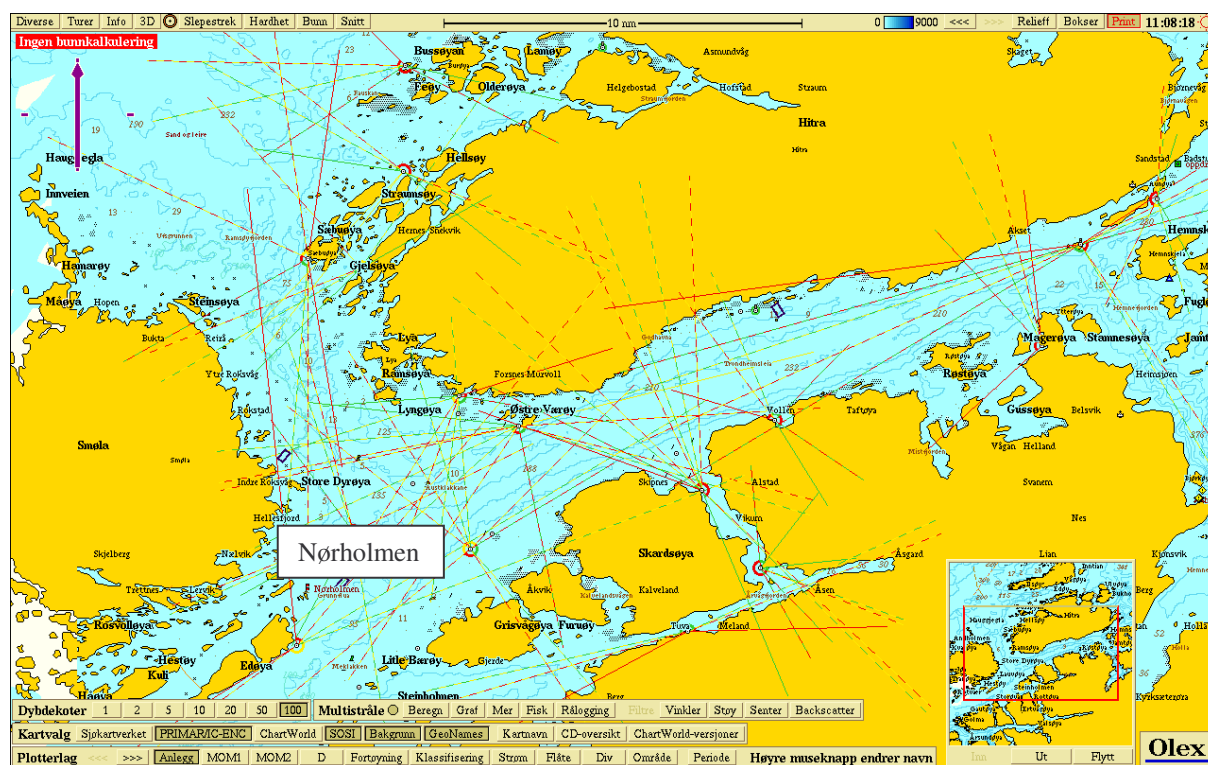
Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007) :					
Stasjoner		Stasjon 1 (nærsonne)	Stasjon 2 (overgangssone)	Stasjon 3 (fjernsonne)	
Parametre					
GPS (prøvestasjoner):		N 64° 20.406 Ø 08° 16.999	N 63° 20.851 Ø 08° 18.001	N 63° 20.406 Ø 08° 18.360	
<b>Fauna</b> (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Antall arter:	124	127	119	
	Antall individer:	1234	1147	1423	
	Jevnhet (0-1):	0,83	0,82	0,75	
	Shann.Wien. (H) SW, tilst.klasse:		5,71	5,20	
	Hurl.ind.(ES <sub>n=100</sub> ) Hurl.,tilst.klasse:				
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:	- Miljøtilstand 1	I (meget god) Miljøtilstand 1		
	<b>Normal. TOC</b>	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:	16,1 I (meget god)	30,2 III (moderat)	19,6 I (meget god)
<b>Elementer</b> (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:	23 I (meget god)	58 I (meget god)	32 I (meget god)	
	P (mg/kg): P, kommentar:	410 Lavt	470 Lavt	330 Lavt	
	Cu (mg/kg) Cu, tilst.klasse:	7,5 I (meget god)	10,0 I (meget god)	7,6 I (meget god)	
	<b>Oksygen</b>	Målt verdi (%): O <sub>2</sub> , tilst.klasse:	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt
	<b>Sedimentkarakteristikk</b> (MOMB-parameter):	Silt og skjellsand. Lys grå farge.	Silt og litt skjellsand. Lys grå/brun farge.	Silt og skjellsand. Lys grå/brun farge.	
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:					

## INNHOOLD

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....	7
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>13</b>
3.1 Hydrografi .....	13
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	16
3.4 Bunndyr .....	16
<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 VEDLEGG</b> .....	<b>23</b>
<b>GENERELL VEDLEGGSDDEL</b> .....	<b>23</b>
Vedleggstabell 1. Artsliste .....	31
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi.....	37

## 1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra tre stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS i ved Nørholmen i Trondheimsleia, Smøla kommune i Møre og Romsdal den 11. mai 2011. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i en prøve. Resultatene i undersøkelsen er vurdert opp mot retningslinjene for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann fra Statens Forurensningstilsyn (Molvær et al. 1997).



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet avmerket. Kartkilde: Olex.

## 2 MATERIALE OG METODER

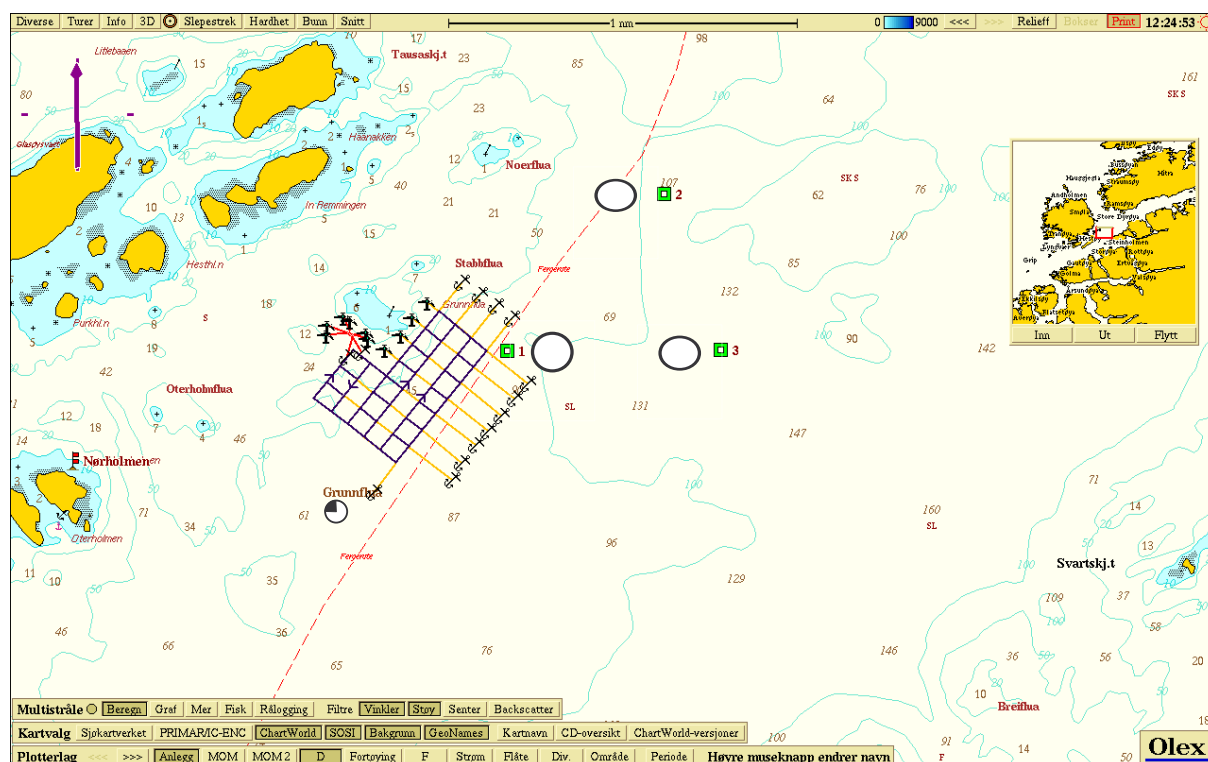
### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger øst for oppdrettslokaliteten Nørholmen tilhørende Marine Harvest Norway AS i Trondheimsleia (Se figur 2.1). Det største dypet i fjorden er 250 m.

Fjorden har ingen terskel. Det ble tatt prøver fra tre utvalgte stasjoner øst for Nørholmen, fra nærsonen og overgangssonen til matfiskanlegget, og nedover dypet til fjernsonen.

## 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten til Surnadal Sjøservice AS den 11. mai 2011. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra tre stasjoner. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



**Figur 2.2.** Detaljskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

### 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskifting og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskifting, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid ( $H_2S$ ), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med

oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

Det ble utført målinger av saltholdighet og temperatur på alle tre stasjonene (figur 3.1 til 3.3). På grunn av en feil med oksygensonden, foreligger det ikke oksygenmålinger fra vannsøylen ved stasjonene. Da undersøkelsesområdet ligger i en åpen fjord, ble det besluttet at det ikke var nødvendig med oksygenmålinger i denne undersøkelsen. Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS. Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS. Feltarbeidet ble utført 11.05.11.

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 11. mai 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb (full grabb = 17 liter).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Nørholmen 1 11.05.11	Nørholmen 64°20.406 N 08°16.999 Ø	83,0	1	7,38	Silt og skjellsand. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemarki grabben. Uttak til faunaprøver.
			2	4,45	Silt og skjellsand. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark og slangestjerne i grabben. Uttak til faunaprøver.
			3		Silt. Lys grå farge. Ingen lukt. Uttak til kjemiske og geologiske prøver.
St. Nørholmen 2 11.05.11	Nørholmen 63°20.851 N 08°18.001 Ø	105	1	9,50	Silt pluss litt skjellsand. Lys grå/brun farge. Ingen lukt. Børstemark, eremittkreps, og slangestjerne i grabben. Uttak til faunaprøver.
			2	6,37	Silt pluss litt skjellsand. Lys grå/brun farge. Ingen lukt. Børstemark i grabben. Uttak til faunaprøver.
			3		Silt. Lys/grå brun farge. Ingen lukt. Uttak til kjemiske og geologiske prøver.
St. Nørholmen 3 11.05.11	Nørholmen 63°20.406 N 08°18.360 Ø	144	1	0	Silt og skjellsand. Lys/grå farge. Ingen lukt. Uttak til kjemiske og geologiske prøver.
			2	5,39	Silt og skjellsand. Lys/grå farge. Ingen lukt. Børstemark i grabb. Uttak til faunaprøver.
			3	6,37	Skjellsand. Lys/grå farge. Ingen lukt. Børstemark og sjømus i grabb. Uttak til faunaprøver.



### 2.2.2 Sediment

Det ble tatt sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra tre stasjoner. Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984).

Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen.

Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %. Det organiske innholdet i sedimentet, prosent glødetap, ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking (105° C i ca. 20 timer) og brenning (550° C i 2 timer) (Norsk Standard 4764).

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764.

Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sedimentoverflaten, og lukte råttent (H<sub>2</sub>S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### 2.2.3 Kjemiske analyser

De kjemiske analysene ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (Akkreditering Test 043). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885m. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1.

## 2.2.4 Bunndyr

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 bunndyrsprøver fra uforurensete 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 det finnes få eller ingen levende arter i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m<sup>2</sup>. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene.

Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfauunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet og KLIF (Klima og Forurensingsdirektoratet) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997, Veileder nr 1:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad. Artsdiversitetene beregnes for prøvene brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra Svært god (I) til Meget dårlig (V). I tillegg brukes indeksene NQI1 og NQI2, som også tar hensyn til artenes sårbarhet (beregnet vha AMBI). Dette er en internasjonal standard som er implementert etter det nye vanndirektivet (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 1:2009). Nær oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

**Tabell 2.2.** Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Klassifisering av miljøtilstand (Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

			Tilstandsklasse				
			I	II	III	IV	V
			Meget/ svært god	God	Moderat/ mindre god	Dårlig	Meget / svært dårlig
Parameter	Måleenhet						
Dypvann	Oksygen	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener 'H)		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1		>0,72	0,63 -0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Normalisert TOC	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

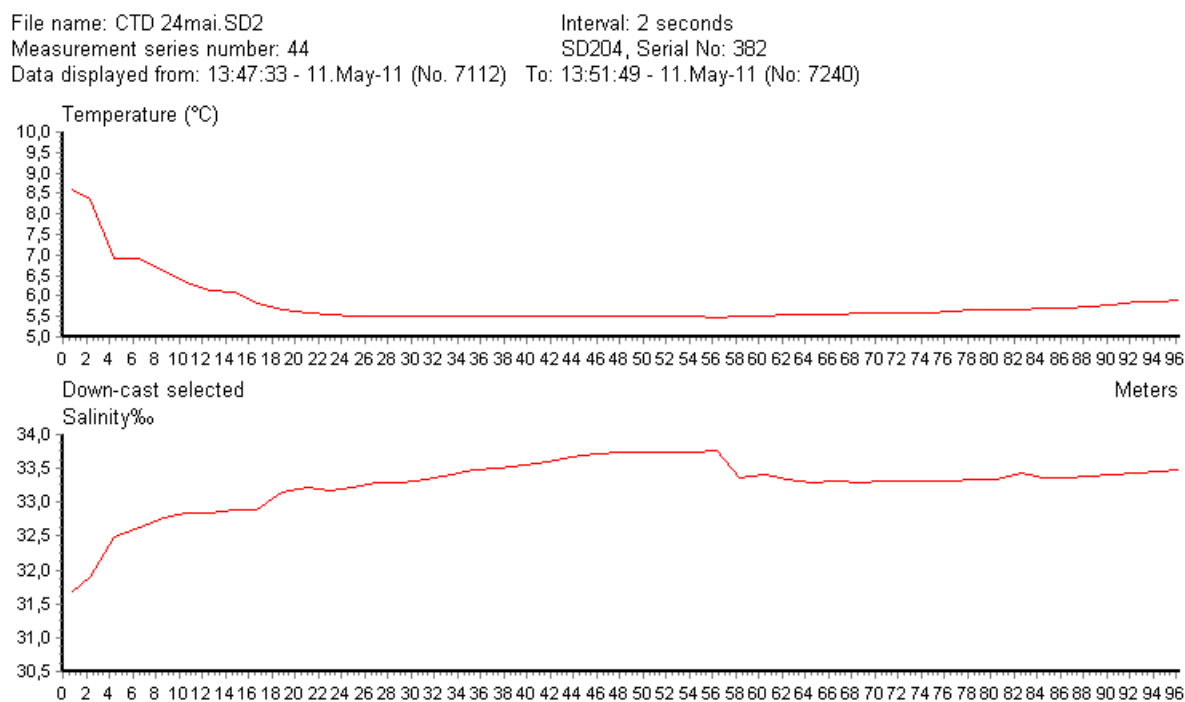
**Tabell 2.3** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minst 20 arter av makrofauna (&gt; 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.</li> </ul>
Miljøtilstand 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5-19 arter av makrofauna (&gt; 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.</li> </ul>
Miljøtilstand 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 til 4 arter av makrofauna (&gt; 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup></li> </ul>
Miljøtilstand 4 (uakseptabelt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen makrofauna (&gt; 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> </ul>

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

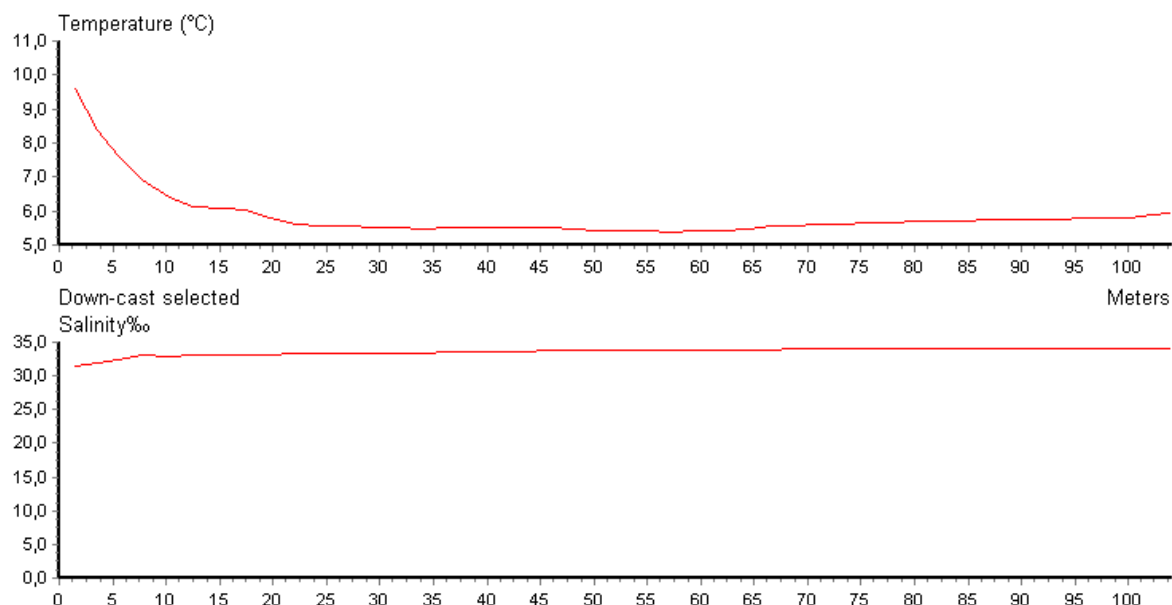
#### 3.1 Hydrografi

Figur 3.1, 3.2, og 3.3 viser at det ligger et varmere temperatursjikt i den øverste delen av vannsøylen. Her synker temperaturen fra cirka 10 °C til 5,5 °C. Fra 15-20 meters dybde ligger temperaturen deretter stabilt på 5,5 °C videre nedover i vannsøylen. Denne trenden er gjennomgående på alle tre stasjoner. Saliniteten ligger jevnt på rundt 33 ‰ nedover i vannsøylen ved alle stasjonene, med et noe ferskere vannlag i de øverste 10 meterne.



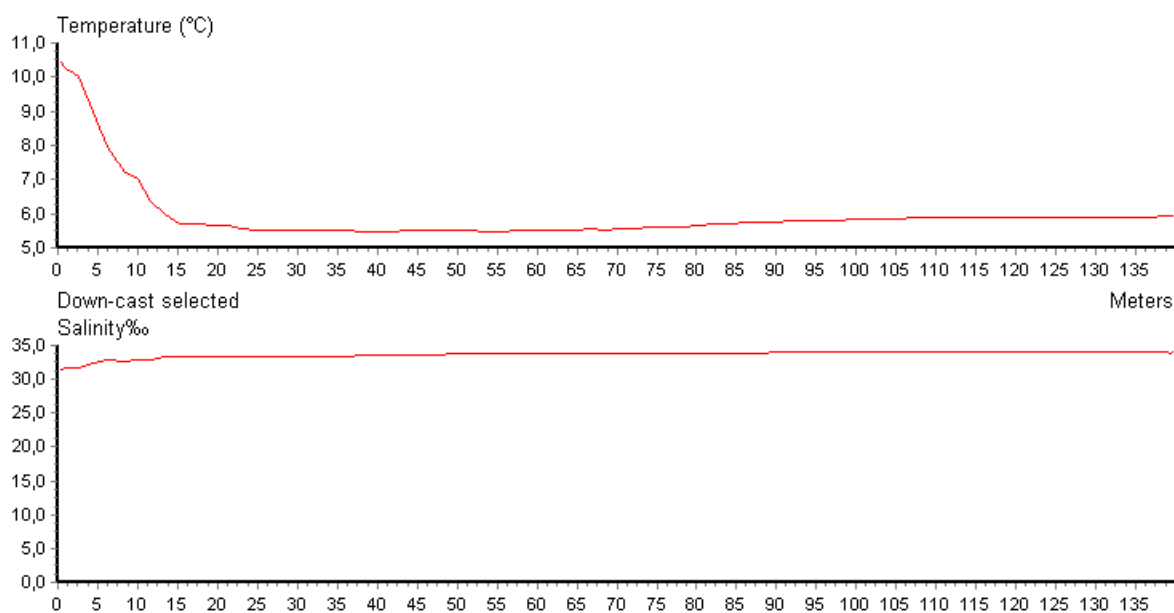
**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 96 meters dyp på stasjon Nørholmen1 den 11. mai 2011.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 45 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 14:32:51 - 11.May-11 (No. 7358) To: 14:39:07 - 11.May-11 (No: 7546)



**Figur 3.2.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 105 meters dyp på stasjon Nørholmen 2 den 11. mai 2011.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 46 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 16:38:16 - 11.May-11 (No. 7578) To: 16:47:00 - 11.May-11 (No: 7840)



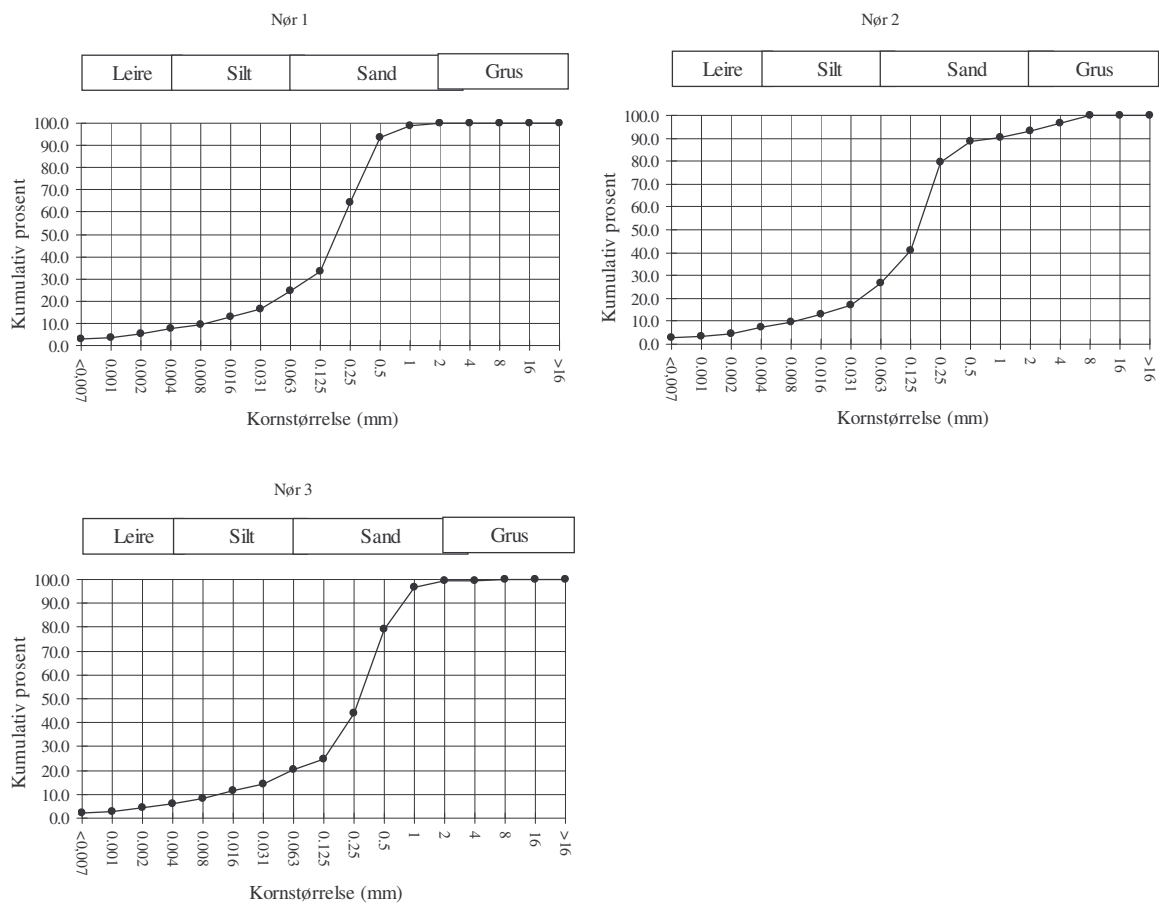
**Figur 3.3.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 140 meters dyp ved stasjon Nørholmen 3 den 11. mai 2011.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.4 og Tabell 3.1.

Sedimentprøven ved Nørholmen 1 inneholdt en del partikler i den grove enden av skalaen i form av sand (76 %), men også en del finere partikler i form av leire og silt (24 %).

Nørholmen 2 besto av litt grus (7 %), en del sand (66 %), samt 27 % leire og silt. Trenden var også den samme ved stasjon Nørholmen 3, som besto av en god del sand (79 %) samt noe silt og leire (20 %). Da alle stasjonene innehar en relativt stor andel av grovpartikulært materiale, tyder det på at bunnstrømmen er god i undersøkelsesområdet.



**Figur 3.4.** Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Nørholmen i 2011.

**Tabell 3.1.** Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Nørholmen i 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Nør 1	83	5,38	8	17	24	76	0
Nør 2	105	5,19	7	20	27	66	7
Nør 3	144	5,37	6	15	20	79	0

### 3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Nørholmen er vist i Tabell 3.2 og Vedleggstabell 2. For å benytte KLIF's tilstandsklasse på total organisk karbon (TOC), bør de målte verdiene normaliseres dvs. standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs og en må derfor ha dette i tankene når formelen benyttes på data fra fjorder (Aure et al. 1993).

I dette tilfellet var glødetapet lavt på alle stasjoner. Det samme indikerer TOC-verdiene for Nør 1 og Nør 3, mens verdiene for Nør 2 indikerer moderate nivåer (tilstand III). Nivået av fosfor var lavt på samtlige stasjoner og høyest på Nør 2. Konsentrasjonen av kobber og sink var lav på alle stasjonene.

**Tabell 3.2.** Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Nørholmen i 2011. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har tilstandsklasser (TK) angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007 og Molvær 1997).

Stasjon	Totalt Organisk	Normalisert	TK	Fosfor	Sink	TK	Kobber	TK	Tørrstoff
	Carbon g/kg	TOC mg/g		mg/kg TS	mg/kg TS		mg/kg TS		(TS) %
Nør 1	<5	16,1	I	410,0	23,0	I	7,5	I	64,0
Nør 2	17,0	30,2	III	470,0	58,0	I	10,0	I	59,0
Nør 3	5,3	19,6	I	330,0	32,0	I	7,6	I	66,0

### 3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.3-3.5, Figurene 3.5-3.7 og Vedleggstabell 1.

Nør 1 ligger på 83 m dyp tett på anlegget Nørholmen. Her ble det funnet 1234 individer og 124 arter. Dette er et høyt artsantall og gir diversiteten 4,67. Stasjonen får MOM-tilstanden 1, Meget god. I tillegg beskriver Vanndirektivets klassifiseringsindekser (NQI1 og NQI2) et svært godt artsmangfold. At fordelingen av arter innen geometriske klasser er god illustreres av figur 3.4. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var mest individrik, med 11 % av totalt



antall individer i prøver. Ellers fantes det 1 molluskart og 8 andre børstemarkarter blant de ti mest individrike artene.

Nør 2 ligger på 105 m dyp i overgangssonen fra anlegget. På denne stasjonen ble det funnet 1147 individer fordelt på 127 arter. Dette er et svært høyt artsantall på 0,2 m<sup>2</sup> og diversiteten var 5,71. Stasjonen får MOM-tilstanden 1, «Meget god» og KLIF-tilstanden «Svært god». Vanddirektivets indekser (NQI1 og NQI2) beskriver artsmangfoldet som «Svært godt» og grafen over arter fordelt på geometriske klasser illustrerer også gode forhold. Blant de elleve mest individrike artene fantes det 2 molluskarter og 9 børstemarkarter. Den mest individrike var børstemaren *Paramphinome jeffreysii* med 13 % av totalt antall individer.

Nør 3 ligger nærmere anlegget enn Nør 2, men ettersom den ligger dypere (144 m) anses den likevel som fjernsone. Her ble det også funnet svært mange arter. Artstallet var på 119 og individtallet på 1423. Dette gir diversiteten 5,20 og dermed KLIFs tilstand «Svært god». Både fordelingen av arter innen geometriske klasser og artsmangfoldet (NQI1 og NQI2) er svært godt på denne stasjonen. Den mest individrike artene var også her børstemarken *Paramphinome jeffreysii* med 19 % av totalt antall individer. Ellers fantes det 2 molluskarter og 7 and børstemarkarter blant de ti mest individrike artene.

De multivariate analysene viser at det er relativt stor likhet i faunafordelingen mellom de tre stasjonene (overkant av 65 %). Alle de tre stasjonene har svært gode faunaforhold og nyter trolig godt av organisk tilførsel fra anlegget i tillegg til at det er god bunnvannsutskiftning, noe som kornfordelingen indikerer.

**Tabell 3.3.** Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve fra Nørholmen i 2011. Klassifisering av miljøtilstanden (T.kl.) er basert på flere diversitetsmål: Shannon-Wiener diversitet (H'), NQI1, NQI2 og AMBI som angitt i Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann (se generelt vedlegg for nærmere forklaringer), samt MOM tilstand fra NS 9410.

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	KLIF		Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
					TK	MOM TK				
Nør 1	1	644	102	5,70			0,85			
	2	592	97	5,58			0,85			
	<b>Sum</b>	<b>1236</b>	<b>124</b>	<b>5,76</b>		<b>1</b>	<b>0,83</b>	<b>1,99</b>	<b>0,81</b>	<b>0,84</b>
TK					Meget god			Svært god	Svært god	
Nør 2	1	623	106	5,61			0,83			
	2	524	93	5,55			0,85			
	<b>Sum</b>	<b>1147</b>	<b>127</b>	<b>5,71</b>		<b>1</b>	<b>0,82</b>	<b>1,86</b>	<b>0,82</b>	<b>0,84</b>
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Nør 3	2	689	89	5,10			0,79			
	3	734	93	5,12			0,78			
	<b>Sum</b>	<b>1423</b>	<b>119</b>	<b>5,20</b>			<b>0,75</b>	<b>2,31</b>	<b>0,78</b>	<b>0,77</b>
TK					Svært god				Svært god	Svært god

**Tabell 3.4.** De mest tallrike artene/gruppene fra Nørholmen i 2011.

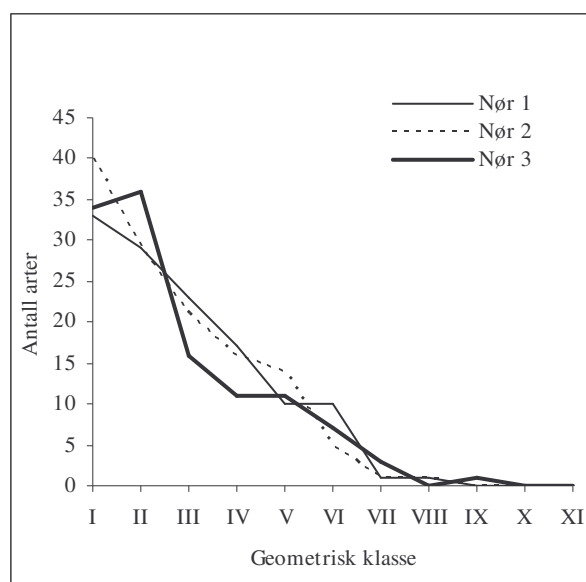
Nør 1	Ant.	Ind.	%	Kum %	Nør 2	Ant.	Ind.	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	142	11	11		<i>Paramphinome jeffreysii</i>	154	13	13	
<i>Amythasides macroglossus</i>	65	5	17		<i>Sabellides octocirrata</i>	68	6	19	
<i>Chaetozone sp.</i>	57	5	21		<i>Maldanidae indet.</i>	50	4	24	
<i>Mendicula feruginosa</i>	46	4	25		<i>Mendicula feruginosa</i>	48	4	28	
<i>Spiophanes wigleyi</i>	46	4	29		<i>Streblosoma intestinale</i>	44	4	32	
<i>Galathowenia fragilis</i>	43	3	32		<i>Aphelochaeta sp.</i>	41	4	35	
<i>Sabellides octocirrata</i>	41	3	36		<i>Thyasira equalis</i>	37	3	39	
<i>Notomastus latericeus</i>	39	3	39		<i>Notomastus latericeus</i>	29	3	41	
<i>Aphelochaeta sp.</i>	39	3	42		<i>Sabellidae indet.</i>	29	3	44	
<i>Pholoe baltica</i>	36	3	45		<i>Chaetozone sp.</i>	25	2	46	
					<i>Spiophanes wigleyi</i>	25	2	48	

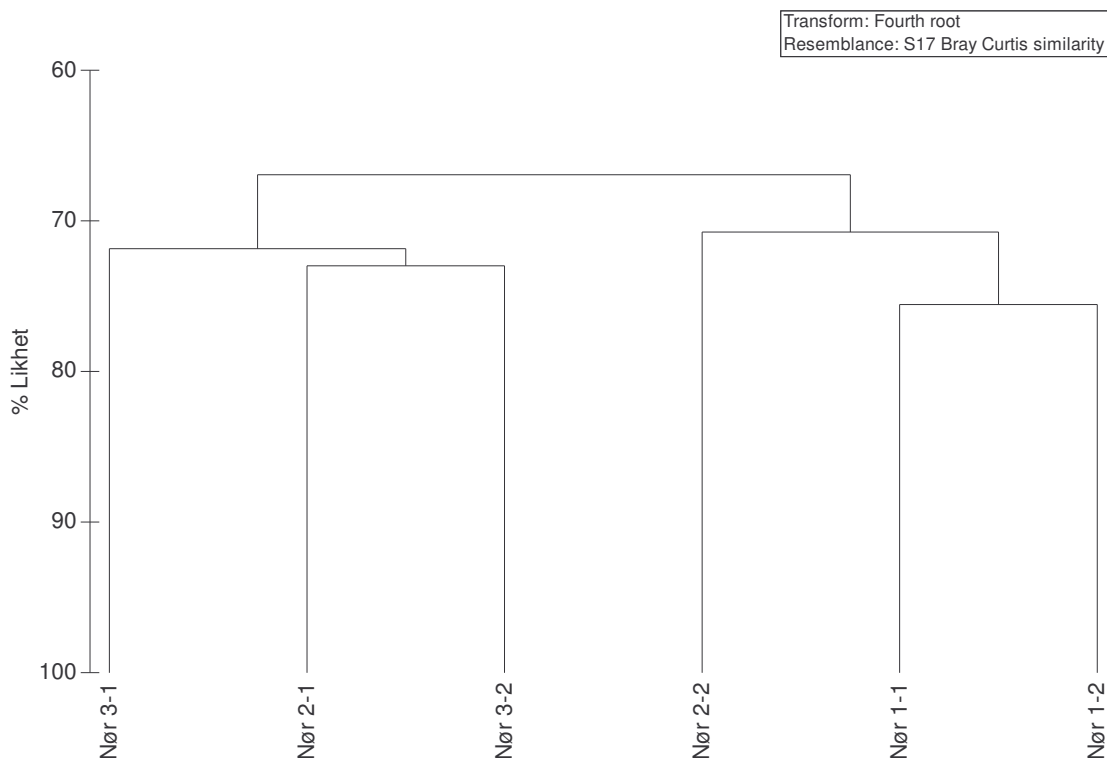
  

Nør 3	Ant.	Ind.	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	268	19	19	
<i>Aphelochaeta sp.</i>	111	8	27	
<i>Chaetozone sp.</i>	92	6	33	
<i>Nothria conchylega</i>	67	5	38	
<i>Notomastus latericeus</i>	61	4	42	
<i>Thyasira equalis</i>	47	3	45	
<i>Sabellidae indet.</i>	45	3	49	
<i>Eclysippe vanelli</i>	44	3	52	
<i>Maldanidae indet.</i>	40	3	54	
<i>Mendicula feruginosa</i>	39	3	57	

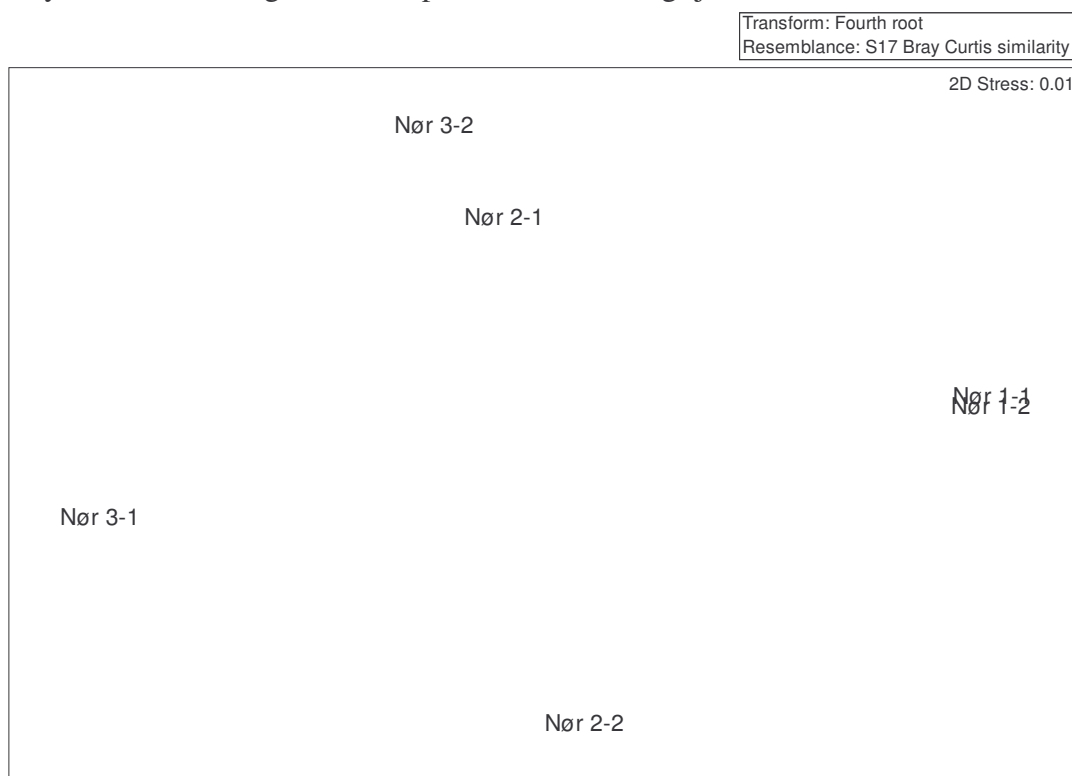
**Tabell 3.5.** Geometriske klasser fra Nørholmen i 2011.

Geometrisk klasse	Nør 1	Nør 2	Nør 3
I	33	40	34
II	29	29	36
III	23	21	16
IV	17	16	11
V	10	14	11
VI	10	5	7
VII	1	1	3
VIII	1	1	0
IX	0	0	1
X	0	0	0
XI	0	0	0

**Figur 3.5.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Nørholmen i 2011.



**Figur 3.6** Dendrogram fra clusteranalyse av bunnfaunaresultatene fra Nørholmen i 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m<sup>2</sup>. Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata.



**Figur 3.7.** MDS-plott av bunnfaunaresultatene fra Nørholmen i 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m<sup>2</sup>. Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved ett matfiskanlegg tilhørende Marine Harvest Norway AS i Trondheimsleia i Smøla kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 11. mai 2011. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

Det ble utført kornfordelingsanalyser av sedimentet fra alle stasjonene. Hovedtrenden var at sedimentet fra alle tre stasjoner besto av mest grovpartikulært materiale, da fortrinnsvis i form av sand. Ved Nørholmen 2 var det også noe grus iblandet. Ellers besto sedimentet av cirka 20-25 % leire og silt, ved alle tre stasjonene. Det grovpartikulære sedimentet tyder på en god bunnstrøm i undersøkelsesområdet. Saliniteten var jevn og lå på normale verdier gjennom hele vannsøylen ved alle stasjoner. Organisk innhold (% glødetap) var lavt ved samtlige stasjoner. TOC var også lav for stasjon 1 og 3, mens TOC for stasjon 2 var moderat (TK III). Innholdet av sink og kobber var lavt på samtlige stasjoner (TK I), det samme gjaldt også for fosfor. Alle de tre stasjonene hadde svært gode faunaforhold. Dette har trolig sammenheng med gode strømforhold ved bunnen i tillegg til organisk tilførsel fra anlegget. Oppsummert fremstår miljøforholdene i de forskjellige påvirkningssonene utenfor oppdrettsanlegget Nørholmen som gode.

**Tabell 4.1.** Oppsummering av resultatene.

Stasjon	Dyp (m)	Fauna KLIF's T.kl.	Fauna MOM tilstand	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Nør 1	83	-	I	I	I	I
Nør 2	105	I	I	I	I	III
Nør 3	114	I	-	I	I	I

## 5 TAKK

Vi takker Surnadal Sjøservice AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres båt. På toktet deltok Fredrik R Staven og Anders W Olsen fra Aqua Kompetanse AS.

Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. Bunndyrene ble identifisert av P. Johannessen, Per-Otto Johansen, og Tom Alvestad.

## 6 LITTERATUR

Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.

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. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.

Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktorsgrappa for gjennomføringen av vanddirektivet.

## 7 VEDLEGG

### GENERELL VEDLEGGSDDEL

#### 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.

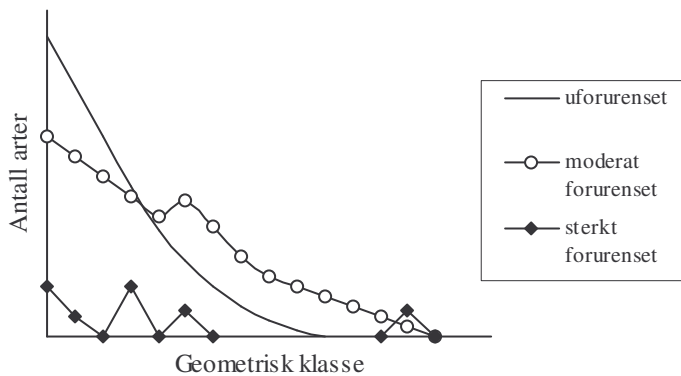
##### Geometriske klasser

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 flatere 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 topper 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.

**Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ )** beskrives ved artsmangfoldet ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

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 uforurensete 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.



**Hurlbert diversitetsindeks  $ES(100)$**  er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^s 1 - [(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! \cdot 100!)] / [N! / ((N - 100)! \cdot 100!)]$$

hvor  $ES_{100}$  = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med  $N$  individer,  $s$  arter, og  $N_i$  individer av  $i$ -ende art.

**Diversitetsindeksen  $SN$**  er beskrevet som:

$$SN = \ln S / \ln(\ln N)$$

hvor  $S$  er antallet arter, og  $N$  er antallet individer i prøven

### Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

### Sammensatte indekser

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes ut fra både artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

$$NQI1 \text{ (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 \cdot (1 - AMBI/7) + 0.5 \cdot (SN/2.7) \cdot (N/(N+5))]$$

$$NQI2 \text{ (Norwegian quality status, version 2)} = [0.5 \cdot (1 - AMBI/7) + 0.5 \cdot (H'/6)]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, SN og  $H'$  diversitetsindekser, og  $N$  er antall individer i prøven.

### Referansetilstand og klassegrenser

Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene\*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
$H'$	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
$ES_{100}$	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

\* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

### 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 ulike 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:

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

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

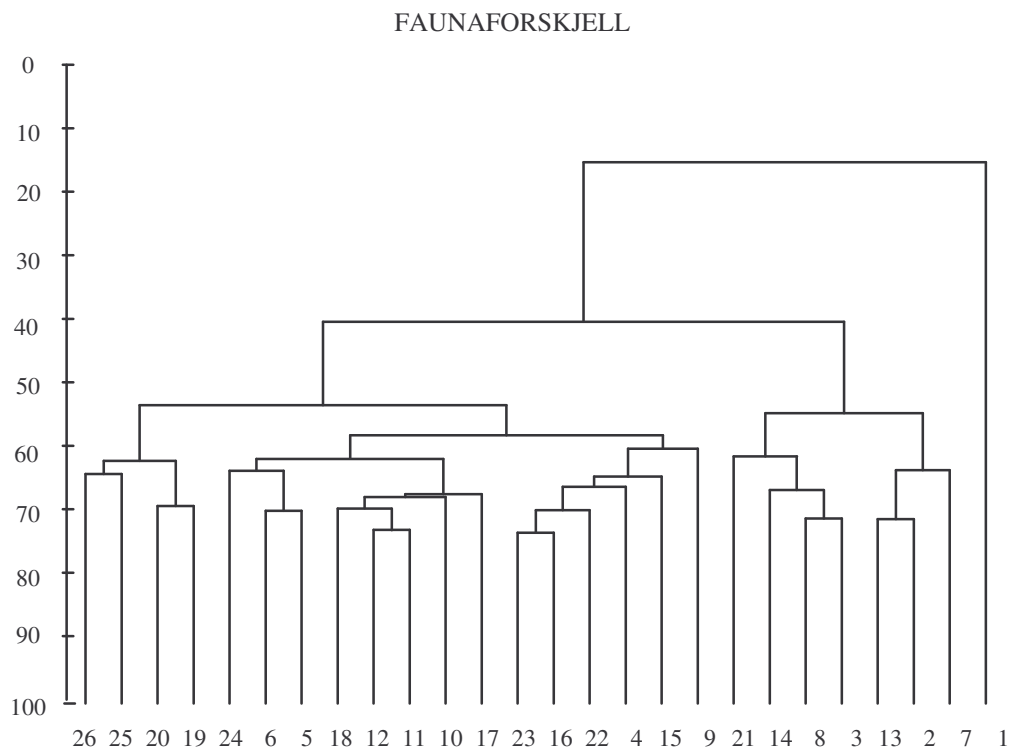
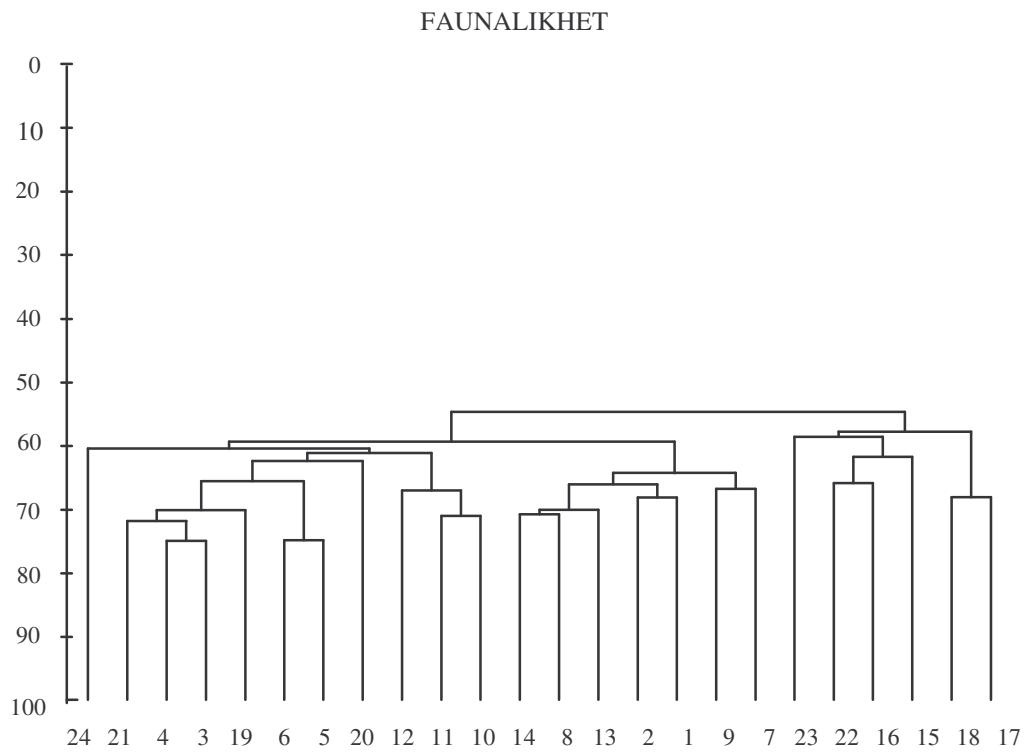
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

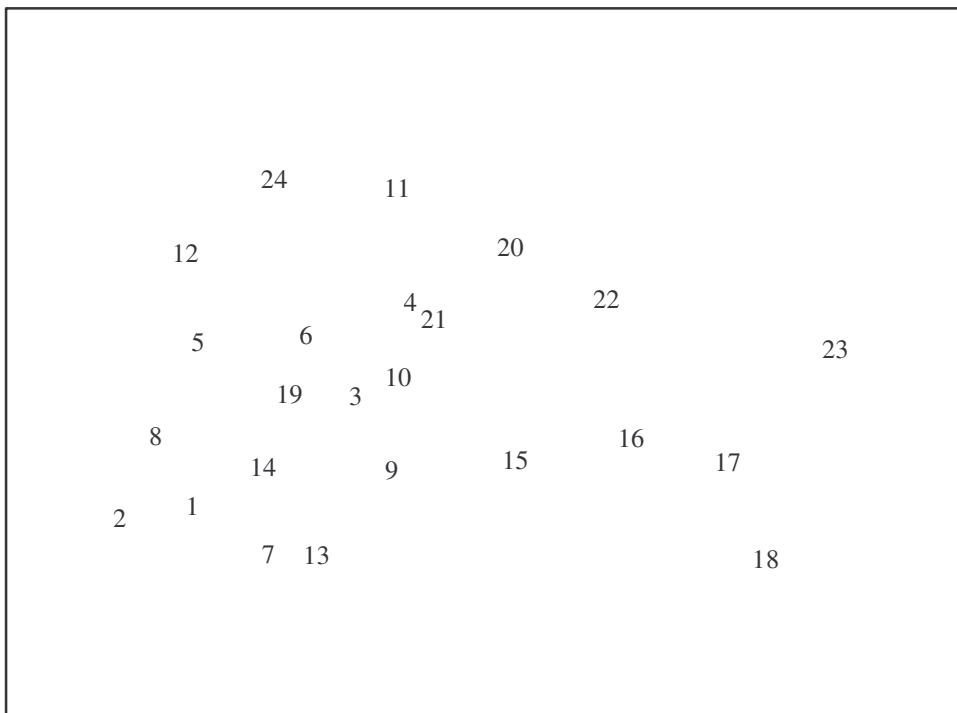
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget 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. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

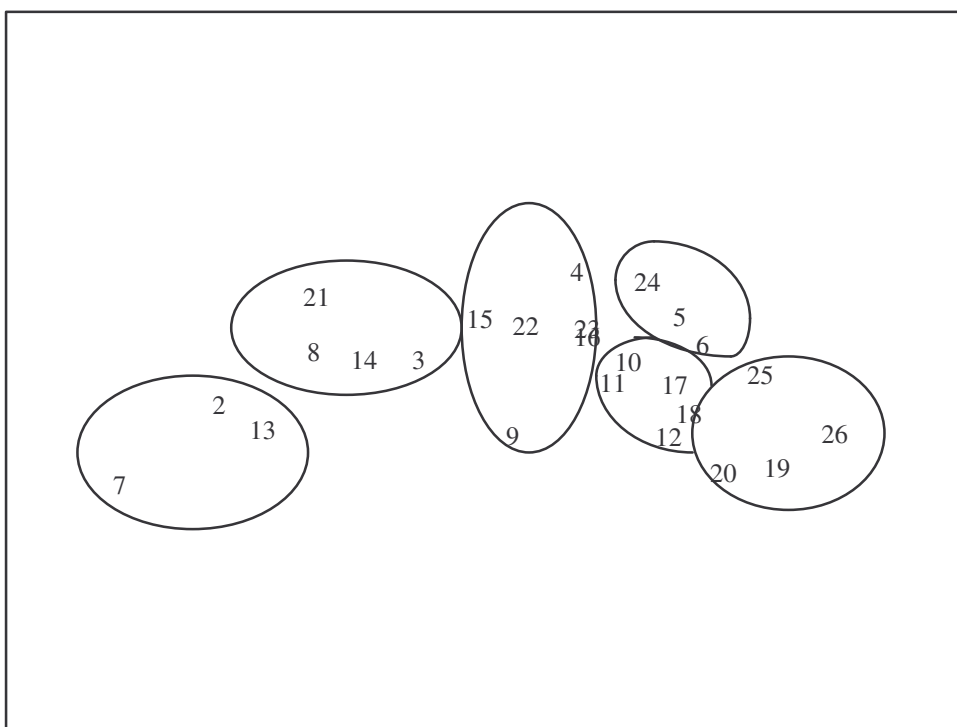


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.

### Litteratur til Generelt Vedlegg

Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007*.

Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.

Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*

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, Thélin, 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.

Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

## Vedleggstabell 1. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.4

**BENTHOS ARTSLISTE**

SAM-Marin



**SAM-Marin**  
Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



**Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Kompetanse**  
**Prosjekt nr.: 805831**  
**Prøvetakingssted (område): Nørholmen**  
**Dato for prøvetaking: 11.5.2011**  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse**  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -**  
**Artene er identifisert av: Per Johannessen, Per-Otto Johansen og Tom Alvestad**

**Metode:** Undersøkelsen følger NS-EN ISO 16665 og interne standard forskrifter. Materialet er sortert og artsbestemt i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering under akkrediteringsnummer Test 157.

**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 til stede 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:5 sider.

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

  
Signatur:.....  
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.05.2011		Nørholmen					
		St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3
Art	Hugg nr.	1	2	1	2	2	3
* PORIFERA indet.		+		+		+	+
* HYDROZOA							
* Hydrozoa indet.		+	+	+		+	+
* ANTHOZOA							
Cerianthus lloydii						0/1	
Edwardsia sp.		1				1	
* PLATYHELMINTES indet.						1	
* NEMERTINI indet.		2	4	4	4	4	3
* NEMATODA indet.		1	2	2		6	3
POLYCHAETA							
Paramphinome jeffreysii		81	61	74	80	117	151
Laetmonice filicornis				0/1		0/2	
* Siboglinum fiordicum		+	+		+	+	+
Pholoe baltica		25	11	13	11	12	16
Pholoe pallida		5	5	2	5	3	2
Neoleanira tetragona				1			
Paranaitis wahlbergi		1		2	2	2	1
Paranaitis uschakovi					1	2	
Nereiphylla lutea		0/1				1	1
Phyllodoce groenlandica					0/1		
Phyllodoce rosea							2
Eumida sp.					0/1		
Eumida sanguinea						1	
Lacydonia sp.			1				
Sige fusigera		2/2	4	5/1	3	2	6/3
Eulalia mustela		2	1	1	4/1		0/1
Protomystides exigua				1		0/2	0/1
Mystides caeca			1	1			
Eteone longa				1			2
Nereimyra punctata			1	1			1/2
Ophiodromus flexuosus				1			
Syllidae indet.		1	1	1	1	2	
Exogone sp.		1		1	2	2	2
Nephtys hombergi			1	1		1	2
Nephtys hystricis			1	2	2	1/1	1/1
Sphaerodorum flavum		2		1	1		
Glycera rouxii		1					
Glycera lapidum		0/1	0/1		0/3	1/5	0/7
Goniada maculata		1/1	3				1
Rhamphobranchium brevibranchiatum						0/1	
Hyalinoecia tubicola			1				
Nothria conchylega			1	2/1	12/1	26/8	28/5
Paradiopatra quadricuspis							0/1
Lumbrineridae indet.		10	10	13	9	14	9
Phylo kupferi		2	1				
Aonides paucibranchiata		1					
Laonice bahusiensis		1/3	1/2				
Laonice sarsi				2			1/1
Polydora sp.		6	2	3	5	3	5



## SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.05.2011		Nørholmen					
		St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3
Art	Hugg nr.	1	2	1	2	2	3
Pseudopolydora pulchra			2	1		3	1
Prionospio cirrifera		5	11		7/1		0/1
Prionospio fallax		9	4	1	2	2	1
Prionospio dubia				2	1/1		
Scolecopsis korsunoi		1		1	1	4	6
Spio sp.				1			1
Spiophanes kroeyeri		4/1	3/1	3	8/1	0/2	2/5
Apistobrancheus tenuis			2	1			2
Spiophanes wigleyi		8/5	13/20	7/5	7/6	12/6	5/9
Poecilochaetus serpens						1	2
Aricidea catherinae				1		2	
Aricidea simonae					1		
Levinsenia gracilis			2	1	2	2	
Paraonis sp.			1		1	1	1
Aphelochaeta sp.		22	17	14	27	55	56
Chaetozone sp.		30	27	16	9	57	35
Cirratulus cirratus				0/1			
Macrochaeta polyonyx					1		
Diplocirrus glaucus		6	5/1	2/1	2		4/2
Pherusa flabellata		1	2	1	1	2	1/1
Scalibregma inflatum		1/1	0/1	0/1	0/4	1	0/2
Notomastus latericeus		18	21	14	9/6	28/2	29/2
Clymenura borealis		1					
Lumbriclymene cylindricaudata			1		1/1		
Asychis biceps		3/3	2/8				1
Maldane sarsi			1	1	1		
Rhodine loveni				1/1	0/1		
Rhodine sp.		0/1					
Maldanidae indet.		13	19	30	20	19	21
Myriochele heeri		10	2	10	9	13	17
Myriochele danielsseni		13	3		1		
Owenia borealis		14/1	7	1	3	1	2/1
Galathowenia fragilis		24	19		1		
Galathowenia oculata		16	15	1	2	1	
Pectinaria auricoma		0/1	1				
Pectinaria koreni				0/1		1	
Ampharete falcata		1	1			1	
Sabellides borealis		1					
Sabellides octocirrata		15	25/1	47/2	17/2	12	8/2
Anobothrus gracilis			0/1	0/5	0/1		0/1
Lysippides fragilis		1/1	4/1	1/1			
Amphicteis gunneri						1	
Mugga wahrbergi			2				
Amythasides macroglossus		28	37	15	7	19	12
Eclysippe vanelli		6/3	2/1	8/1	5/1	22/5	14/3
Sosanopsis wireni		3/4	0/4	5/2	1	1	1
Samytha sexcirrata		1/2	0/1	1	1		0/1
Amage auricula		2/2		10/2	1/8	0/3	2/1
Melinna cristata		0/1	1				

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.05.2011		Nørholmen					
		St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3
		1	2	1	2	2	3
Art	Hugg nr.						
Melinna albicincta		1	2/4	2/4	3/4	1/5	2/6
Melinna elisabethae		0/2	1		3/1	0/1	
Paramphitrite birulai			6	2		1	2
Eupolymnia nesidensis				1/1	1		
Pista cristata		1/1	1/1	1/1	1	2/3	4/2
Pista lornensis		1/3	4/3	9/1	3		
Lanice conchilega						1	
Streblosoma intestinale		12/3	7	23/2	16/3	12/6	9/3
Polycirrus medusa							1
Polycirrus norvegicus		1/1	1/1	0/2		6	1/1
Polycirrus plumosus						1	1
Polycirrus sp.				0/2			
Amaeana trilobata						1	2/1
Hauciella tribullata							1/1
Trichobranchus roseus		3	3	1/2		4	3
Octobranchus floriceps					1		
Terebellidae indet.		2	2	7	5	3	4
Terebellides stroemi		1		1/2		1	1
Sabellidae indet.		13	22	20	9	17	28
Jasmineira sp.			2				
Sabella pavonina				2	0/2	1/2	
Euchone sp.		6	10	9	13	9	7
Ditrupa arietina			1				
Hydroides norvegica					1		
ECHIURA							
SIPUNCULA							
Sipuncula indet.		2	1		1		1
Phascolion strombus				1			
Onchnesoma steenstrupi			1	10	10	8/1	18
Onchnesoma squamatum				1			
CRUSTACEA							
* Calanus finmarchicus		24	4	13	10	7	1
* Cyndroleberis mariae		1	1			1	
* Cypridina norvegica		5/1	2	8	3/1	5	3/2
* Philomedes lilljeborgi						1	
* Hemilamprops roseus		1		1			0/1
* Eudorella truncatula		4		1		1	
* Diastylis cornuta		0/1	1/2	0/1	1/3		
* Diastylodes biplicata		1	1		1		
* Campylaspis costata					1		
* Campylaspis horrida				1	1		
* Tanaidacea indet.					1		2
* Gnathia sp.		1	0/1	1			
* Natatolana borealis							0/1
* Ilyarachna sp.					1		
* Amphipoda indet.		8	7	10	10	8	14
* Eriopisa elongata		1/2		2	1/2		1
* Munida sp.							0/1
* Pagurus bernhardus				2			

## SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.05.2011		Nørholmen					
		St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3
Art	Hugg nr.	1	2	1	2	2	3
* PYCNOGONIDA indet.					1		
MOLLUSCA							
Caudofoveata indet.		7	14	9	4	7	11
Solenogastres indet.		1	3	1	2	2	
Euspira montagui		0/2		0/1			0/1
Haliella stenostoma							2
Troschelia berniciensis				0/1			
Taranis moerchi		1		0/2			0/1
Diaphana minuta			1				
Volvulella acuminata		1					
Philine scabra		1/1	0/1	0/2	0/1	0/4	1/2
Cylichna cylindracea		1	2				
Nucula nucleus		1					
Ennucula tenuis		1	1	1			1
Yoldiella philippiana		3/1	2/1	1	3		0/1
Dacrydium ockelmanni						1	2/1
Batharca pectunculoides		2/1	1		1		
Limatula gwyni							1
Limatula subauriculata				1			
Pectinidae indet		0/1					
Similipecten similis		3		0/3			0/1
Lucinoma borealis		1					
Myrtea spinifera		3/1	1		2		0/1
Thyasira flexuosa		2/2	2/2	1/2	1/1	1	
Thyasira obsoleta		3/2	5/1	12/2	6/4	10/1	6
Thyasira sarsii		1/3		1		2	
Thyasira equalis		4/2	6/1	19/6	10/2	20/2	20/5
Axinulus croulinensis		2/2	2/1	2/1	0/1		2
Mendicula feruginosa		20/3	22/1	22/2	22/2	18	16/5
Adontorhina similis		3	6	2	2	2	3
Tellimya ferruginosa				1			2
Kurtiella bidentata				0/1			
Astarte sulcata		1	1		1		
Parvicardium minimum		2/1	0/1	3/4	2/1	1	
Abra nitida		3/3	1	2	1/3	2/1	
Arctica islandica		1					
Kelliella abyssicola							1
Thracia convexa			0/1				
Cuspidaria rostrata						0/1	
Cardiomya costellata		1			1		
Tropidomya abbreviata		2			3		
Antalis entalis			2	3	1/1	2/1	
Entalina tetragona		5	1	7	4/2	2	7
Pulsellum lofotense		2	3				
BRACHIOPODA indet.							
* PHORONIDA indet.		1		1			1
* BRYOZOA							
ECHINODERMATA							
Amphiura chiajei		12/10	8	7/8	6/3	1/3	0/5

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.05.2011		Nørholmen					
		St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3
Art	Hugg nr.	1	2	1	2	2	3
Amphiura filiformis		5/2	5/1	2/3	3/1	0/1	1
Ophiocten affinis		1/2		1/2	0/1	0/1	1/1
Ophiura carnea		3/3		0/2	3/3	3/4	2/9
Brissopsis lyrifera				1			2
Echinocardium flavescens				1	0/1		
Thyone fusus						2	
Pseudothyone raphanus		1/2	2/1	1		1/2	3/1
						1	
Thyonidium drummondi		1	1	1/2	1/1	1	1
Labidoplax buskii		4	8	8	4	8	5
ENTEROPNEUSTA indet.		4	4	5	4	4	2
CHORDATA							
Polycarpa fibrosa				3	1	1	
* PISCES indet.					1		
* VARIA					+	+	

## Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



**Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Bergen**  
F. reg. 965 141 618 MVA  
Box 75  
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 55 54 92 92

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

**AR-11-MX-000258-01**



**EUNOBE-00000287**

Prøvemottak: 24.08.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 24.08.2011-20.09.2011  
Referanse: 805831 ref nr 37/2011

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: <b>441-2011-0824-039</b>	Prøvetakingsdato: 22.08.2011				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: 1	Analysestartdato: 24.08.2011				
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
a) Total tørrstoff	64	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	7.5	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	23	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	410	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.: <b>441-2011-0824-040</b>	Prøvetakingsdato: 22.08.2011				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: 2	Analysestartdato: 24.08.2011				
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
a) Total tørrstoff	59	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	10.0	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	58	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	470	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	17.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.: <b>441-2011-0824-041</b>	Prøvetakingsdato: 22.08.2011				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: 3	Analysestartdato: 24.08.2011				
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
a) Total tørrstoff	66	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	7.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	32	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	330	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	5.30	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

## Teknisk forklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, nd : Ikke påvist, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Uncertainty of Measurement, LOQ : Kvantifiseringsgrense

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 1 av 2

AR-11-MX-000258-01



EUNOBE-00000287



**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a) NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003 - Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss

**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

**Bergen 20.09.2011**

Tomme Christensen

Avd.leder, Kundesenter

---

**Teorforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

<:Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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 2