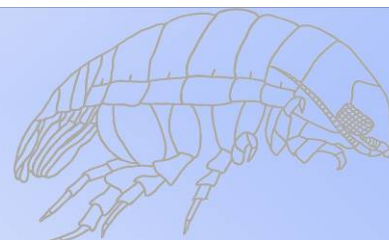


# SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
Uni Miljø

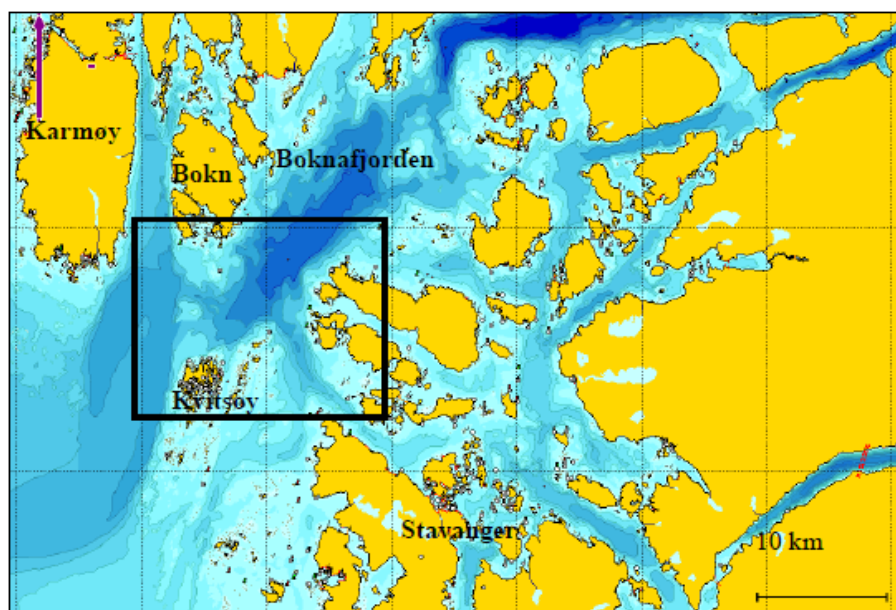




e-Rapport nr. 20-2012

## *MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hestholmen, Kvitsøy kommune i 2012*

Silje Hadler-Jacobsen

Per Johannessen



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

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hestholmen, Kvitsøy kommune i 2012	Dato: 02.04.2012 Antall sider og bilag: 50
Forfatter(e): Silje Hadler-Jacobsen og Per Johannessen	Prosjektleder: E. Heggøy Prosjektnummer: 805969

Oppdragsgiver: Grieg Seafood Rogaland AS	Tilgjengelighet: Åpen
--	-----------------------

Abstract: A MOM-C survey was conducted in October 2011 at the aqua culture locality Hestholmen, Kvitsøy. The monitoring included geological and chemical analysis of the bottom sediment as well as an analysis of the benthic fauna. Measurements of oxygen concentration indicated good conditions near the bottom. There was some chemical pollution of copper and the faunal composition indicated that the site nearest the locality was influenced by the aqua culture facility. It is therefore advised to thoroughly monitor this location in the future.

Keywords: MOM C, Marine environmental monitoring, Aqua culture, Hestholmen Kvitsøy	Emneord: MOM C, Marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Hestholmen Kvitsøy	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 20-2012
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	02.04.2012	<i>Per Johannessen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	02.04.2012	<i>Eling Heggøy</i>

---

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 MOM C analyser, samlet av:** SAM-Marin

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** R. Tveiten, N. Korableva, N. Islam og R. Torvanger

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** T. Alvestad og P. Johannesen

**Rapportering utført av:** Hadler-Jacobsen og Johannesen

**Ikke akkreditert:**

**Geologiske analyser utført av:** H. Grønning

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:**

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Norsk Miljøanalyse AS **akkrediteringsnummer** Test 003

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

**Andre:** -

## INNHold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder</b> .....	<b>6</b>
2.2.1 Hydrografi .....	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser .....	9
2.2.4 Bunndyr.....	10
<b>2.3 Produksjonsdata fra anlegget</b> .....	<b>13</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Hydrografi</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Sediment</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 Kjemi</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4 Bunndyr</b> .....	<b>19</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>27</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>28</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>28</b>
<b>7 VEDLEGG</b> .....	<b>29</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Hestholmen ved Kvitsøy i Boknafjorden, Kvitsøy kommune. Innsamlingene ble gjennomført 4. og 13. oktober 2011. På samme tokt ble også miljøforholdene ved oppdrettsanlegg i områdene ved Rennaren og Ådnaholmen også undersøkt. Resultatene fra disse undersøkelsene blir presentert i egne rapporter.

På lokalitet Hestholmen var det ørretproduksjon fra 1992 - 1999, fra 2001 – 2003, 2008 til dags dato. Total produksjon var 1400 tonn i tidsrommet 2001 - 2003. Alt ble utslaktet i november 2003. I perioden 2003 til 2008 var det ikke vært produksjon på lokaliteten. I mai 2008 ble det satt ut ca. 400.000 laksesmolt.

Det ble i februar 2008 foretatt en MOM-C undersøkelse (forundersøkelse) ved denne lokaliteten (Vassenden og Johansen 2008), og resultatet fra 2011 vil bli sammenlignet med denne.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Hestholmen. Med resipient menes her sjøområdet som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-Marin) på oppdrag fra Grieg Seafood Rogaland AS. SAM-Marin er en avdeling ved Seksjon for Anvendt Miljøforskning hos Uni Reserach AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

## 2 MATERIALE OG METODER

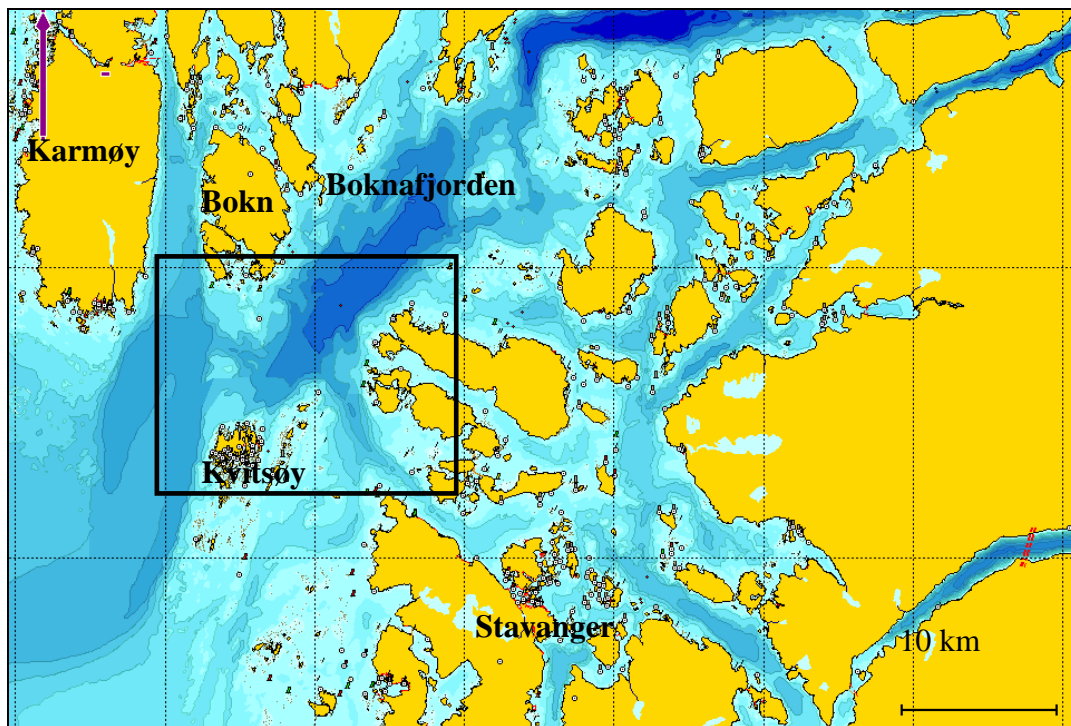
### 2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger øst for Krågøya ved Kvitsøy i Boknafjorden (Figur 2.1, 2.2 og 2.3). Stasjonen ligger i et sund, kalt Krågøyosen, som går i nord-sør-retning og har forholdsvis jevn dybde på 70-80 meter midt i sundet. Fjorden nord for Krågøyosen skrår ned mot dypet av Boknafjorden på 580m.

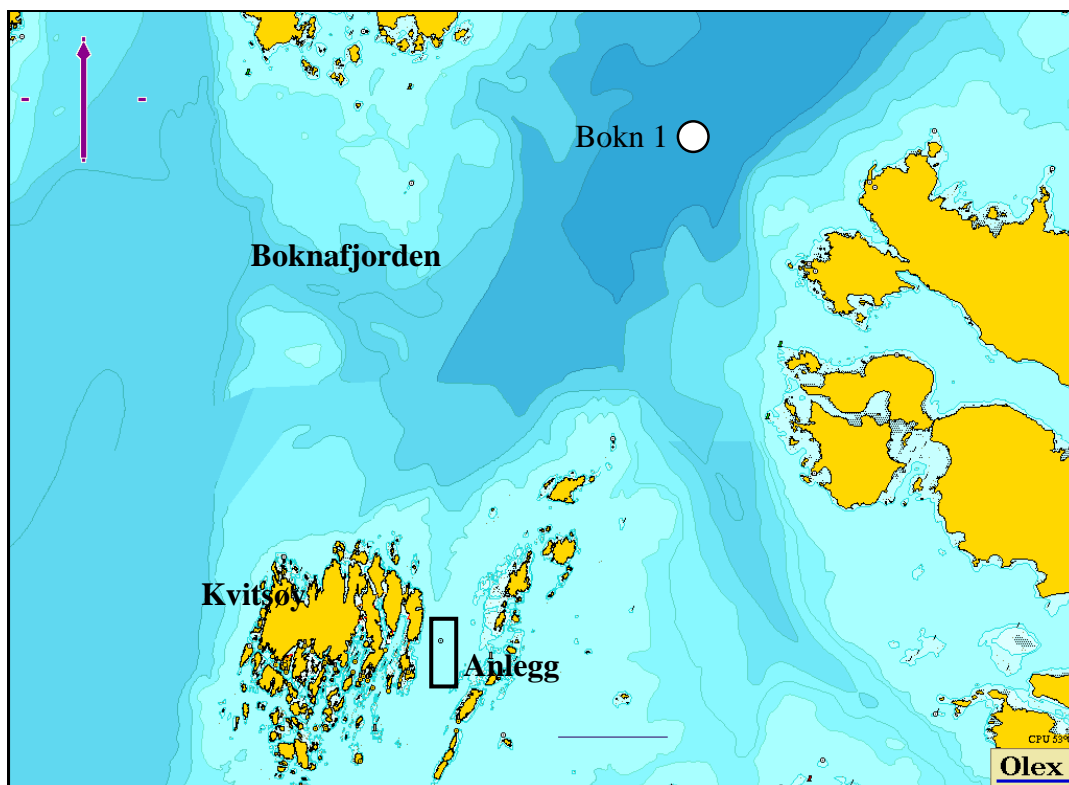
### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 4. og 13. oktober 2011. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en på dypet av Boknafjorden. Personell fra SAM-Marin var Stian E. Kvalø og Tor M. Ensrud.

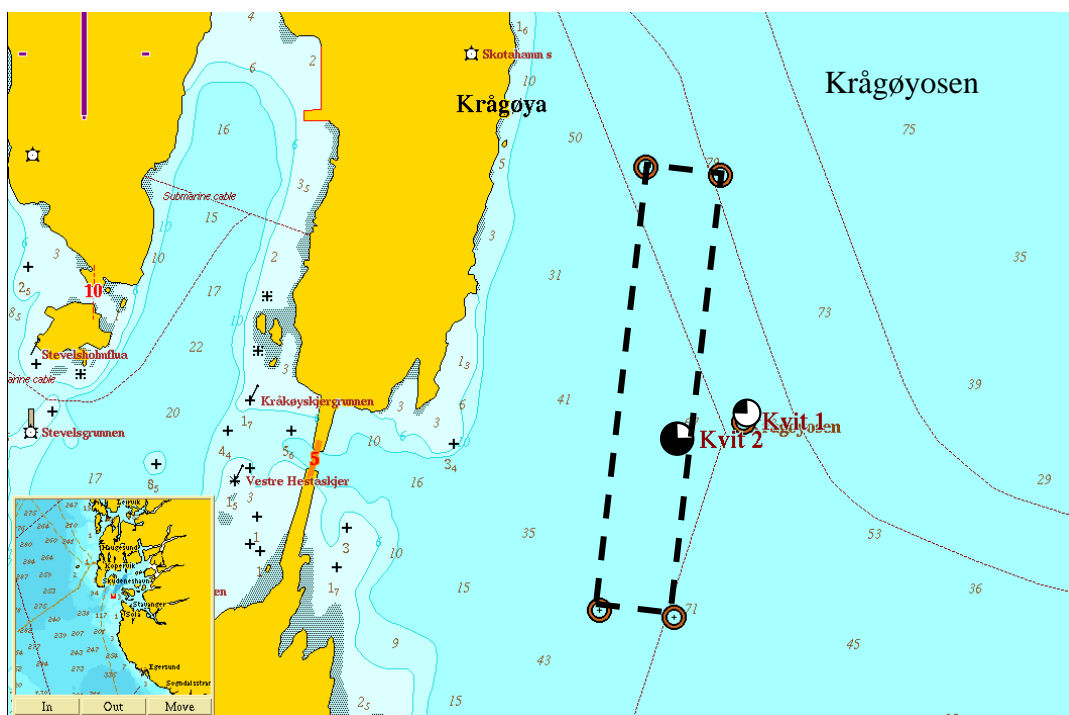
Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Under undersøkelsen i 2011 og i 2008 ble måling av temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. I år ble det også benyttet en oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.



**Figur 2.1.** Oversiktskart med undersøkelsesområdet ved Kvitsøy avmerket. Firkant viser kartutsnittet for Figur 2.2. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.2.** Utsnitt av Boknafjorden med referansestasjonen i dypet og skisse av anlegget ved Kvitsøy. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.



**Figur 2.3.** Detaljkart over lokaliteten med skisse av anlegget. Hjørnene på figuren inntegnet angir ankerpunkt for anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Hestholmen og i Boknafjorden, oktober 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en duograbb, hvor det ene kammeret utgjør 0.1m<sup>2</sup> og brukes til biologiprøver (fullt kammer 21 l), mens det andre kammeret er mindre og brukes til kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Kvit 1 4/10/2011	Hestholmen 59° 03,670'N 05° 26,860'Ø	69	1	6,1	Biologi, Kjemi, Geologi, duograbb
			2	6,1	Biologi, Geologi, duograbb Sediment av fin sand og noe grus. Litt lukt i en grabb Overgangsone; Avstand til anlegg 70m
Kvit 2 4/10/2011	Hestholmen 59° 03,657'N 05° 26,771'Ø	65	1	7,1	Biologi, Kjemi, geologi duograbb
			2	6,1	Biologi, Geologi, duograbb Taskekrabbe i første hugg  Nærsone
Bokn 1 13/10/2012	Boknafjorden 59° 08,679'N 05° 31,760'Ø	576	1	21	Biologi, Kjemi, Geologi, duograbb
			2	21	Biologi, Kjemi, Geologi, duograbb
			3	21	Biologi, Kjemi, Geologi, duograbb
			4	21	Biologi, duograbb CTD Fjærnsone

### 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning 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 vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), 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 %.

### 2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser.



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 %.

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 strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sedimentoverflaten, og lukte råttent ( $H_2S$ ). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### **2.2.3 Kjemiske analyser**

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Analysen av Nitrogen-Kjell Dahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

#### **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 få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en duograb. 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  $0,1 \text{ m}^2$ . 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 duograb har to kamre, der det ene kammeret blir brukt til kjemi og geologi prøver og det andre til biologiske bunnprøver. En full  $0,1 \text{ m}^2$  duograb har et volum på 21 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 i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyrsanalysene. 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 bunnfaunaen 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.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktoratets gruppa Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten ( $H'$ ) og NQI1 beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks ( $H'$ ) og NQI1 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens  $H'$  kun sier noe om diversiteten, gir NQI1 et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det 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 Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (svært/meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
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	Diversitet/Shannon- Wiener ind. (H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	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
	Organisk karbon	mg TOC/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 (meget god)	- Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	- 5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . - Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	- 1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup>
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	- Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Hestholmen startet produksjonen opp igjen i 2008. Lokaliteten hadde da lagt brakk siden 2003. Første utsett kom i sjøen 5. mai 2008.

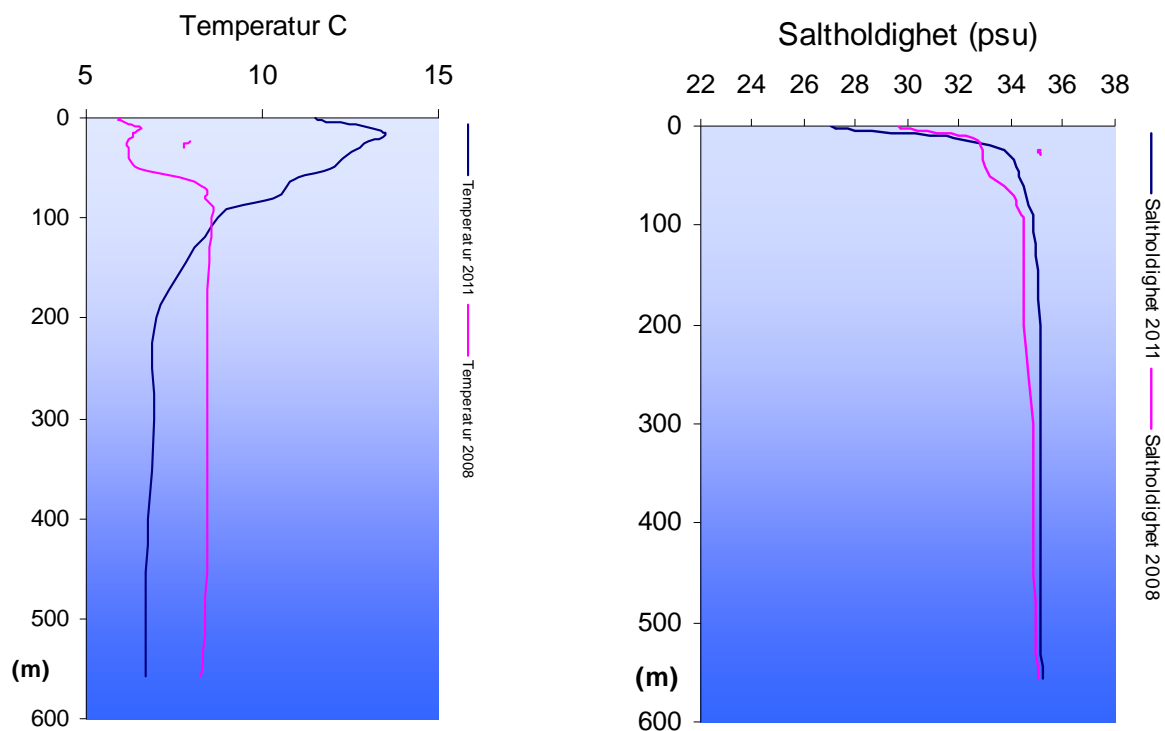
**Tabell 2.4.** Fôrforbruk i tonn på lokaliteten Hestholmen i 2001 -2011

	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Totalt</b>	<b>0</b>	<b>441</b>	<b>2451</b>	<b>1431</b>	<b>3700</b>

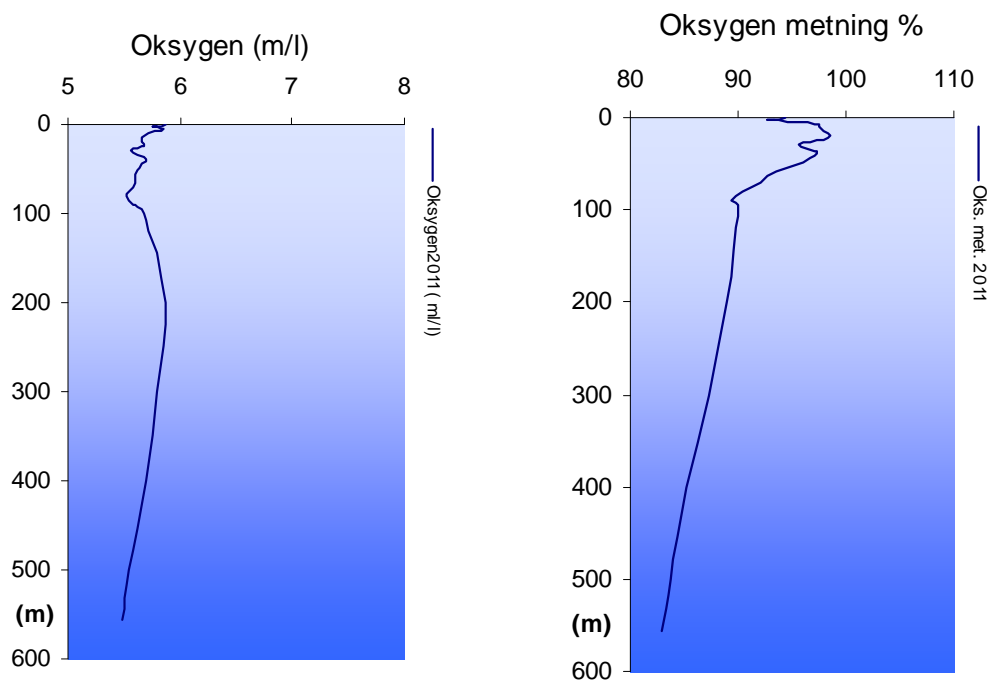
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

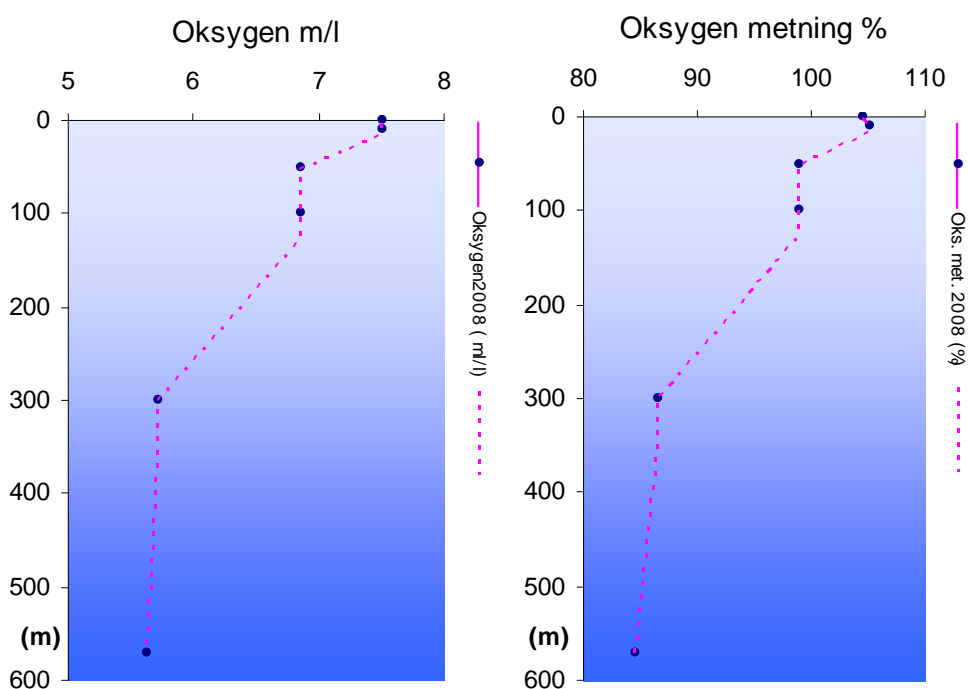
Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Bokn 1 13.oktober 2011. Resultatene fra 2011 er presentert sammen med resultatene fra 2008 i og Figur 3.1, 3.2 og 3.3. Detaljert oversikt i Vedleggstabell 5.



**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet på Bokn 1, målt med CTD-sonde fra overflaten og til 557 meter dyp ved Bokn 1 den 13. oktober 2011 og 19. februar 2008.



**Figur 3.2.** Oksygen i % metning og mg O<sub>2</sub>/L på Bokn 1, målt med oksygen-sonde fra overflaten og til 557 meter dyp ved Bokn 1 13. oktober 2011 (A) og 20. februar 2008(B). Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO<sub>2</sub>/l med en omregningskoeffisient på 1,42.



**Figur 3.3.** Oksygen i % metning og mg O<sub>2</sub>/L på Bokn 1 2008, fra overflaten og til 557 meter dyp ved Bokn 1 og 19. februar 2008. Oksygeninnhold (ml/l) målt med Winkler-metode i vannprøver fra seks dyp fra overflaten og til 570 meter.

Temperaturen på Bokn 1 den 13. oktober 2011 var 11,5°C i overflaten, økte til 13,5°C ved omtrentlig 15 m dyp og sank ned mot 7 °C ved 150 m for så å holde seg jevn ned mot den dypeste målingen (557 m) der temperaturen var 6,7 °C. Temperaturvariasjonen er noe forskjellig fra 2008 til 2011, noe som kan forklares med årstiden prøvene ble tatt på. I 2008

foregikk undersøkelsen om vinteren i februar, mens det i 2011 ble gjort undersøkelse om høsten i oktober.

Saltholdigheten steg fra 27,0 psu ved overflatene opp mot 35 psu på ca 175 m dyp. Derfra var det liten endring i vannsøylen ned til 557 m dyp. Man ser liten forskjell i saltholdighet fra 2011 og 2008.

Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom hele vannsøylen og varierer fra 5,5 til 5,9ml/l. Dette plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I – Meget God. Oksygenmålingene er målt med to forskjellige metoder i 2008 og 2011, henholdsvis med vannhenter/ Winklers metode og oksygensensor.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2008 og 2011 er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.3.

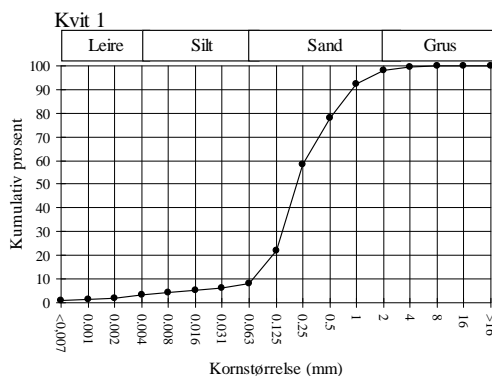
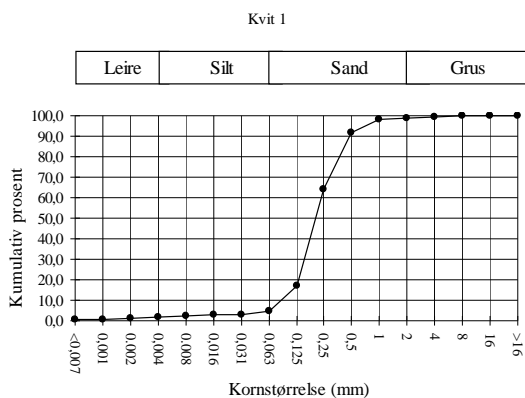
**Tabell 3.1.** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Hestholmen i 2008 og 2011.

Stasjon	År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Kvit1</b>	<b>2011</b>	69	2,62	2	3	5	94	1
Kvit 1	2008	70	3,65	3,4	4,6	8	90,2	1,8
<b>Kvit 2</b>	<b>2011</b>	66	3,62	2	3	4	96	0
<b>Bokn 1</b>	<b>2011</b>	576	13,41	60	38	98	2	0
Bokn 1	2008	581	11,78	46,6	41,9	88,6	11,4	0

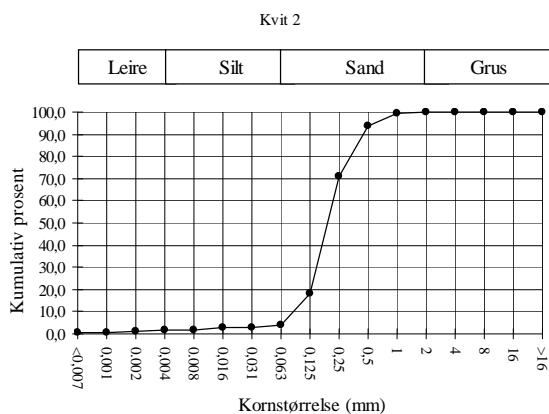


**Kvit 1 - 2011**

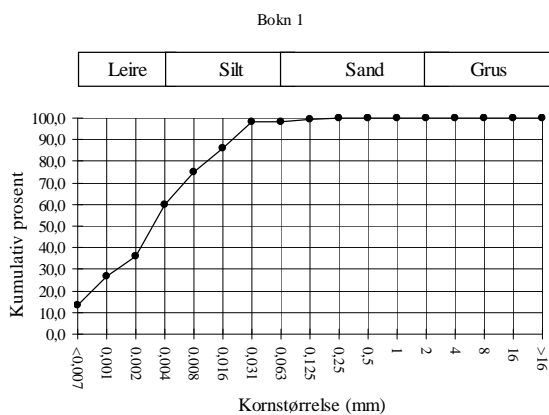
**Kvit 1 - 2018**



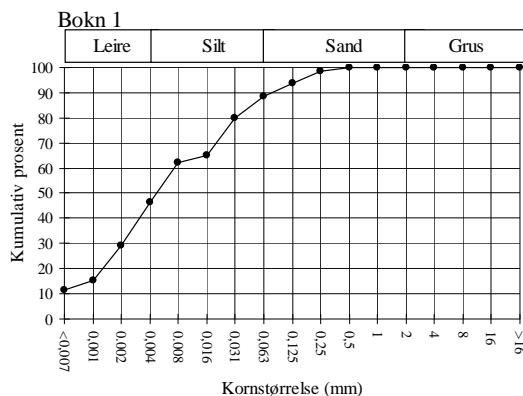
**Kvit 2 -2011**



**Bokn 1 - 2011**



**Bokn 1 - 2008**



**Figur 3.4.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Kvit 1 (2011) og Kvit 1 (2008), Overgangssonen: Kvit 2 (2011) og Kvit 2 (2008), og Fjernsonen: Bokn 1 (2011) og Bokn 1 (2008).

Stasjonen Kvit 1 hadde et lavt organisk innhold med et glødetap på 2,62 % som igjen er lavere enn i 2008 da den var 3,65. Kvit 1 hadde et grovkornet sediment med mest sand og skjellsand (94 %) og noe grus. Dette viser at det var gode strømforhold langs bunnen like ved anlegget (70 meter unna) og at kornfordeling ikke har forandret seg nevneverdig siden forrige undersøkelse.

På stasjon Kvit 2 var glødetapet også lavt, (3,62 %). Her var også bunnen preget av grovkornet sediment (96 %).

Ute i dypet av fjorden på stasjon Bokn 1 var det organiske innholdet som normalt på dypt vann, 13,41 %, som er på det nivå som ble målt i 2008 (11,78 %).

Her var sediment mer finkornet dominert av leire og silt (88,6 %), dette har holdt seg stabilt siden forrige måling i 2008.

### **3.3 Kjemi**

#### **Sedimentanalyser**

Ved nærstasjonen Kvit 2 finner man forhøyede kobberverdier (57 mg/kg) som gir tilstandsklasse IV– Dårlig. Verdien av sink ligger i tilstandsklasse I. Fosforverdiene var lave. Totalt organisk karbon (TOC) får KLIFs tilstandsklasse III (Mindre god). Etersom det fantes mye sand på stasjonen, trekker dette den normaliserte TOC verdien noe opp. Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993).

Ved Kvit 1 i overgangsonen, 70 meter fra anlegget, var verdiene for kobber og sink innenfor tilstandsklasse I, som er angitt å være bakgrunnsverdier for metallene (Tabell 3.3). Mengden fosfor var lav om man sammenligner med andre MOM-C rapporter. Sammenlignet med verdiene fra Kvit 1 i 2008 finner man ikke store variasjoner.

På den dypeste stasjonen, Bokn 1, ble det i 2011 som i 2008 kun funnet bakgrunnsnivåer av metaller (tilstandsklasse I). Alt i alt har det kun vært ubetydelige endringer i de kjemiske forholdene ved Bokn 1 i 2011 sammenlignet med 2008.

Detaljert innhold av de undersøkte kjemiske parameterene står listet i tabell 3.2.

**Tabell 3.2.** Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	År	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	T.kl.	Sink (mg/kg)	T.kl.	Normalisert TOC (mg/g)	T.kl.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
<b>Kvit 1</b>	<b>2011</b>	<b>69</b>	<b>7</b>	<b>I</b>	<b>29</b>	<b>I</b>	<b>&lt;22,1</b>	<b>II</b>	<b>0,47</b>	<b>74</b>
Kvit 1	2008	70	1,6	I	31	I	22,6	II	0,31	70,2
<b>Kvit 2</b>	<b>2011</b>	<b>65</b>	<b>57</b>	<b>IV</b>	<b>38</b>	<b>I</b>	<b>31,28</b>	<b>III</b>	<b>1,0</b>	<b>65</b>
<b>Bokn 1</b>	<b>2011</b>	<b>576</b>	<b>18</b>	<b>I</b>	<b>120</b>	<b>I</b>	<b>21,36</b>	<b>II</b>	<b>0,63</b>	<b>34</b>
Bokn 1	2008	581	14	I	110	I	23,1	II	0,74	39

Resultatene fra pH og  $E_h$  sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Målingene av pH og  $E_h$  plasserte de to stasjonene i beste tilstand i henhold til parametrene i gruppe II i MOM-B standarden (Tabell 3.3).

**Tabell 3.3.** Målte pH og  $E_h$  verdier i sedimentet fra de 3 undersøkte stasjonene i 2011 og de to undersøkte stasjonene 2008. Den beregnede pH/ $E_h$  verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	$E_h$	pH/ $E_h$ poeng	Tilstand
<b>Kvit 1 2011</b>	7,6	70	1	1
Kvit 1 2008	7,5	191	0	1
<b>Kvit 2 2011</b>	7,65	227	0	1
<b>Bokn 1 2011</b>	7,55	206	0	1
Bokn 1 2008	7,5	244	0	1

### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4, Tabell 3.5, Figur 3.5, Figur 3.6, Figur 3.7 og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i februar 2008 sammen med miljøforholdene i dypeste parti av fjorden. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskremitter) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogensulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk materiale.

På stasjonen ved anlegget, Kvit 2, ble det funnet 22 arter med til sammen 17903 individer. Dette ga diversiteten ( $H'$ ) 0,09 og en jevnhet på 0,02. 17762 av individene og dermed 99,21% av individene var børstemarkarten *Capitella capitata*. Dette er en art som takler dårlige bunnforhold og som derfor ofte dominerer under oppdrettsanlegg med mye organisk avfall. Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir tilstandsklassene henholdsvis "Dårlig" og "Svært dårlig", mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er "Svært forstyrret". MOM-klassifiseringen gir denne stasjonen en miljøtilstand 3 (dårlig), noe også de geometriske klassene viser. Ved forundersøkelsen ved denne oppdrettslokaliteten i 2008 var anleggets plassering ikke kjent ved prøvetidspunktet. De stasjonene det ble tatt prøver fra den gang var Kvit 1 som ligger ca 70 meter fra anlegget og Bokn 1 som er fjærnstasjonen. Det er derfor ikke historiske data fra denne stasjonen.

I overgangssonen, Kvit 1, ble det funnet 2090 individer fordelt på 63 forskjellige arter. Dette ga en diversitet på 3,07 og en jevnhet på 0,51. KLIF gir stasjonen tilstandsklasse "God", De to børstemarkartene *Galathowenia oculata* og *Capitella capitata* var de mest individrike i 2011. *G. oculata* utgjorde 38,8%, mens *C. capitata* utgjorde 25,3 % av alle individer i 2011. De tre mest tallrike artene var alle børstemakk, og utgjorde til sammen 75 % av alle dyrene i prøven. Andre tallrike dyr var to arter av sjømus (gravende kråkeboller) og flere skjell. Man ser en betydelig økning i totalt individantall og det har dukket opp juvenile individer av flere nye arter. Dette kan forklares i økt mengde tilført organisk materiale. MOM klassifiseringen gir stasjonen tilstandsklassen 1. AMBI verdiene indikerer en fauna som er "Moderat forstyrret", noe også NQI1 og NQI2 verdiene tilsier. Disse verdiene viser en negativ trend siden forundersøkelsen, da man plasserte stasjonen i tilstandsklasse "Svært god". Undersøkelsene viser altså at denne stasjonen har gått fra å være upåvirket til å være noe påvirket av anlegget, noe de geometriske klassene også viser (Fig. 3.5).

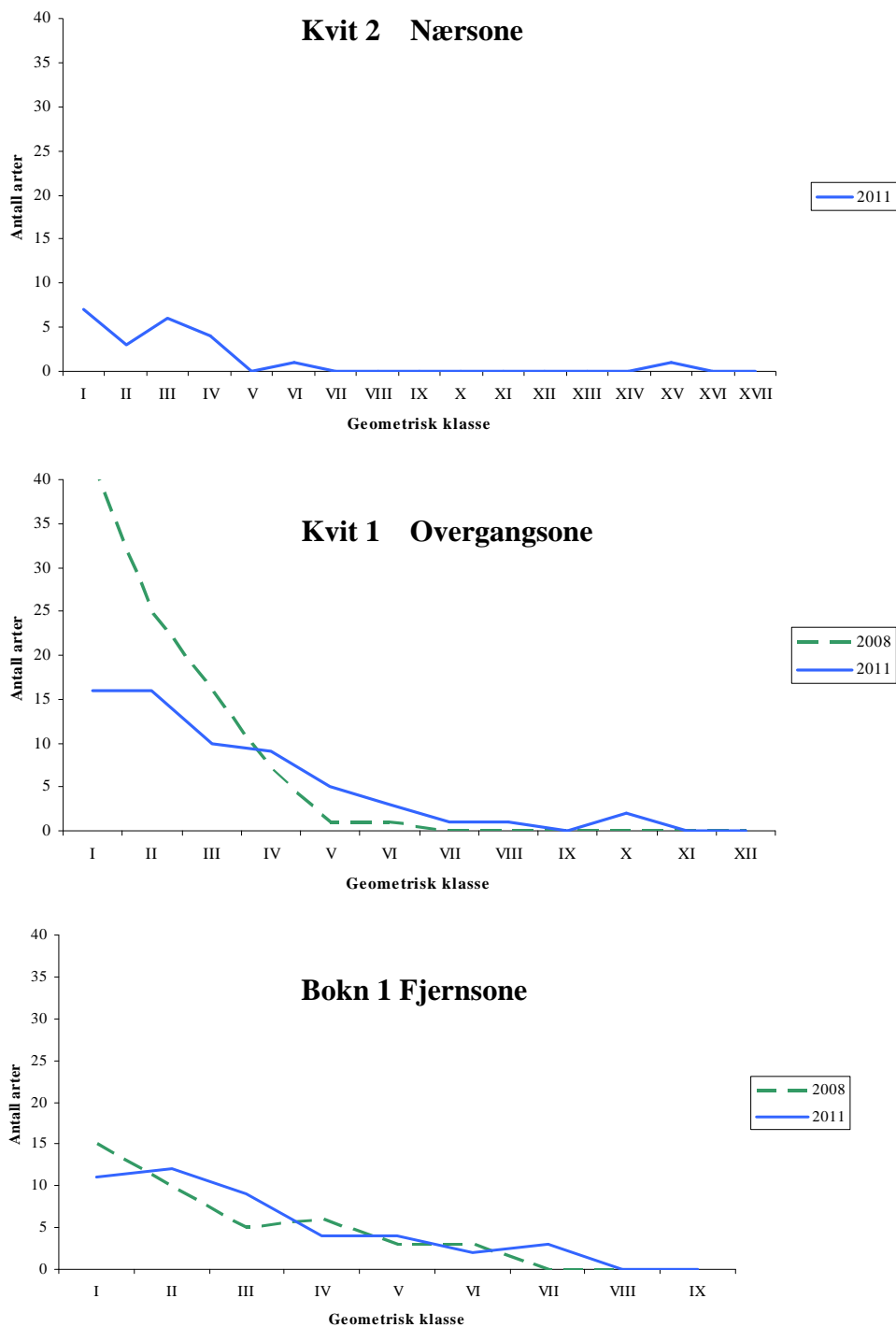
Ute i dypet av Boknafjorden på stasjon Bokn 1 ble det funnet 45 arter med til sammen 583 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,14 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse "Svært god". De to mest tallrike artene var skjellet *Kelliella abyssicola* med 88 individer og pølseormen *Onchnesoma steenstrupi* med 84 individer som utgjorde henholdsvis ca 15 og 14 % av alle individene. Blant de ti mest tallrike artene var det to børstemarkere, en pølseorm, to krepsdyr og fire bløtdyr. Artene som ble registrert indikerer frisk og fin sjøbunn. Fordelingen av de geometriske klassene viser også at det var gode forhold i dypet av fjorden. Dette indikerer også tilstandsklassene for AMBI, NQI1 og NQI2. Man ser ingen store forandringer siden forundersøkelsen. Denne undersøkelsen inkluderte 4 hugg på stasjonene mot to hugg under forundersøkelsen, men når man ser på den prosentvise fordelingen av artene ser man at det er reaktivt liten forandring i fordelingen av arter.

De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom de to huggene fra samme stasjon (Figur 3.7). Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som er funnet og hvor mange individer det var av hver art (Figur 3.6). Clusterdiagrammet viser også at de forskjellige stasjonene er ulike, men at de er like mellom årene (Figur 3.6).

SAM-Marin

**Tabell 3.4.** Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), beregnet maksimal diversitet (H'<sub>max</sub>), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	År	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	KLIF TK	Jevnhet (J)	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK
Kvit 1	2008	1	162	68	5,51		0,91	6,09	1,9	0,83	0,82	
	2008	2	146	57	5,11		0,88	5,83	2,11	0,8	0,77	
	<b>Sum</b>		308	92	<b>5,68</b>	<b>Svært god</b>	0,87	6,52	2,01	<b>0,83</b>	<b>0,83</b>	<b>1</b>
Kvit 1	2011	1	1294	56	2,92		0,5	5,81	3,66	0,62	0,48	
	2011	2	796	45	3,21		0,58	5,49	3,32	0,63	0,53	
	<b>Sum</b>		2090	63	<b>3,07</b>	<b>God</b>	0,51	5,98	3,49	<b>0,63</b>	<b>0,51</b>	<b>1</b>
Kvit 2	2011	1	9185	14	0,1		0,03	3,81	5,97	0,29	0,08	
	2011	2	8718	20	0,09		0,02	4,32	5,98	0,32	0,08	
	<b>Sum</b>		17903	22	<b>0,09</b>	<b>Dårlig</b>	0,02	4,46	5,97	<b>0,32</b>	<b>0,08</b>	<b>3</b>
Bokn 1	2008	1	131	28	3,95		0,82	4,81	1,69	0,75	0,71	
	2008	2	185	31	4,24		0,85	4,95	2,26	0,71	0,69	
	<b>Sum</b>		316	42	<b>4,32</b>	<b>Svært god</b>	0,8	5,39	1,98	<b>0,75</b>	<b>0,72</b>	-
Bokn 1	2011	1	171	25	3,68		0,79	4,64	0,88	0,79	0,74	
	2011	2	159	30	3,8		0,77	4,91	0,82	0,82	0,76	
	2011	3	129	25	3,65		0,79	4,64	1,3	0,77	0,71	
	2011	4	124	32	4,33		0,87	5	1,01	0,82	0,79	
	<b>Sum</b>		583	45	<b>4,14</b>	<b>Svært god</b>	0,75	5,49	1	<b>0,81</b>	<b>0,77</b>	-



**Figur 3.5.** Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene. 2008: Før anlegg etableres etter brakkleggingsperiode. 2011: Anlegg i drift i 3 år.

**Tabell 3.5.** De ti mest tallrike artene. Tabellene oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Kvit 1 2011	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Galathowenia oculata</i>	810	38,8	38,8
<i>Capitella capitata</i>	529	25,3	64,1
<i>Scoloplos armiger</i>	228	10,9	75,0
<i>Echinocardium flavescens</i>	89	4,3	79,2
<i>Thyasira sarsii</i>	49	2,3	81,6
<i>Thyasira flexuosa</i>	49	2,3	83,9
<i>Echinocardium cordatum</i>	35	1,7	85,6
<i>Goniada maculata</i>	27	1,3	86,9
<i>Paraonis sp.</i>	25	1,2	88,1
<i>Amphiura chiajei</i>	18	0,9	88,9
Sum	2090		

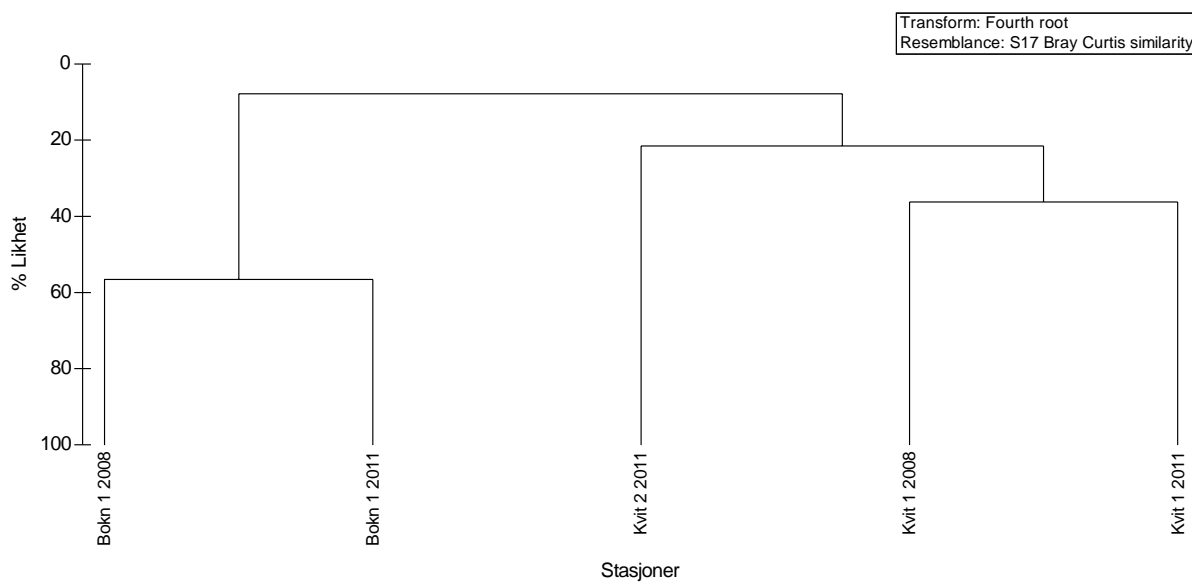
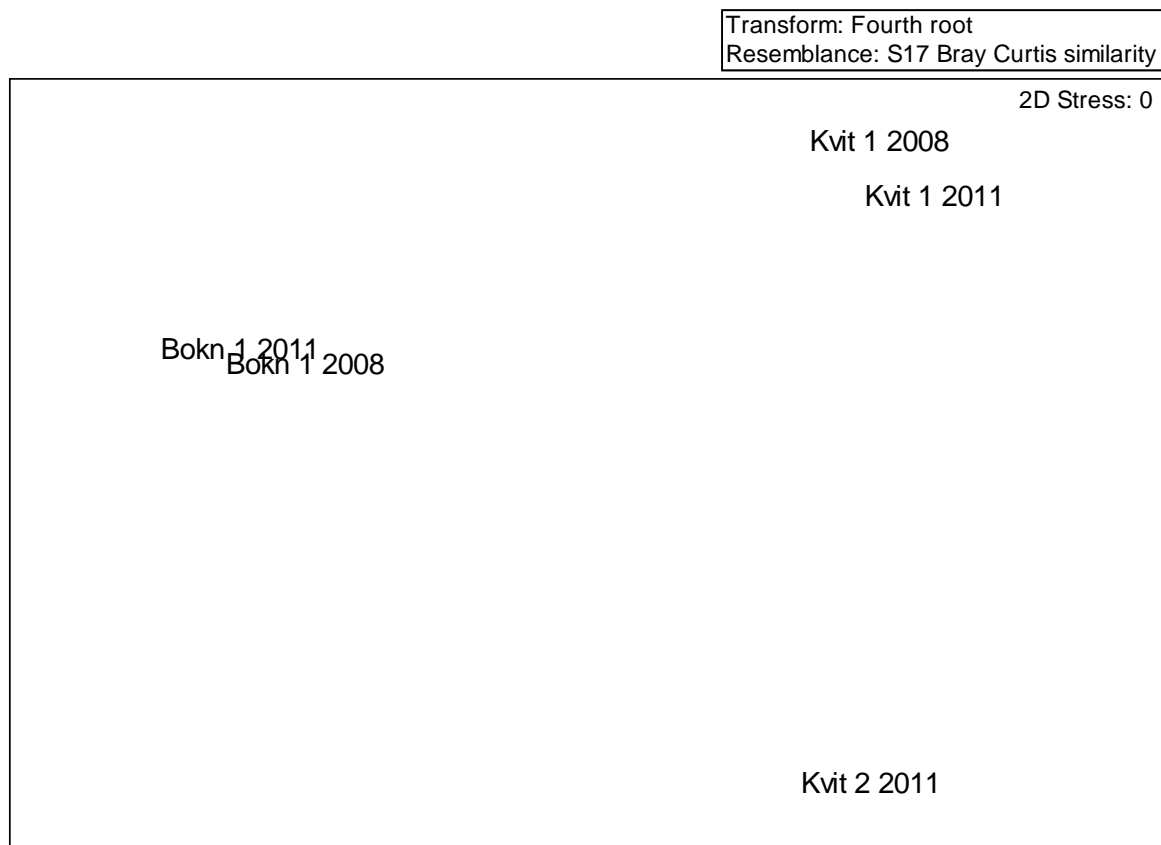
Kvit 1 2008	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Spiophanes kroyeri</i>	42	2,4	2,4
<i>Owenia borealis</i>	22	1,2	3,6
<i>Synaptidae indet.</i>	14	0,8	4,4
<i>Paraonis sp.</i>	11	0,6	5,0
<i>Prionospio cirrifera</i>	9	0,5	5,5
<i>Pista cristata</i>	9	0,5	6,0
<i>Galathowenia oculata</i>	8	0,5	6,5
<i>Glycera lapidum</i>	8	0,5	6,9
<i>Galathowenia fragilis</i>	8	0,5	7,4
<i>Notomastus latericeus</i>	7	0,4	7,8
<i>Verruca stroemi</i>	7	0,4	8,2
Sum	308		

Kvit 2 2011	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	17762	99,21	99,2
<i>Eteone longa</i>	47	0,26	99,5
<i>Tellina fabula</i>	14	0,08	99,6
<i>Ophryotrocha sp.</i>	12	0,07	99,6
<i>Heteromastus filiformis</i>	12	0,07	99,7
<i>Exogone sp.</i>	9	0,05	99,7
<i>Galathowenia oculata</i>	7	0,04	99,8
<i>Pholoe baltica</i>	6	0,03	99,8
<i>Arenicola marina</i>	6	0,03	99,8
<i>Lucinoma borealis</i>	5	0,03	99,9
Sum	17903		

Bokn 1 2011	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Kelliella abyssicola</i>	88	15,1	15,1
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	84	14,4	29,5
<i>Nucula tumidula</i>	77	13,2	42,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	62	10,6	53,3
<i>Thyasira equalis</i>	34	5,8	59,2
<i>Eriopisa elongata</i>	30	5,1	64,3
<i>Amphilepis norvegica</i>	26	4,5	68,8
<i>Thyasira obsoleta</i>	24	4,1	72,9
<i>Calocarides coronatus</i>	24	4,1	77,0
<i>Ophelina norvegica</i>	15	2,6	79,6
Sum	583		

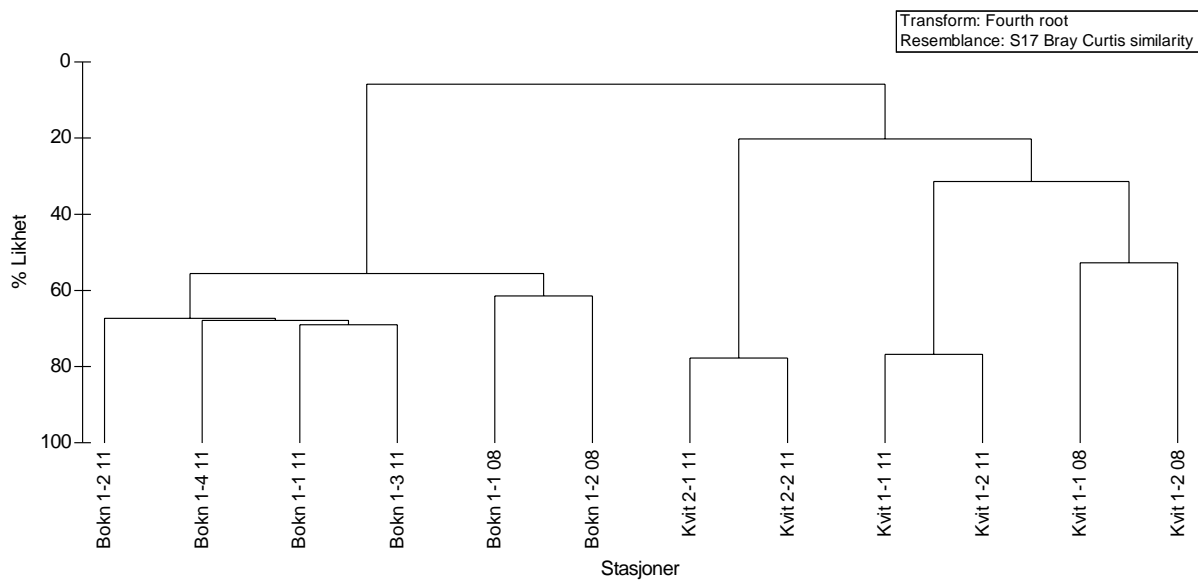
Bokn 1 2008	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Heteromastus filiformis</i>	45	14,2	14,2
<i>Thyasira equalis</i>	40	12,7	26,9
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	39	12,3	39,2
<i>Kelliella abyssicola</i>	29	9,2	48,4
<i>OLIGOCHAETA indet.</i>	18	5,7	54,1
<i>Lumbrineridae indet.</i>	17	5,4	59,5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	14	4,4	63,9
<i>Caudofoveata indet.</i>	13	4,1	68,0
<i>Entalina tetragona</i>	9	2,8	70,9
<i>Yoldiella lucida</i>	9	2,8	73,7
Sum	316		





**Figur 3.6.** MDS- og cluster plot på stasjonsnivå for stasjonene undersøkt i 2008 og 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

### SAM-Marin



**Figur 3.7.** Cluster plot på huggnivå av stasjonene undersøkt i 2008 og 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Bokn 1-2 11 er andre hugg fra Bokn 1 i 2011 osv.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Hestholmen, Kvitsøy kommune i Rogaland. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 4. og 13. oktober 2011. Det ble samlet prøver fra 3 stasjoner, en i nærheten av anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av Boknafjorden. Det ble utført en forundersøkelse (MOM-C) i februar 2008 ved lokaliteten. Det ble i denne rapporten konkludert med gode forhold på begge stasjonene og resultatet er et godt sammenligningsgrunnlag for senere undersøkelser.

På nærstasjonen, Kvit 2, var glødetapet var lavt. Sedimentet bestod hovedsakelig av sand. De kjemiske analysene tyder på svak forurensing av kobber. Diversiteten og jevnhet av artene som utgjør bunnfauna var lav og havner i KLIFs tilstandsklasse Dårlig. MOM standarden gir miljøtilstands 3 – Dårlig. AMBI verdiene indikerer et svært påvirket artsfunn, noe også de geometriske klassene viser. Flere av parametrene presentert i denne undersøkelsen tyder altså på at forholdene var dårlige ved denne stasjonen. En art (*Capitella capitata*) utgjorde over 99 prosent av artsfunnet, denne arten hadde også svært høyt individantall. Dette er en art som ofte dominerer i sediment som blir tilført mye organisk materiale. Det finnes ikke historiske data for sammenligning ved denne stasjonen.

I overgangssonen, Kvit 1, inneholdt sedimentet mye sand. Glødetapet og fosfornivå var lavt. Ved denne stasjonen var det ingen indikatorer på organisk forurensing utenom at det ble rapportert om noe lukt ved henting av prøver. Analysene av bunnfauna tydet på gode til moderate forhold. MOM standarden gir stasjonen miljøtilstand 1- Meget god. Man ser imidlertid indikatorer på en tilstandsendring i forhold til i 2008 der det ble rapportert at det var svært gode forhold. De geometriske klassene viser også at man har fått en endring i den biologiske sammensetningen, og AMBI verdiene har gått fra å være ”noe forstyrret” til ”moderat forstyrret”. Man ser altså en negativ trend med tanke på diversitet og artsammensetning.

På den dypeste stasjonen får bunnvannet beste karakter med tanke på oksygeninnhold. Her var sedimentet dominert av leire og silt. Glødetapet lå på normalt nivå for denne dybden og fosforverdiene var lave også her. Det ble ikke registrert forurensing av kobber og sink og

undersøkelsene av bunnfauna tydet på gode forhold. Det er heller ingen store endringer siden forundersøkelsen.

Prøvene tatt like ved anlegget indikerer at driften ved anlegget påvirker bunnfaunaen. Ved fremtidig drift bør bunnforholdene under anlegget følges nøye, for å unngå opphopning av fekalier og fôrrester som kan ha negativ innvirkning på fisken i anlegget og miljøet.

## 5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok T. Ensrud og S. Kvalø. Sedimentanalysene ble utført av H. Grønning. Bunnprøvene ble sortert av R. Tveiten, N. Korableva, A. Yazdanpanah, N. Islam, R. Torvanger og Ø. Alme. Bunndyrene ble identifisert av T. Alvestad og Per Johannessen.

## 6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. SFT 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- 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.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- 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*.
- Vassenden G. og Johansen P-O. 2008. MOM\_C undersøkelse fra lokaliteten Hestholmen, Kvitsøy kommune i 2008. SAM e-rapport nr 14-2008

## 7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	30
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	38
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	40
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	44
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i> .....	45
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i> .....	48

## 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.

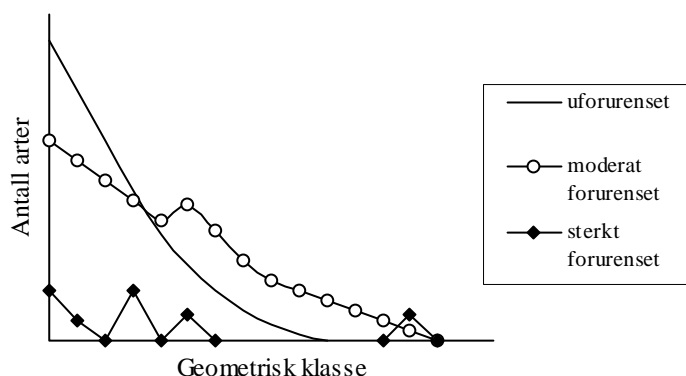
#### Geometriske klasser

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 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:

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

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 nordost-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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 vann typer. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vann typer.

### 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:

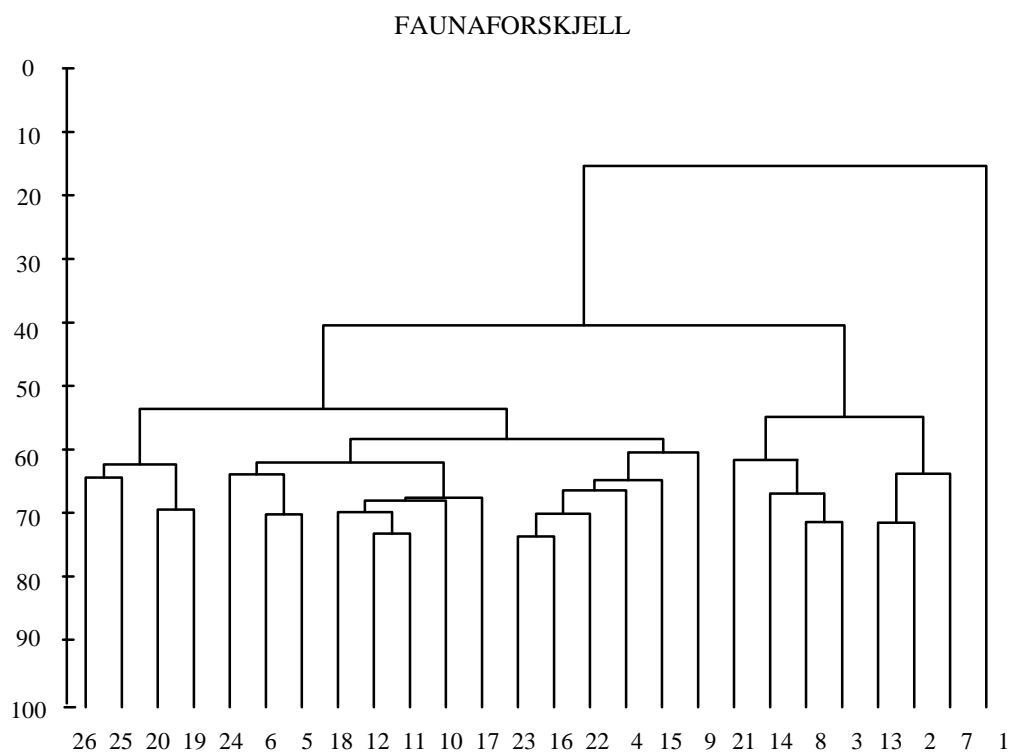
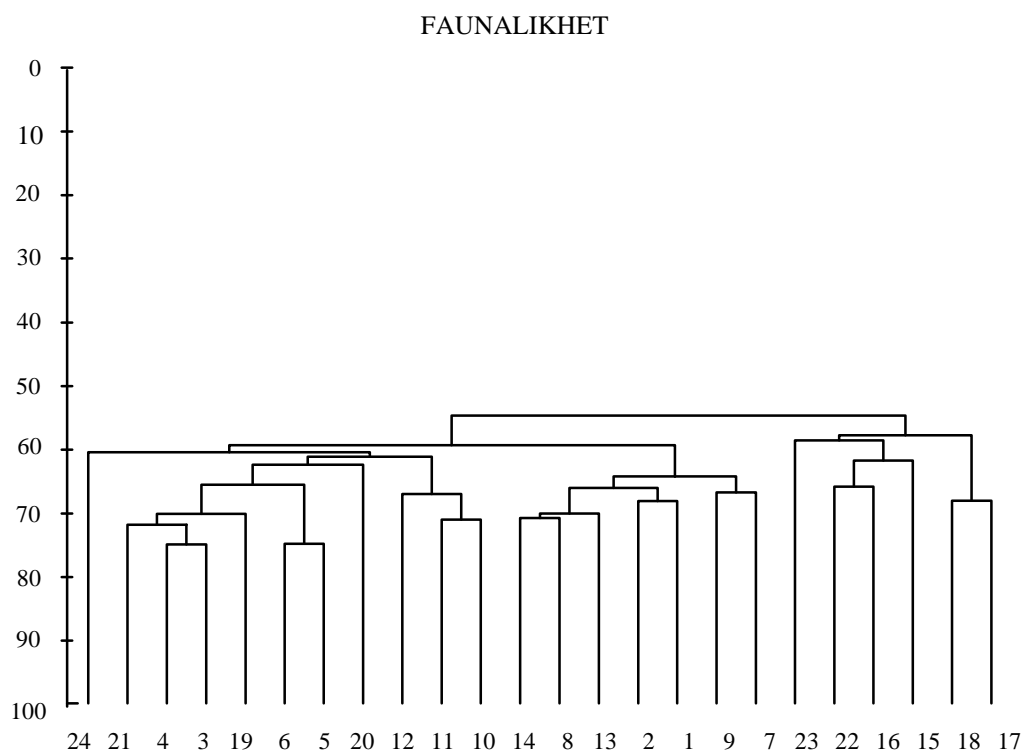
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

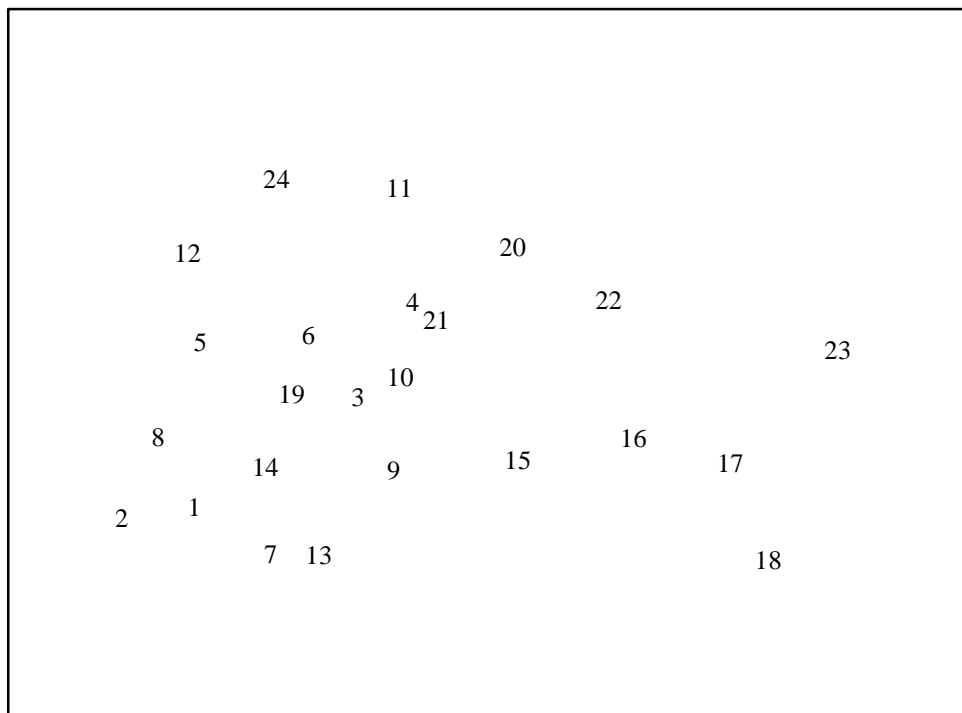
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

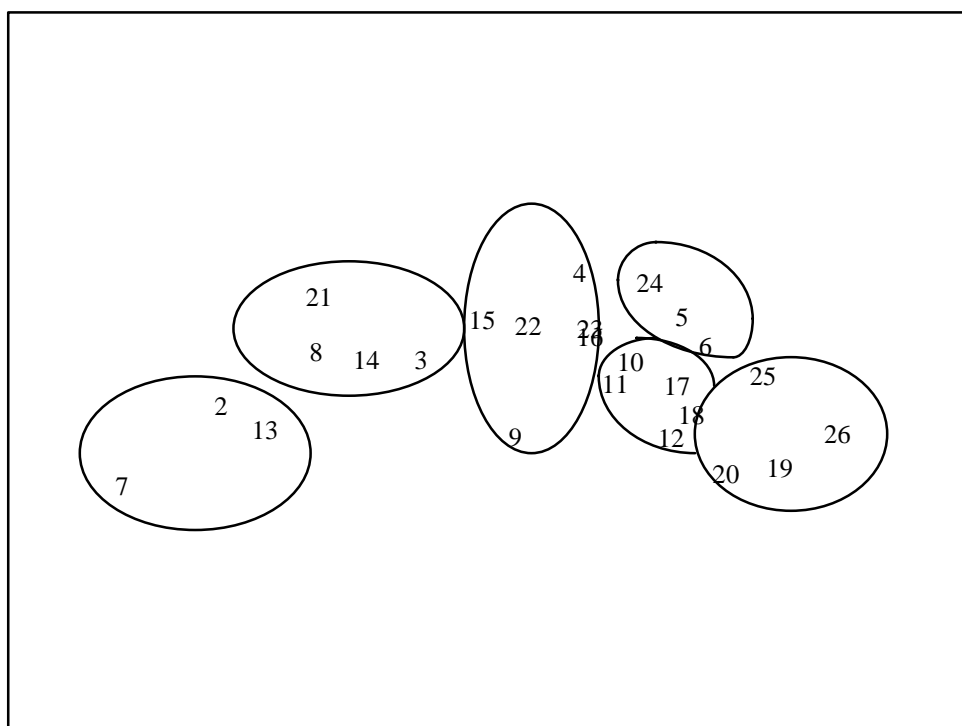


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

## Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

## PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Grieg Seafood Rogaland AS  
Lokalitet: Hestholmen

Dato: 04.10.2011  
Konsesjonsnr: RB0001, RB0003, RB0005, RK0001, RKV0001, RKV0002, RSD0002, RSD0023

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks	
			Kvi 1	Kvi 2	Botn 1						
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0						0,0
I	Tilstand (Gruppe I)		A								
II	pH	verdi	7,60	7,65	7,55						
	E <sub>h</sub> (mv)	verdi	-206	-49	-70						
		+ ref. verdi	70	227	206						
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur	1	0	0						0,3
	Tilstand, prøve		1	1	1						
	Tilstand, gruppe II		1								
						Buf. temp: 16,6	Temp sjø: 14,0	Temp sediment: 7,3			
						pH sjø: 7,9	Eh sjø: 210	Ref. elektrode: 276			
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):										
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0						
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0	0						
		Brun/Sort = 2									
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0						
		Noe = 2									
		Sterk = 4									
	Konsistens	Fast = 0	0	0	1						
		Myk = 2									
		Løs = 4									
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0	0	0							
1/4 ≤ v < 3/4 = 1											
v ≥ 3/4 = 2				2							
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0							
	2 - 8 cm = 1										
	t ≥ 8 cm = 2										
	SUM		0	0	3						
	Korrigeret sum (*0,22)		0,00	0,00	0,66						0,2
	Tilstand prøve		1	1	1						
	Tilstand gruppe III		1								
	Middelverdi gruppe II og III		0,5	0	0,33						0,3
	Tilstand gruppe II og III		1								
	pH/Eh		Tilstand				Lokalitetstilstand				
	Korr. sum		Gruppe I	Gruppe II og III							
	Indeks	Tilstand	A	1, 2, 3, 4			1, 2, 3, 4				
	Middelverdi		4	1, 2, 3			1, 2, 3				
	< 1,1	1	4	4			4				
	1,1 - < 2,1	2									
	2,1 - < 3,1	3									
	≥ 3,1	4									
			LOKALITETSTILSTAND							1	

## SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Grieg Seafood Rogaland AS

Dato: 04.10.2011

Lokalitet: Hestholmen

Konsesjonsnr: RB0001, RB0003, RB0005, RK0001,  
RKV0001, RKV0002, RSD0002,  
RSD0023

Prøvetakingssted (nr)	Kvi 1	Kvi 2	Botn 1							
Dyp (m)	69	65	576							
Antall forsøk	3	1	1							
Bobling (i prøve)	Nei	Nei								
Primær-sediment	Grus	10 %								
	Skjellsand	10 %	10 %							
	Sand	60 %	70 %							
	Mudder									
	Silt	20 %	20 %							
	Leire			100 %						
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall	10		X							
Krepsdyr, antall		1	X							
Skjell, antall	10	5	X							
Børstemark, antall	>100	>200	X							
Andre dyr, antall	Ja		X							
<i>Malacoceros fuliginosus</i>										
Beggiatoa										
Fôr	Nei	Nei								
Fekalier	Nei	Nei								
Kommentarer			Fin prøve med mye variert liv.							

## Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Test 157

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Grieg Seafood Rogaland AS, 4174 Helgøysund**  
**Prosjekt nr.: 805969**  
**Prøvetakingssted (område): Hestholmen, Kvitsøy kommune**  
**Dato for prøvetaking: 3/10-2011**  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS**  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -**  
**Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad**

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>

**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:3 sider.

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

Signatur:.....  
Godkjent taksonom



SAM-Marin

s. 1/3	Stasjon: Hugg nr: Art:	Kvit 1	Kvit 1	Kvit 2	Kvit 2	Bokn 1	Bokn 1	Bokn 1	Bokn 1
		1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	3. hugg	4. hugg
	CNIDARIA								
*	HYDROZOA								
*	Hydrozoa indet.	+			++	+	+	+	+
*	ANTHOZOA								
	Cerianthus lloydii	1	2			1	1	1	
	Edwardsia sp.	4	6						
*	NEMERTINI indet.	6	14	+		2		1	2
*	NEMATODA indet.	ca.30	8	ca. 30	ca.40	1		1	2
	ANNELIDA								
	POLYCHAETA								
	Paramphinome jeffreysii					1		3	2
	Aphrodita aculeata						0/1		
	Polynoidae indet.	2				1	1		
	Gattyana cirrosa				0/1				
	Pholoe assimilis		1						
	Pholoe baltica	12	5	1	5				
	Pholoe pallida						1		
	Neoleanira tetragona						1	0/1	
	Phyllodoce groenlandica	1/1	1						
	Eumida bahusiensis	0/1	1						
	Eteone longa	4		34	13				
	Sige fusigera	1/1							
	Gyptis rosea					2	1	1	3
	Nereimyra punctata	1							
	Exogone sp.	3		6	3				
	Ceratocephale loveni						0/1	0/2	1/6
	Nephtys sp.						0/1	0/1	
	Glycera alba	3/1	4						
	Goniada maculata	5/5	14/3						
	Lumbrineridae indet.	1				1	3	3	7
	Protodorvillea kefersteini								1
	Ophryotrocha sp.	2	1	9	3				
	Phylo norvegica					0/1	1/1		0/2
	Scoloplos armiger	59/85	18/66	2	0/2				
	Aonides paucibranchiata	5	1						
	Malacoceros fuliginosa				3				
	Polydora sp.	1	2						
	Prionospio steenstrupii			1	3				
	Prionospio cirrifera	10	3						
	Prionospio sp.					1		2	1
	Spiophanes bombyx	1	3						
	Spiophanes kroyeri		1						
	Spiochaetopterus cf. bergensis							1	1
	Aricidea sp.						1		3
	Levinsenia gracilis						1		3
	Paraonis sp.	17	8						
	Chaetozone sp.	7	3		3				
	Diplocirrus glaucus	1	1						
	Ophelina abbranchiata							2	
	Ophelina norvegica					5/2	1	2	4/1

SAM-Marin

s.									
2/3	Scalibregma inflatum	0/1							
	Capitella capitata	365	164	9104	8658				
	Heteromastus filiformis			8	4	21	6	22	13
	Mediomastus fragilis	4	3						
	Notomastus latericeus		1						
	Arenicola marina		1	1/1	3/1				
	Maldanidae indet.						1	1	1
	Galathowenia fragilis	1							
	Galathowenia oculata	ca.500	ca.310	4	3				
	Owenia borealis	5	3						
	Pectinaria auricoma	0/3	1/1						
	Pectinaria koreni	1/6	0/7						
	Sabellides octocirrata	2							
	Amythasides macroglossus						1		1
	Amphitrite cirrata	1/1							
	Pista lornensis	1							
	Polycirrus latidens						1		
	Polycirrus norvegicus	1							
	Polycirrus plumosus	2	2/1						
	Terebellides stroemi					0/1		0/1	0/1
	OLIGOCHAETA indet.	1					3	1	
	SIPUNCULA								
	Sipuncula indet.								1
	Onchnesoma steenstrupi					27/7	11/4	16/3	16
	Nephasoma cf. minutum					5			1
	ARTHROPODA								
	CRUSTACEA								
*	Calanus finmarchicus	3	3	2	1	2	2	3	151
*	Calanus hyperboreus								2
*	Euchaeta norvegica								2
*	Metridia lucens								1
*	Metridia longa								3
*	Candacia armata			1					
*	Macrocypris minna							1	
	Arcturella dilatata	1/6	0/5		0/1				
*	Eurycope sp.					1	1		
*	Amphipoda indet.	5	2	3				2	
*	Caprellidae indet.	6	19						
	Eriopisa elongata					9/1	2/1	5/3	8/1
*	Euphausiacea indet.	0/1							
*	Meganyctiphanes norvegica								1
*	Decapoda indet.		0/3						
*	Pontophilus norvegicus							1	
	Calocarides coronatus					1/1	1/20		1
*	Munida tenuimana								1
*	PYCNOGONIDA indet.	1							
	MOLLUSCA								
	Caudofoveata indet.					3	5	1	3
	Solenogastres indet.					1			
	Haliella stenostoma					0/1			
	Acteon tornatilis		1/2						
	Philine scabra	1/1				1			
	Cylichna cylindracea	1/1	1						

## SAM-Marin

s.							
3/3	Nudibranchiata indet.		1				
	Nucula tumidula				20/8	16/5	11/2 11/4
	Ennucula tenuis	1					
	Yoldiella nana				1/1	1	1
	Pseudomalletia obtusa						0/1
	Mytilidae indet.						0/1
	Mytilus edulis			0/1			
	Lucinoma borealis	2	0/2	3			2
	Myrtea spinifera	4					
	Thyasira biplicata	1					
	Thyasira flexuosa	23/8	14/4	1/1			
	Thyasira obsoleta				7/2	7/1	2/1 2/2
	Thyasira sarsii	5/22	13/9				1
	Thyasira equalis				9/3	7/3	7/1 4
	Mendicula ferruginea						1
	Adontorhina similis				1	1	1
	Macoma calcarea						1
	Tellina fabula	1/1	1/2	8			6
	Abra longicallus					1	1
	Abra prismatica	2	1/1				
	Kelliella abyssicola				11/5	30/6	20/7 5/4
	Corbula gibba	1/1	4/2				
	Cochlodesma praetenuae	4/2	10				
	Antalis entalis	1	0/1				
	Entalina tetragona						1 1
*	BRYOZOA						
*	Bryozoa skorpeformet	+	+	+			+
*	Bryozoa grenet		+				++
	ECHINODERMATA						
	Astropecten irregularis	0/4	0/7				0/1
	Amphiura chiajei	0/6	0/12				
	Amphilepis norvegica				0/9	4/5	1/3 1/3
	Ophiocten affinis		0/1				
	Ophiura albida	0/1					
	Echinocyamus pusillus	0/1	0/2				
	Echinocardium cordatum	0/16	0/19				
	Echinocardium flavescens	0/46	0/43				
	Holoturoidea indet.	+					
	ENTEROPNEUSTA indet.		1				
*	CHAETOGNATHA indet.		1		1		1
	CHORDATA						
*	PISCES indet.						0/1
*	Diplecogaster bimaculatus	1					
*	VARIA			+			+ +

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

<b>Geom.kl</b>	<b>Kvit 1 2008</b>	<b>Kvit 1 2011</b>	<b>Kvit 2 2011</b>	<b>Bokn 1 2008</b>	<b>Bokn 1 2011</b>
<b>I</b>	42	<b>16</b>	<b>7</b>	15	<b>11</b>
<b>II</b>	25	<b>16</b>	<b>3</b>	10	<b>12</b>
<b>III</b>	16	<b>10</b>	<b>6</b>	5	<b>9</b>
<b>IV</b>	7	<b>9</b>	<b>4</b>	6	<b>4</b>
<b>V</b>	1	<b>5</b>	<b>0</b>	3	<b>4</b>
<b>VI</b>	1	<b>3</b>	<b>1</b>	3	<b>2</b>
<b>VII</b>	0	<b>1</b>	<b>0</b>	0	<b>3</b>
<b>VIII</b>	0	<b>1</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>IX</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>X</b>	0	<b>2</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XI</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XII</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XIII</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XIV</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XV</b>	0	<b>0</b>	<b>1</b>	0	<b>0</b>
<b>XVI</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>
<b>XVII</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>

## Vedleggstabell 4. Analysebevis



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd.

Bergen

F. reg. 965 141 618 MVA

Box 75

NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

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

AR-11-MX-000972-10



EUNOBE-00001153

Prøvemottak: 24.10.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 24.10.2011-04.11.2011  
Referanse: 611101; 805969 ref:  
58/2011

## ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er).  
Vennligst makuler tidligere tilsendt analyserapport.

Prøvenr.:	<b>441-2011-1024-145</b>	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Bokn 1, hugg1	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	34	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	120	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	630	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	21.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1024-146</b>	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Bokn 1, hugg2	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	37	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	110	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	640	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	22.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

## Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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 2



AR-11-MX-000972-10



EUNOBE-00001153

Prøvenr.:	441-2011-1024-147	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Bokn 1, hugg3	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	34	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	27	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	130	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	780	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	22.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	

**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 16.11.2011**

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :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



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd.

Bergen

F. reg. 965 141 618 MVA

Box 75

NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

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

AR-11-MX-000972-08



EUNOBE-00001153

Prøvemottak: 24.10.2011  
 Temperatur:  
 Analyseperiode: 24.10.2011-04.11.2011  
 Referanse: 611101; 805969 ref:  
 58/2011

## ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er).  
 Vennligst makuler tidligere tilsendt analyserapport.

Prøvenr.:	<b>441-2011-1024-133</b>	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kvit 1, hugg1	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	74	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	6.8	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	29	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)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1024-136</b>	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kvit 2, hugg1	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	65	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	57	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	38	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	1000	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	14.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

### 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)

### Tegnforklaring:

\* (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



Bergen 16.11.2011

*Kristine Fiane Johnson*

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

---

Tegnforklaring:

\* (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



## Vedleggstabell 5 CTD Data

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene på Bokn 1 i 2011 og 2008.

Stasjon	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Tetthet	Oksygen	Oks. met.	Sikt
Dato	(m)	(psu)	(oC)	(dt)	( ml/l)	(%)	(m)
<b>St Bokn 1</b>	1	27,0	11,5	20,48	5,9	94,4	-
<b>13.10.2011</b>	2	27,2	11,6	20,60	5,8	93,4	
	3	27,5	11,6	20,81	5,7	92,8	
	5	28,0	11,8	21,19	5,9	95,1	
	7	29,4	12,6	22,16	5,8	97,4	
	10	31,2	13,1	23,47	5,7	97,5	
	15	32,2	13,5	24,19	5,7	97,9	
	20	33,2	13,4	24,99	5,7	98,4	
	25	33,7	12,9	25,54	5,7	97,9	
	30	33,9	12,8	25,74	5,6	95,7	
	40	34,2	12,3	26,07	5,7	97,3	
	50	34,3	12,0	26,28	5,6	95,5	
	60	34,4	11,1	26,60	5,6	93,1	
	70	34,5	10,6	26,80	5,6	92,0	
	80	34,6	10,3	26,97	5,5	90,4	
	90	34,8	9,2	27,35	5,6	89,4	
	100	34,9	8,7	27,52	5,7	90,0	
	125	35,0	8,1	27,83	5,8	90,5	
	150	35,1	7,2	28,14	5,8	90,0	
	175	35,1	7,0	28,26	5,9	89,6	
	200	35,1	7,0	28,39	5,9	89,1	
	250	35,1	6,9	28,67	5,8	88,1	
	300	35,1	6,9	28,91	5,8	87,3	
	350	35,1	6,8	29,16	5,7	86,2	
	400	35,1	6,7	29,39	5,7	85,2	
	450	35,2	6,7	29,64	5,6	83,9	
	500	35,2	6,7	29,87	5,5	83,8	
	550	35,2	6,7	30,10	5,5	82,9	
	557	35,2	6,7	30,16	5,5	83,0	

SAM-Marin

<b>St Bokn 1</b>	1	29,7	5,9	23,36	7,5	104,4	16
	<b>19.02.2008</b>	2	29,7	5,9	23,38		
	3	29,9	6,0	23,56			
	5	30,4	6,1	23,90			
	7	31,1	6,2	24,49			
	10	32,2	6,6	25,34	7,5	105,1	
	15	32,7	6,4	25,78			
	20	32,8	6,3	25,89			
	25	32,9	6,2	25,95			
	30	32,9	6,2	26,02			
	40	32,9	6,2	26,08			
	50	33,1	6,5	26,24	6,8	98,7	
	60	33,7	7,6	26,58			
	70	34,1	8,4	26,81			
	80	34,2	8,3	26,94			
	90	34,4	8,6	27,13			
	100	34,4	8,5	27,19	6,8	98,7	
	125	34,5	8,5	27,39			
	150	34,8	8,4	27,74			
	175	34,9	8,4	27,89			
	200	34,9	8,4	28,08			
	250	35,0	8,3	28,37			
	300	35,1	8,0	28,68	5,7	86,5	
	350	35,1	7,9	28,93			
	400	35,1	7,9	29,17			
	450	35,1	7,8	29,40			
	500	35,1	7,8	29,64			
	550	35,1	7,8	29,86			
	570	35,1	7,8	29,96	5,6	84,5	