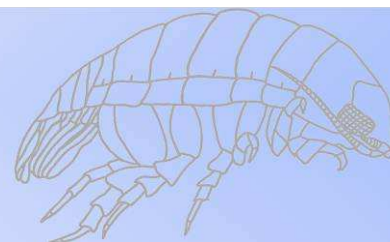


# SAM e-Rapport

Uni Research  
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr. 15-2011

## *MOM C-undersøkelse ved Leikvangbukta i Bjugn kommune, 2011*

Rune Haugen

Jon Hestetun



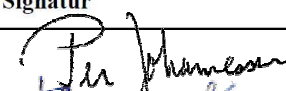
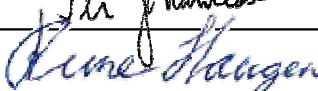
	<b>SAM-Marin</b>	 <small>Test 157</small>
Seksjon for anvendt miljøforskning Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25	Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA	

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved Leikvangbukta i Bjugn kommune, 2011	Dato: 11.11.2011 Antall sider og bilag: 36
Forfatter(e): Rune Haugen, Jon Hestetun	Prosjektleder: E. Heggoy Prosjektnummer: 805773

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway AS avd. S-T Stamfisk	Tilgjengelighet: Åpen
---	-----------------------

Abstract: A MOM C investigation was conducted in June 2011 at 3 sites near the aqua culture locality Leikvangbukta. The monitoring included geological and chemical analyses of the bottom sediment as well as an analyses of the composition of benthic fauna. No chemical pollution from copper, zink or phosphor was detected. TOC and LOI (loss on ignition) values were low, indicating good conditions without a heavy organic load on the sediment. The faunal composition indicated good bottom conditions at the two stations closest to the locality, with somewhat worse results farthest away from the locality, probably dependent on natural factors. No disturbance related to operations of the locality could be detected.

Keywords: MOM C, marine environmental monitoring, Aqua culture, Leikvangbukta	Emneord: MOM C, marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Leikvangbukta	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 15-2011
---	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	11.11.2011	
Prosjektet / undersøkelsen:	11.11.2011	

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 MOM C analyser, samlet av:** Havbruksstjenesten AS

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Tveiten, Korableva, Ekrene, Ensrud og Yazdanpadah

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

**Rapportering utført av:** Haugen og Hestetun

**Ikke akkreditert:**

**Geologiske analyser utført av:** Grønning

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Blåstål

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

Akkreditert: Kobber, Sink, Fosfor, total 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 .....	7
2.2.2 Sediment.....	7
2.2.3 Kjemiske analyser .....	8
2.2.4 Bunndyr .....	8
<b>2.3 Produksjonsdata fra anlegget .....</b>	<b>11</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Sediment.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Kjemi.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>14</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>18</b>
<b>5 LITTERATUR.....</b>	<b>19</b>
<b>6 VEDLEGG.....</b>	<b>20</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved stamfisk-lokaliteten Leikvangbukta, Bjugn kommune, lokalitetsnummer 12744. Innsamlingene ble gjennomført 28. juni 2011. Leikvangbukta har liten produksjon i sjø, på land har de en ”produksjon” av stamfisk, som ikke føres. Utløpet til dette landanlegget ligger på omtrent 10 m dyp, rett ved stasjon Lei 1 (se kart). Sjøanlegget ligger rett utenfor Lei 1, hvor prøvestasjon Lei 2 ble lagt.

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

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av 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 Havbrukstjenesten AS og SAM-Marin på oppdrag fra S-T Stamfisk, en avdeling av Marine Harvest Norway AS. SAM-Marin er en seksjon ved forskningsselskapet Uni Research AS, 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. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 20 år og utført miljøundersøkelser i 10 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

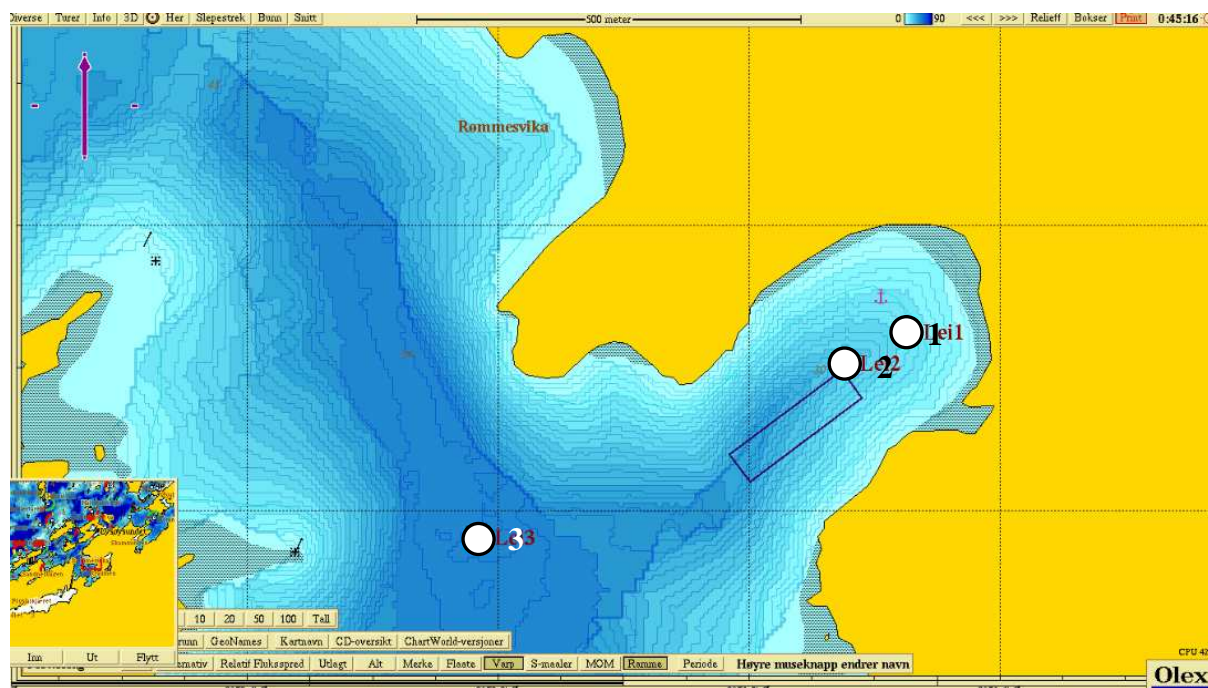
## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

Leikvangbukta ligger øst for Rømmesvika (øst av Jøssund) (Figur 2.1). Her ligger ett anlegg for stamfiskproduksjon på land og ett i sjø. Bunnen skrår jevnt nedover fra 10 m ved utslippspunktet for landanlegget innerst til 52 m dyp i midtre del av Rømmesvika.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbruktstjenestens egen båt "Blåstål" den 28. juni 2011 med Havbruktstjenestens eget toktpersonell Rune Haugen og Asgeir Østvik. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved utløpsvannet (Lei 1), en i overgangssonen (Lei 2, ved sjøanlegget), samt en fjernsone (Lei 3) i en litt dypere del av Rømmesvika.



**Figur 2.1.** Oversiktskart med fjord- og sjøsystemet i Bjugn (innfelt) og mer detaljert over Leikvangbukta i Rømmesvika (hovedbilde). Vurdering av miljøforholdene er vist kom kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 1.1** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Leikvangbukta, Bjugn i juni 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1 m<sup>2</sup> til alle prøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Lei 1 28/6-2011	Fillfjorden 63° 51.725 N 09° 51.458 Ø	15	1	5,5	Kjemi, og Geologi Biologi Biologi, pH og $E_h$ Alle huggene var tilnærmet like med blanding silt, sand og stein, med Farge 1 (etter MOM B)
			2	6,5	
			3	8,5	
Lei 2 28/6-2011	Fillfjorden 63° 51.698 N 09° 51.354 Ø	28	1	12	Kjemi og Geologi Biologi Biologi, pH og $E_h$ Alle huggene bestod av i hovedsak silt og sand med Farge 1 (etter MOM B)
			2	13	
			3	14	
Lei 3 28/6-2011	Fillfjorden 63° 51.581 N 09° 50.789 Ø	56	1	14	Kjemi og Geologi Biologi Biologi, pH og $E_h$ Alle huggene bestod av en blanding av silt og sand med Farge 1 (etter MOM B)
			2	17	
			3	15	

### 2.2.1 Hydrografi

Det ble ikke utført hydrografiske målinger ved denne MOM C-undersøkelsen. Det er gitt spesiell dispensasjon fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag for dette for denne undersøkelsen.

### 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-Kjelldahl 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 bunndyrprøver fra uforurensede områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

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.

Grabbinnholdet 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 bufret 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 i fem år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell). 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 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 Direktoratsgruppa Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten (H') og NQII 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 NQII er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQII et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. 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 Direktoratsgruppa 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	Shannon-Wiener indeks (H')		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQII		>0,72	0,63- 0,72	0,49-0,63	0,31- 0,49	<0,31
	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)	<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 (god)	<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 (dårlig)	<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 (meget dårlig)	<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>

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Landanlegget driver produksjon av stamfisk, og fôrer ikke fisken. Sjøanlegget ble tatt i bruk i 1989 og er oppfôring av stamfisk, med lite fôrforbruk. 2008 ble det fôret mellom 4 og 5 tonn hvert år. Siden 2008 har det ikke vært noen fôring ved dette anlegget.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

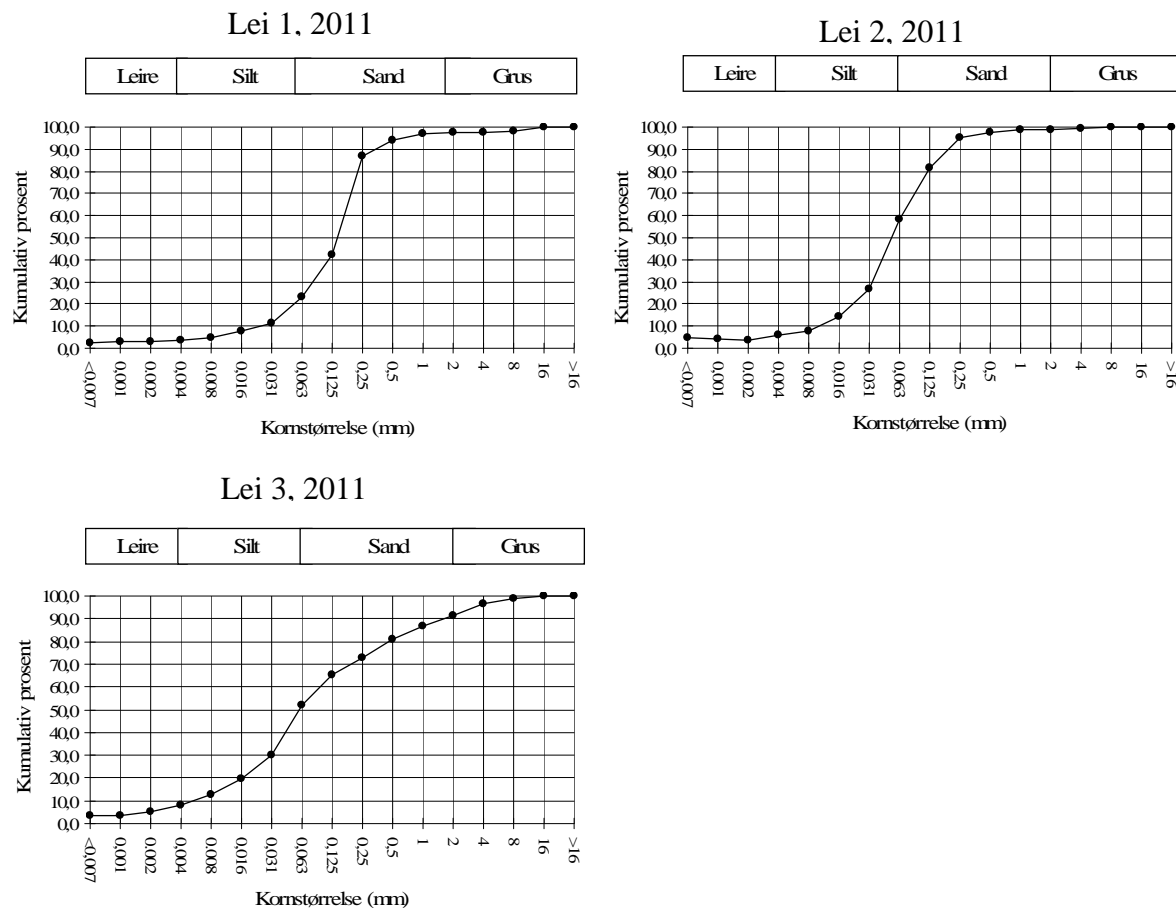
#### 3.1 Sediment

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

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

Stasjon	År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Lei 1	2011	15	2,79	4	20	23	74	2
Lei 2	2011	28	5,49	6	53	58	41	1
Lei 3	2011	56	6,47	8	44	52	40	8

Tett på utløpet, på stasjon Lei 1, var sedimentet grovt. Fraksjonen med sand utgjorde 74 %, med 2 % grus. Leire og silt utgjorde 23 %. I overgangssonen Lei 2, bestod sedimentet av i hovedsak silt, 53 % og sand, 41 %. Fjernsonen, Lei 3 var relativt lik Lei 2 med silt 44 % og sand, 40 %, men her var det også 8 % leire og 8 % grus. Glødetapet er lavt, og indikerer ikke tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer.



**Figur 3.1.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Lei 1, Lei 2 og Lei 3.

### 3.3 Kjemi

#### Sedimentanalyser

Alle stasjonene fikk beste tilstandsklasse 1, for alle kjemiske parametre. Tungmetallverdiene for kobber og sink var meget lave, fosforverdien likeså. Tørrestoffverdiene var høye. Totalt organisk karbon (TOC) har ikke blitt analysert for stasjon Lei 2, men for nærstasjonen Lei 1 var tilstandsklasse I, beste tilstand, og for fjernstasjonen Lei 3 var tilstandsklasse II, god. Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt, som var høyest på denne stasjonen. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993), og resultatene bør derfor vurderes opp mot andre indikatorer slik som glødetap for å vurdere hvorvidt de gir et sannsynlig resultat. Glødetapet er lavt, sammen med TOC gir disse to parametrene ingen indikasjoner på organisk belastning utover naturlige nivåer.

**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	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Lei 1	2011 15	9,5	I	25	I	<5	18,9	I	0,57	74
Lei 2	2011 28	21	I	29	I	n/a	n/a	n/a	0,57	59
Lei 3	2011 56	5,9	I	26	I	16	24,7	II	0,41	51

### Måling av pH og redokspotensiale ( $E_h$ )

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. Kjemiske verdier (pH og  $E_h$ ) ga lave, gode pH- og  $E_h$ -verdier for alle stasjonene, noe som ga tilstand 1 for alle disse stasjonene (se Vedleggstabell 1).

### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.3 - 3.4, Figur 3.2 - 3.3, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mai 2011. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

På stasjon Lei 1, på 15 m, ble det funnet 402 individer fordelt på 64 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,62 og en jevnhet på 0,77. Arten med flest individer var børstemarken *Galathowenia oculata* (103 stk., 25,6 %), på andre plass skjullet *Thyasira flexuosa* (42 stk., 10,4 %) og på tredje plass børstemarken *Prionospio fallax* (28 stk., 7,0 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver arts mangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse "svært god", mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er "lett forstyrret". Alt i alt er forholdene svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer normal, uforstyrret sjøbunn.

På stasjon Lei 2, på 28 m, ble det funnet 762 individer fordelt på 67 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,22 og en jevnhet på 0,69. Arten med flest individer var skjullet *Thyasira flexuosa* (199 stk., 26,1 %), på andre plass skjullet *Thyasira sarsii* (125 stk., 16,4 %) og på tredje plass børstemarken *Diplocirrus glaucus* (66 stk., 8,7 %).

Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”. Som ved Lei 1 er forholdene svært gode ved denne stasjonen.

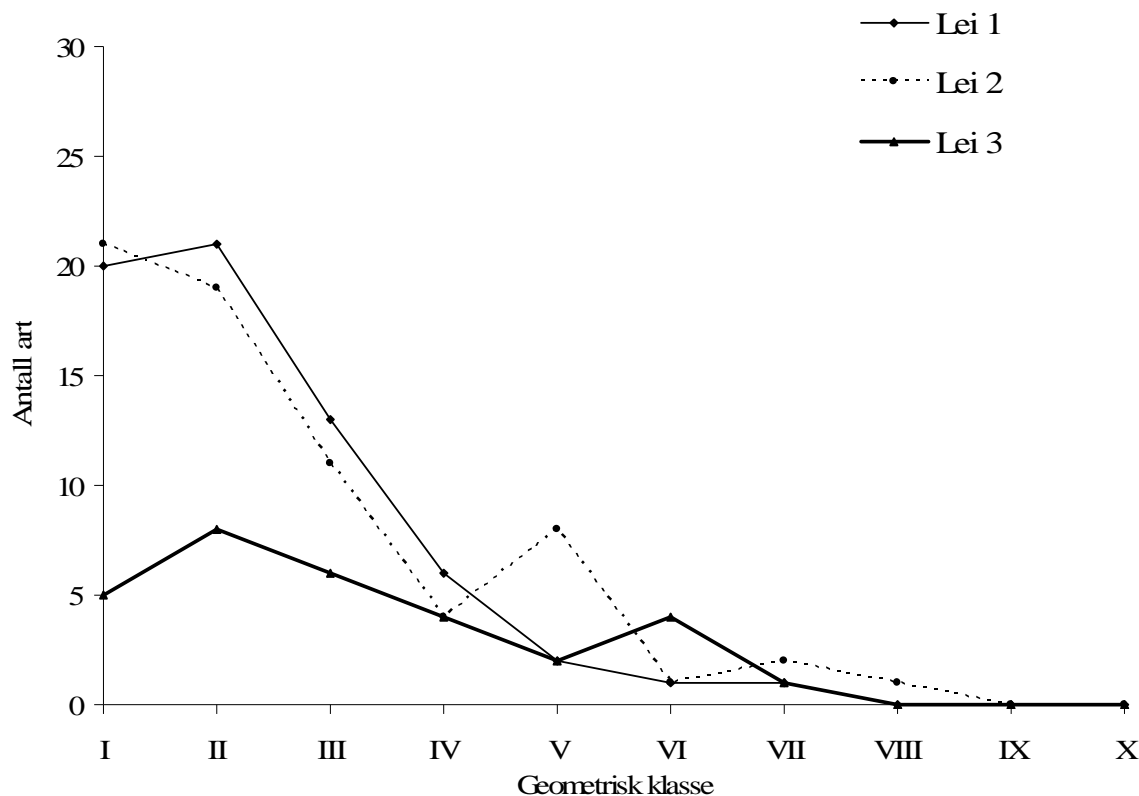
På stasjon Lei 3, på 56 m, ble det funnet 402 individer fordelt på 30 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 3,77 og en jevnhet på 0,77. Gruppen med flest individer var børstemarken *Chaetozone* sp. (99 stk., 24,6 %), på andre plass skjullet *Thyasira sarsii* (49 stk., 12,2 %) og på tredje plass børstemarken *Pectinaria koreni* (40 stk., 10,0 %).

Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse ”god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”. De noe dårligere indeksverdiene i forhold til Lei 1 og Lei 2 skyldes i hovedsak at det ble funnet færre arter på denne stasjonen.

Eneste stasjon som ikke ga beste tilstandsklasse på alle biologiske parametre var fjernstasjonen Lei 3. Det er dermed ingen indikasjoner på at driften ved lokaliteten har noen negativ effekt på bunndyrssammensetningen i området.

**Tabell 3.3.** 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, Gul: moderat/mindre god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	År	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
Lei 1	2011	1	187	51	4,75	0,84	5,67					
		2	215	44	4,15	0,76	5,46					
	Sum	402	64	4,62	0,77	6,00	2,47	0,75	0,71	1	I	
Lei 2	2011	1	432	56	4,18	0,72	5,81					
		2	330	46	4,03	0,73	5,52					
	Sum	762	67	4,22	0,69	6,07	2,28	0,75	0,69	1	I	
Lei 3	2011	1	206	24	3,34	0,73	4,58					
		2	196	27	3,77	0,79	4,75					
	Sum	402	30	3,77	0,77	4,91	2,87	0,64	0,61	1	II	



Figur 3.4. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

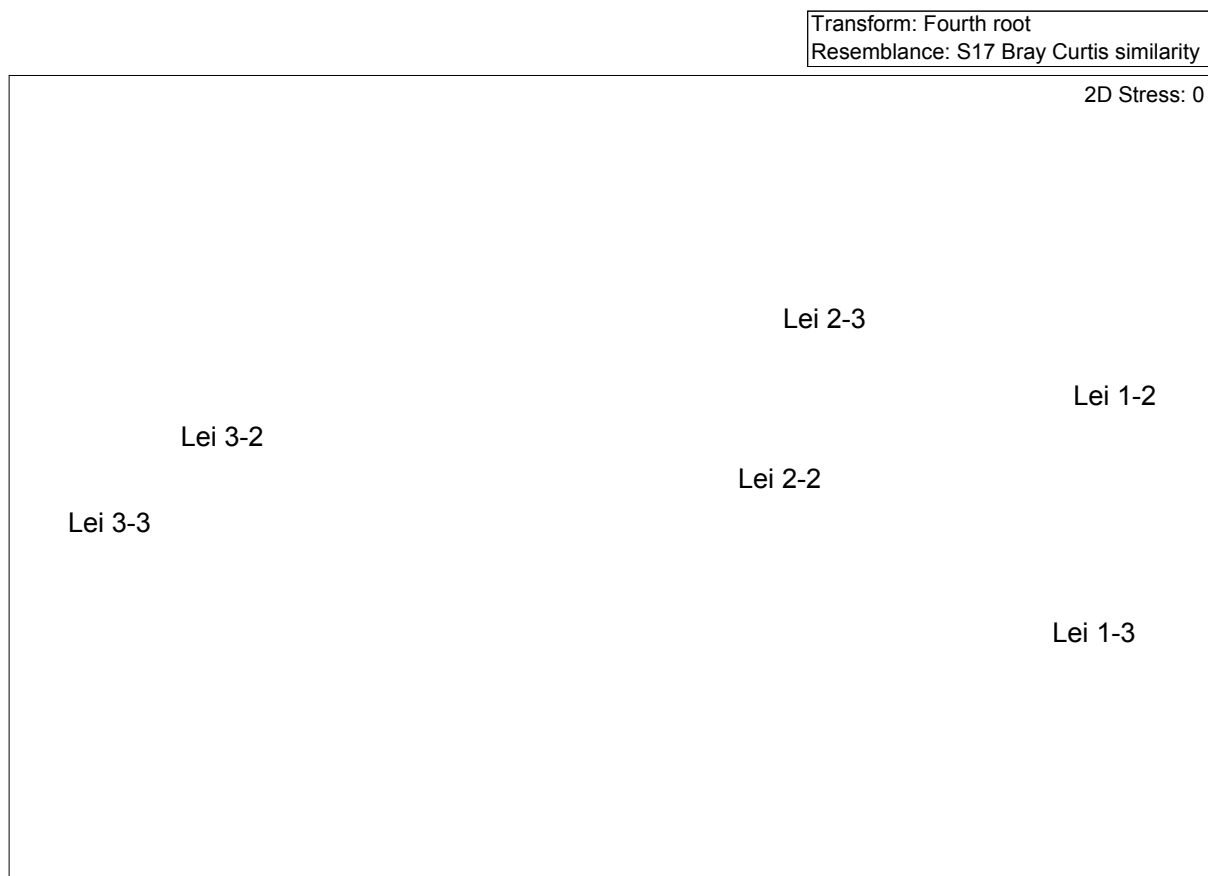
Tabell 3.2. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunntasjonene.

Lei 1	Antall	%	Kum. %	Lei 2	Antall	%	Kum. %
<i>Galathowenia oculata</i>	103	25,6	25,6	<i>Thyasira flexuosa</i>	199	26,1	26,1
<i>Thyasira flexuosa</i>	42	10,4	36,1	<i>Thyasira sarsii</i>	125	16,4	42,5
<i>Prionospio fallax</i>	28	7,0	43,0	<i>Diplocirrus glaucus</i>	66	8,7	51,2
<i>Amphiura filiformis</i>	16	4,0	47,0	<i>Amphiura chiajei</i>	39	5,1	56,3
<i>Edwardsia</i> sp.	15	3,7	50,7	<i>Brada villosa</i>	29	3,8	60,1
<i>Prionospio cirrifera</i>	14	3,5	54,2	<i>Galathowenia oculata</i>	27	3,5	63,6
<i>Trichobranchus roseus</i>	13	3,2	57,5	<i>Mya truncata</i>	22	2,9	66,5
<i>Kurtiella bidentata</i>	13	3,2	60,7	<i>Amphiura filiformis</i>	22	2,9	69,4
Amphipoda indet.	11	2,7	63,4	<i>Goniada maculata</i>	20	2,6	72,0
<i>Scoloplos armiger</i>	10	2,5	65,9	<i>Pholoe baltica</i>	17	2,2	74,3
				<i>Caudofoveata indet.</i>	17	2,2	76,5

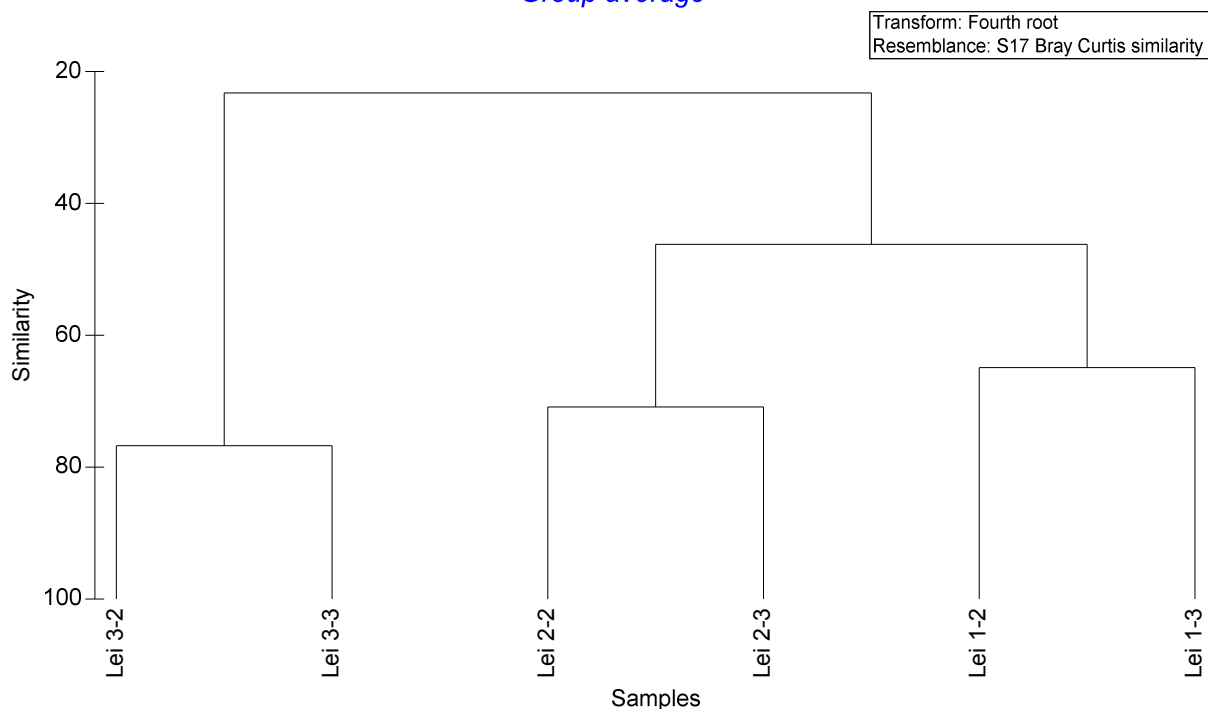
  

Lei 3	Antall	%	Kum. %
<i>Chaetozone</i> sp.	99	24,6	24,6
<i>Thyasira sarsii</i>	49	12,2	36,8
<i>Pectinaria koreni</i>	40	10,0	46,8
<i>Sabellides borealis</i>	36	9,0	55,7
<i>Maldane sarsi</i>	35	8,7	64,4
<i>Owenia borealis</i>	27	6,7	71,1
<i>Melinna cristata</i>	20	5,0	76,1
<i>Euchone</i> sp.	12	3,0	79,1
<i>Corbula gibba</i>	12	3,0	82,1
<i>Diastylis rathkei</i>	11	2,7	84,8





*Group average*



**Figur 3.3.** MDS- og cluster plot på huggnivå for stasjonene undersøkt i 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved Leikvangbukta i Bjugn. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført i juni 2011. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én ved utslipp fra anlegg, én i overgangssonen og én i dypet av fjorden.

Sedimentet bestod hovedsakelig av sand og silt, på alle stasjonene, med mindre innslag av leire. På fjernstasjonen, Lei 3, var det også noe grus.

På alle prøvestasjonene var verdiene for tungmetallene kobber og sink meget lavt, likeledes for fosfor. Kombinasjonen av glødetap og normalisert organisk karbon (TOC) viste lave, naturlige verdier av tilførsel av organisk materiale.

De kjemiske parametrene, pH og redokspotensiale, var normale, og fikk beste tilstand, 1. Sensoriske MOM B-data påviste noe brunfarge i sedimentet, men dette har sannsynligvis naturlig årsak, og ingen lukt eller gass kunne påvises fra sedimentet.

Det var god artsdiversitet på stasjonene Lei 1 og Lei 2, og de fikk beste tilstand. Lei 3, fjernsonen hadde noe lavere diversitet, men fremdeles god tilstand. De noe lavere biologiske diversitetsverdiene ved fjernstasjonen Lei 3 kan ikke føres tilbake til driften ved lokaliteten, og har mest sannsynlig naturlige årsaker.

Totalt sett var det ingen parametre, hverken bunndyrsfauna, kjemi, tungmetaller eller TOC som indikerte forurensning eller annen påvirkning ved noen av stasjonene fra driften ved lokaliteten.

## 5 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91. Niva Overvåkingsrapport 510/93. SFT TA 914/1993.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 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*.
- Skaar A. 2006. Miljøundersøkelse etter MOM-konseptet av Lokalitet Lindvik. Marine Harvest Rogaland A/S. BioConsult Rapport nr. 5207, 15.03.06.
- Vassenden G. og Heggøy E. 2008. MOM C-undersøkelse fra lokalitet Lindvik, Vindafjord kommune i 2008

## 6 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	21
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	29
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	30
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	34
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i> .....	35

**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.

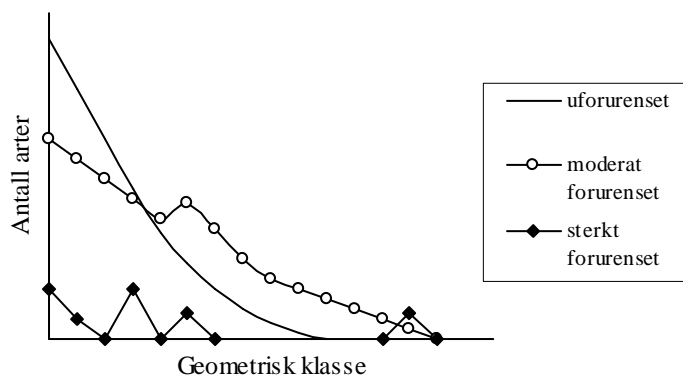
**Geometriske klasser**

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 toppe og nullverdier (Figur v1).

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

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



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

### Univariate metoder

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

### Diversitet.

**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 faunaekspertes. 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 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 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:

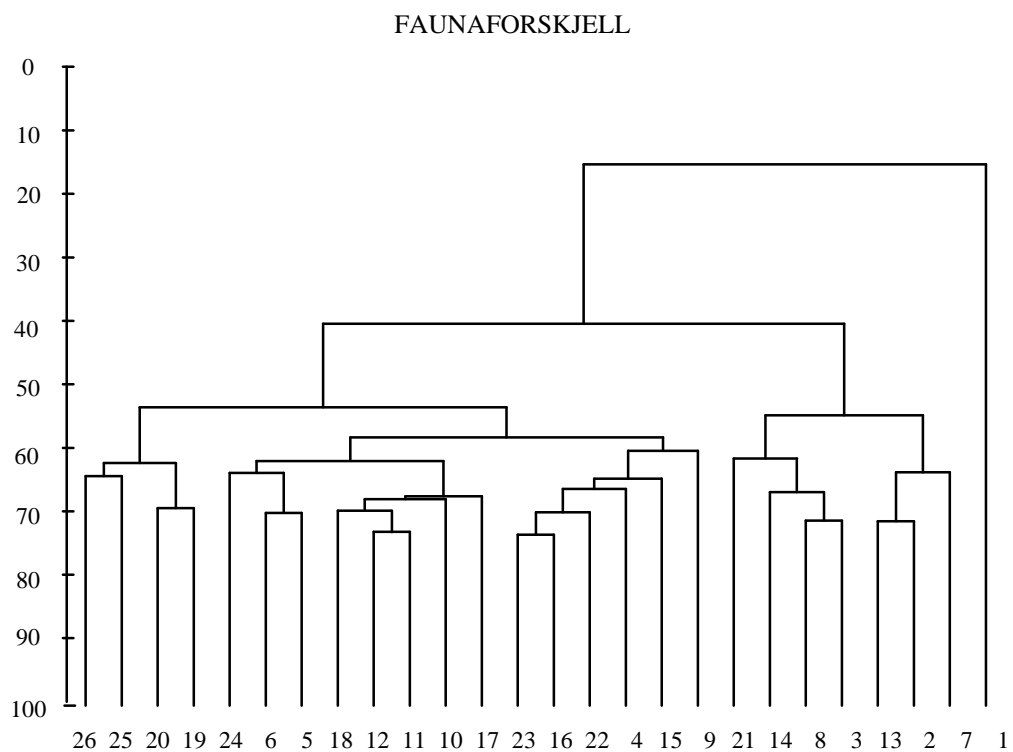
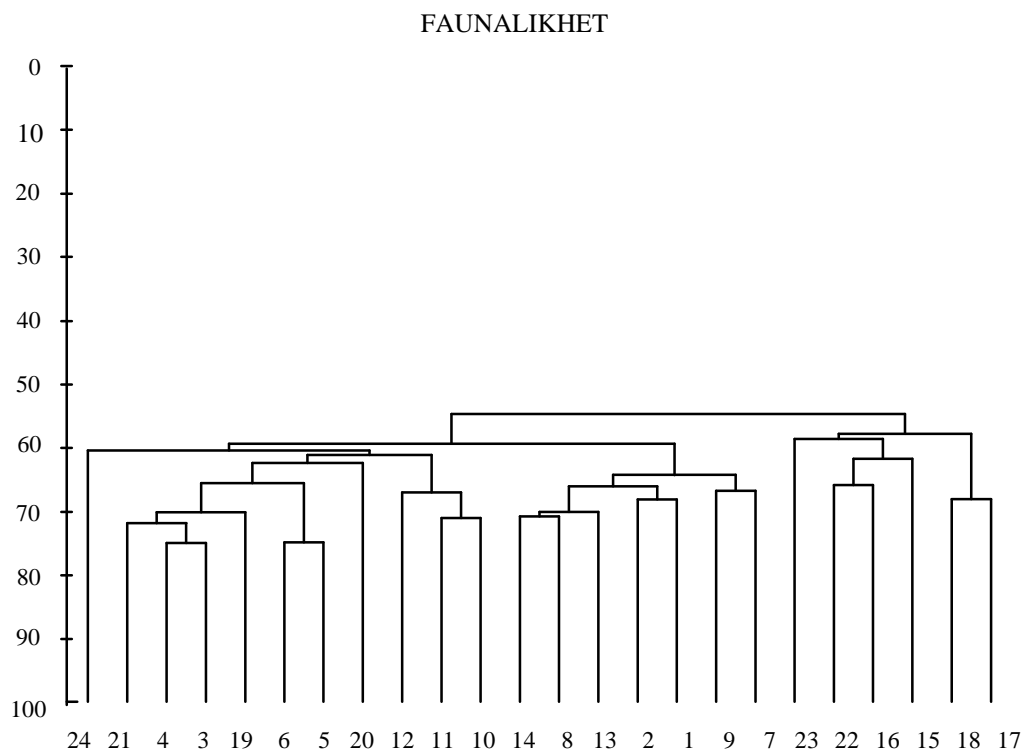
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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**

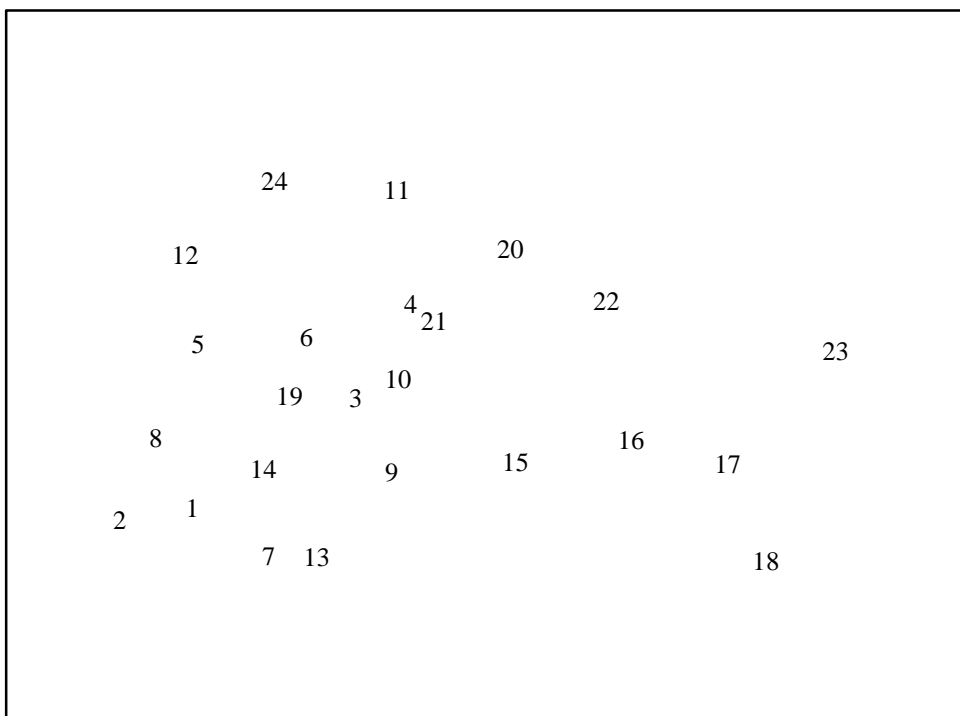
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

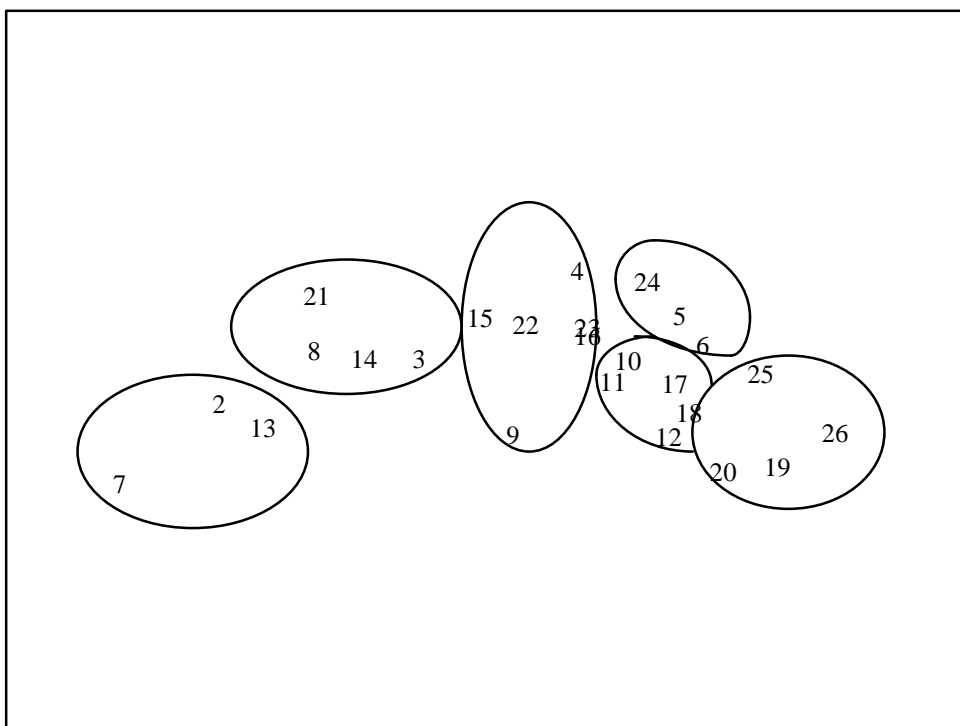


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

HAVBRUKSTJENESTEN AS																											
Firma: <i>ST Stamfisk</i>																											
Lokalitet: <i>Leikvangbukta</i>																											
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks																		
			Lei 1	Lei 2	Lei 3																						
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00																		
I	Tilstand (Gruppe I)		1																								
II	pH	Målt verdi	7,20	7,40	7,29																						
	Eh (mV)	Målt verdi	-135	-47	-130																						
		plus ref. potensial	96	184	101																						
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	1	0	0				0,33																		
	Tilstand (prøve)		1	1	1																						
	Tilstand (Gruppe II)		1																								
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0																						
	Farge	Lys/grå (0)																									
		Brun/sort (2)	1	1	1																						
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0																						
		Nøe (2)																									
		Sterk (4)																									
	Konsistens	Fast (0)																									
		Myk (2)	2	1																							
		Løs (4)			3																						
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)																									
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1																								
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)		2	2																						
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0																						
$2 \text{ cm} \leq t < 8$ cm (1)																											
$t \geq 8$ cm (2)																											
	Sum		4	4	6																						
	Korr. Sum (0,22)		0,88	0,88	1,32				1,03																		
	Tilstand (prøve)		1	1	2																						
	Tilstand (Gruppe III)		1																								
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,94	0,44	0,66				0,68																		
	Tilstand (prøve)		1	1	1																						
	Tilstand (Gruppe II & III)		1																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi</th> <th>Tilstand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;1,1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1,1 - &lt;2,1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2,1 - &lt;3,1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td><math>\geq 3,1</math></td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand	<1,1	1	1,1 - <2,1	2	2,1 - <3,1	3	$\geq 3,1$	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tilstand</th> </tr> <tr> <th>Gruppe 1</th> <th>Gruppe II og</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>1,2,3,4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,2,3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Tilstand		Gruppe 1	Gruppe II og	A	1,2,3,4	4	1,2,3	4	4	<table border="1"> <tr> <td><b>Tilstand</b></td> <td><b>1</b></td> </tr> </table>		<b>Tilstand</b>	<b>1</b>
Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand																										
<1,1	1																										
1,1 - <2,1	2																										
2,1 - <3,1	3																										
$\geq 3,1$	4																										
Tilstand																											
Gruppe 1	Gruppe II og																										
A	1,2,3,4																										
4	1,2,3																										
4	4																										
<b>Tilstand</b>	<b>1</b>																										

## Vedleggstabell 2. 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): Marine Harvest Norway AS**

**Prosjekt nr.: 805773**

**Prøvetakssteds (område): Bjugn kommune, Sør-Trøndelag**

**Dato for prøvetaking: 28.06.2011**

**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS**

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -**

**Artene er identifisert av: Per Johannessen 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.

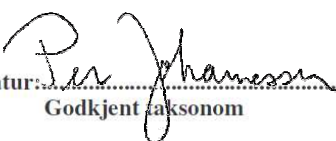
\* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

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

### Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av: 3 sider.

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

Signatur:   
Godkjent faksjonom

## SAM-Marin / Havbruktstjenesten

29.06.2011	Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dybde Hugg	Leikvangbukta					
		Lei 1 15 m		Lei 2 28 m		Lei 3 56 m	
		2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
	<b>PORIFERA</b>						
*	Porifera indet.					+	
	<b>CNIDARIA</b>						
	<b>Hydrozoa</b>						
*	Hydrozoa indet.		+	+			
	<b>Anthozoa</b>						
	Cerianthus lloydii	4	2				
	Edwardsia sp.	7	8	1	1		
	<b>NEMERTINI</b>						
*	Nemertini indet.	6	4	3	7		
	<b>NEMATODA</b>						
*	Nematoda indet.			7	1		
	<b>PRIAPULIDA</b>						
	Priapulus caudatus				1		
	<b>ANNELIDA</b>						
	<b>Polychaeta</b>						
	Polynoidae indet.		1				
	Pholoe baltica	1	2	11	6	1	
	Pholoe assimilis			1			
	Phyllodoce groenlandica			2	0/1	1/1	3/1
	Phyllodoce rosea					0/1	0/1
	Phyllodoce mucosa				1		
	Eumida ockelmanni			2			
	Eteone foliosa		1				
	Eteone longa	0/1		1	0/1	6	2
	Glycera alba	2/1	1	3	4/1		
	Goniada maculata	1/2	0/4	6/14		0/4	0/4
	Nereimyra punctata						1
	Syllidae indet.	2			1		
	Platynereis dumerilii	0/1		0/1			
	Nephtys hombergii	1		1			
	Nephtys hystericis						0/2
	Paramphinome jeffreysii			3			1
	Lumbrineridae indet.	2	1	2			
	Ophryotrocha sp.						2
	Scoloplos armiger	2/4	0/4				
	Levinsenia gracilis					2	1
	Laonice cf. bahusiensis	0/2	0/1				
	Polydora sp.	4	2			4	2
	Prionospio cirrifera	8	6	2	2		
	Prionospio fallax	21	7	5	1		
	Spiophanes kroeyeri	1		1/1			
	Scolecopsis korsuni	1					
	Spio sp.		1	2	3		
	Spiochaetopterus typicus					2	2
	Aphelochaeta sp.			3	3		
	Chaetozone sp.			1		59	40
	Cirratulus cirratus			3	2		
	Diplocirrus glaucus	2	2/3	2/40	0/24	1/1	
	Brada villosa			11/7	8/3		

## SAM-Marin / Havbruksstasjonen

29.06.2011	Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dybde Hugg	Leikvang+C13bukta					
		Lei 1 15 m		Lei 2 28 m		Lei 3 56 m	
		2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
	<i>Ophelina acuminata</i>	1			1	3	1
	<i>Scalibregma inflatum</i>			1/1	1		
	<i>Capitella capitata</i>			1			
	<i>Mediomastus fragilis</i>	1		7	4		
	<i>Notomastus latericeus</i>	1	3				
	<i>Maldane sarsi</i>			2	2/2	2	33
	<i>Galathowenia oculata</i>	36	67	12	15	1	3
	<i>Owenia borealis</i>		1			1	0/26
	<i>Pectinaria auricoma</i>			1			
	<i>Pectinaria koreni</i>					19/8	11/2
	<i>Ampharete falcata</i>	1	0/1				
	<i>Sabellides borealis</i>			0/1		26/1	8/1
	<i>Sosane sulcata</i>		0/2				
	<i>Melinna cristata</i>					0/10	0/10
	<i>Melinna elisabethae</i>	0/1					
	<i>Lanassa venusta</i>						3
	<i>Streblosoma bairdi</i>			1/1			
	<i>Polycirrus plumosus</i>		1				
	<i>Trichobranchus roseus</i>	5/3	1/4		0/3		
	<i>Terebellides stroemi</i>	2/2	1		0/2		
	<i>Euchone</i> sp.					4	8
	<i>Jasmineira</i> sp.	2					
	Sabellidae indet.	1	2	1	1		
	<i>Hydroides norvegica</i>	1					
	<b>SIPUNCULA</b>						
	Sipuncula indet.			1			
	<b>ARTHROPODA</b>						
	<b>CRUSTACEA</b>						
	<b>Amphipoda</b>						
*	Amphipoda indet.	3	8	2	2		
	<b>Cumacea</b>						
*	<i>Diastylis rathkei</i>			1/1		4/6	1
*	Cumacea indet.		1				
	<b>MOLLUSCA</b>						
	<b>Aplacophora</b>						
	<i>Caudofoveata</i> indet.	2	4	11	6		
	<b>Polyplacophora</b>						
	<i>Leptochiton asellus</i>	0/1					
	<b>Gastropoda</b>						
	<i>Turritella communis</i>		2				
	<i>Alvania punctura</i>				1		
	<i>Onoba semicostata</i>				2		
	<i>Diaphana minuta</i>				0/1		
	<i>Cylichnina umbilicata</i>			2	2		
	<i>Philina scabra</i>	4		1/1	1		
	<i>Cylichna cylindracea</i>			1			
	<b>Bivalvia</b>						
	<i>Nucula nucleus</i>			1			
	<i>Ennucula tenuis</i>			2	1/1		
	Mytilidae indet.			0/2	0/2	0/1	0/1



SAM-Marin / Havbruksstjenesten

29.06.2011	Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dybde Hugg	Leikvang+C67bukta					
		Lei 1 15 m		Lei 2 28 m		Lei 3 56 m	
		2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
	Thyasira equalis	1/1		2	2/1	0/1	0/4
	Thyasira flexuosa	13	21/8	90/25	78/6	1	
	Thyasira sarsii			55/8	59/3	31/2	11/5
	Tellimya ferruginosa	2	2/1	1	1		
	Kurtiella bidentata	2/5	4/2	6/2	2		
	Acanthocardia echinata	1					
	Parvicardium minimum	1			1		
	Parvicardium pinnulatum	1					
	Abra alba			1			
	Abra nitida	0/1	1	9	5/1	1	0/2
	Arctica islandica	1	1	1	1/1		
	Dosinia lupinus	1	2				
	Chamelea striatula		3/1				
	Mysia undata	1	1				
	Mya truncata			0/10	0/12		
	Corbula gibba		1/1	5/2	6/3	6/1	2/3
	Hiatella sp.	2					
	Thracia convexa	0/1	0/1				
	<b>Scaphopoda</b>						
	Antalis entalis			1	0/1		
	<b>PHORONIDA</b>						
	Phoronida indet.	2	+				
	<b>ECHINODERMATA</b>						
	Amphiura chiajei	1/2		9/6	10/14		
	Amphiura filiformis	6/1	7/2	13/2	4/3		
	Ophiura albida				0/2		1
	Echinocardium cordatum	2	3	1	2		
	Leptopentacta elongata		1				
	Leptosynapta inhaerens		1/1	0/1			
	Synaptidae indet.	1	5	1			
	<b>ENTEROPNEUSTA</b>						
	Enteropneusta indet.		1	1			
	<b>ASCIDIACEA</b>						
	Ascidacea indet.	2					
	* <b>VARIA</b>				+	+	

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Klasse	Lei 1	Lei 2	Lei 3
I	20	21	5
II	21	19	8
III	13	11	6
IV	6	4	4
V	2	8	2
VI	1	1	4
VII	1	2	1
VIII	0	1	0
IX	0	0	0
X	0	0	0

## Vedleggstabell 4. Analysebevis



**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-000241-01**



**EUNOBE-00000252**

Prøvemottak: 22.08.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 22.08.2011-20.09.2011  
Referanse: 611101, 805773  
ref.nr.23/2011

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 441-2011-0823-036	Prøvetaksdato: 22.08.2011
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: 1	Analysestartdato: 22.08.2011
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Total tørrstoff	74 % 15% NS 4764 0.02
a) Kobber (Cu)	9.5 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 0.05
a) Sink (Zn)	25 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 0.05
a) Fosfor (P)	570 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 1
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0 g/kg TS In acc. with NEN-EN 13137

Prøvenr.: 441-2011-0823-037	Prøvetaksdato: 22.08.2011
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: 2	Analysestartdato: 22.08.2011
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Total tørrstoff	59 % 15% NS 4764 0.02
a) Kobber (Cu)	21 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)	570 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 1

Prøvenr.: 441-2011-0823-038	Prøvetaksdato: 22.08.2011
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: 3	Analysestartdato: 22.08.2011
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Total tørrstoff	51 % 15% NS 4764 0.02
a) Kobber (Cu)	5.9 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 0.05
a) Sink (Zn)	26 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)	16.0 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

**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 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-000241-01



EUNOBE-00000252



**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

**Bergen 20.09.2011**

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

---

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 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 2 av 2