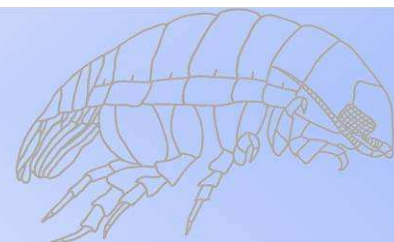


# SAM e-Rapport

Uni Research  
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr. 19-2011

*MOM C-undersøkelse ved Andholmen 1 og 2 i Smøla kommune,  
2011*

Rune Haugen  
Jon Hestetun  
Arild Kjerstad



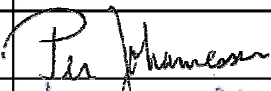

	<b>SAM-Marin</b>	 <small>Test 157</small>
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25	Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA	

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved Andholmen 1 og 2 i Smøla kommune, 2011	Dato: 16.01.2012 Antall sider og bilag: 38
Forfatter(e): Rune Haugen, Jon Hestetun, Arild Kjerstad	Prosjektleder: E. Heggøy Prosjektnummer: 805939

Oppdragsgiver: SalMar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------------	-----------------------

Abstract: A MOM C investigation was conducted in June 2011 at 3 sites near the aqua culture localities Andholmen 1 and 2. The monitoring included geological and chemical analyses of the bottom sediment as well as an analyses of the composition of benthic fauna. No chemical contamination from copper or zink was detected at any station. TOC-values, LOI-values and faunal composition indicating a high degree of disturbance, was measured from the station And 2. This can be traced back to natural organic decay of macroalgae at this station however. The faunal composition indicated good bottom conditions at the other two stations. No adverse environmental condition related to aquaculture were found in the investigation.

Keywords: MOM C, marine environmental monitoring, Aqua culture, Andholmen 1 & 2	Emneord: MOM C, marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Andholmen 1 og 2	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 19-2011
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	16.01.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	16.01.2012	

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:** Havbruktjenesten AS

**Litoralundersøkelse utført av:** -

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

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

**Rapportering utført av:** Haugen, Hestetun, Kjerstad

**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>19</b>
<b>5 LITTERATUR.....</b>	<b>21</b>
<b>6 VEDLEGG.....</b>	<b>22</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Andholmen 1 og 2, nordøst i Monsøysvaet, Smøla kommune, lokalitetsnummer 32277 og 32297. Innsamlingene ble gjennomført 5. juli 2011.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet til oppdrettslokalitetene Andholmen 1 og 2. Med resipient menes her et sjøområde som vil mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstands-beskrivelse 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), Vanddirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Uni Miljø, SAM-Marin på oppdrag fra SalMar Farming 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 bl.a. 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.

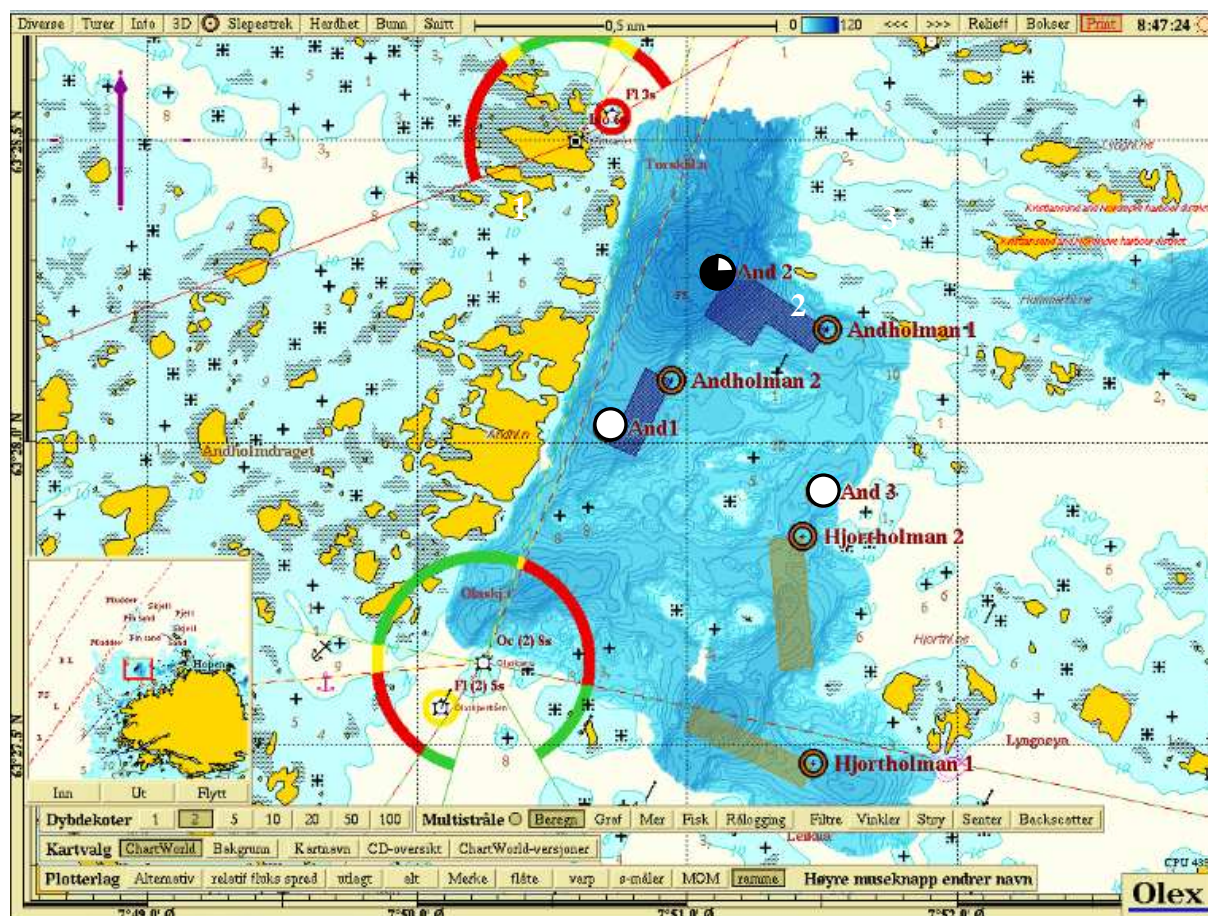
## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på nordsiden av Smøla, sørvest for Veidholmen, nærmere bestemt ytterst i Monsøysvaet, rett utenfor ligger åpent hav. (Figur 2.1). Svært kupert område som er typisk for skjærgården rundt Smøla. Prøvestasjonene er ikke lagt til klassiske nærsone, overgangssone og fjernsone pga det kupert området og at en har flere anlegg i området. Prøvestedene er avtalt med Fylkesmannens miljøvernavdeling i Møre og Romsdal.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbrukstjenestens egen båt "Blåstål" den 5. juli 2011 med Havbrukstjenestens eget toktpersonell Rune Haugen og Asgeir Østvik. Det ble tatt prøver fra tre stasjoner: And 1 som ligger ved lokaliteten Andholmen 2, And 2 som ligger i dyphullet ved lokaliteten Andholmen 1 og And 3 som ligger nord for lokaliteten Hjortholmen 2.



**Figur 2.1.** Oversiktskart med sjøområdene vest av Veidholmen, nordsiden av Smøla, og mer detaljert over lokalitetene Andholmen I og II og Hjortholman 1 og 2. Vurdering av miljøforholdene er vist som kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Andholmen 1 og 2, Smøla i juli 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1m<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
And 1 5/7-2011	Monsøysvaet 63° 28.023 N 07° 50.707 Ø	42	1	7,5	Kjemi, og geologi
			2	12	Biologi
			3	12	Biologi, pH og $E_h$ Alle huggene var tilnærmet like med i hovedsak skjellsand
And 2 5/7-2011	Monsøysvaet 63° 28.293 N 07° 51.085 Ø	62	1	15,5	Kjemi og geologi
			2	14	Biologi
			3	14	Biologi, pH og $E_h$ Alle huggene bestod av i hovedsak silt, med mye finkornet organisk materiale (tang/tare)
And 3 5/7-2011	Monsøysvaet 63° 27.915 N 07° 51.492 Ø	29	1	11	Kjemi og geologi
			2	14	Biologi, pH og $E_h$
			3	13	Biologi Alle huggene bestod av i hovedsak skjellsand.

### 2.2.1 Hydrografi

Det ble ikke utført hydrografiske målinger ved denne MOM C-undersøkelsen. Det ble gitt spesiell dispensasjon fra Fylkesmannen i Møre og Romsdal 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 strømførholdene 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 ett av huggene til analyse av kjemiske parametre. 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 ( $E_h$ ) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter.  $E_h$  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.

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 fortynnet 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 ved SAM-Marins lokaler i 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 Direktorsgruppa 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 Direktorsgruppa 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 nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM-standarden).

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

Det hadde ikke vært produksjon på anleggene Andholmen 1 og 2 ved undersøkelsestidspunktet. Anleggene ble tatt i bruk november 2011.

Hjortholmen 2 ble tatt i bruk for første gang i oktober 2010. Fisken ble flyttet til Andholmen 1 og 2 i november 2011. Fra utsett til prøvetakingstidspunktet for MOM C ble det benyttet 555 tonn fôr. Hjortholmen 1 har vært i bruk siden 1990-tallet. Siste generasjon ble satt ut i mai 2011. Fisken ble flyttet til Andholmen 1 og 2 i desember 2011. Fra utsett til prøvetakingstidspunktet for MOM C ble det benyttet 250 tonn fôr.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

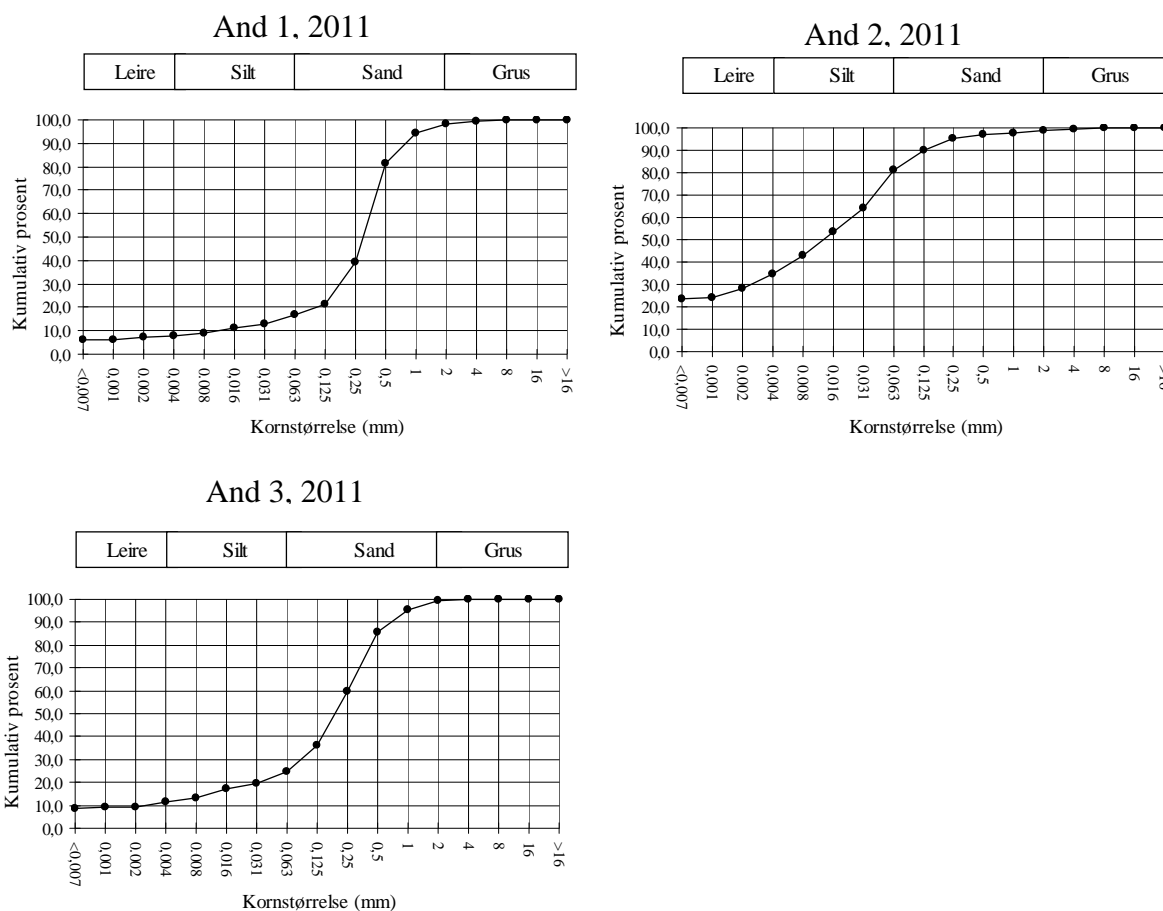
#### 3.1 Sediment

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 Andholmen 1 og 2 i 2011.

Stasjon	År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
And 1	2011	42	6,40	8	9	17	81	2
And 2	2011	62	25,30	34	47	81	17	1
And 3	2011	29	6,99	11	13	25	75	1

På stasjon And 1, og på stasjonen And 3 var sedimentet grovkornet. Fraksjonene bestod i hovedsak av sand, og utgjorde henholdsvis 81 og 75 %. Resterende sediment var i hovedsak finkornet materiale fordelt 50/50 på silt og leire. På And 2 var sedimentet mye mer finkornet og bestod halvparten av silt, 34 % av leire og 17 % sand. Alle stasjonene bestod av 1-2 % grus. Glødetapet var lavt på And 1 og And 3, og indikerer ikke tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer. På stasjonen And 2 var glødetapet høyt, 25,3 %, og indikerer høyt organisk innhold.



**Figur 3.1.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene And 1, And 2 og And 3. Merk det mer finkornede sedimentet på And 2 i forhold til And 1 og And 3.

## 3.2 Kjemi

### Sedimentanalyser

Innholdet av tungmetallene kobber og sink var meget lavt på alle tre stasjonene, og gir beste tilstandsklasse 1 (Tabell 3.2).

Normalisert mengde organisk karbon (TOC) indikerte høyt organisk innhold på stasjonene And 1 og And 3 (Tabell 3.2). En del av dette kan tilskrives omregningsformelen da sedimentet er forholdsvis grovt ved disse stasjonene (se Aure et al. 1993 for en mer detaljert gjennomgang av omregningsmetodikk: formelen normaliserer verdien av TOC opp mot prosentandel leire og silt). Noe kan også skyldes det kupert terrenget i området. Da det kun i liten skala har blitt drevet oppdrett på de mer avsideliggende lokalitetene på Hjortholmen, er det ikke grunn til å koble TOC-verdiene til oppdrettsvirkshomheten i området. Andel fosfor var lav.

Stasjon And 2 fikk dårligste tilstandsklasse V. Glødetapet ved stasjon And 2 var også høyt, noe som gjør at begge indikatorene for organisk belastning ved denne stasjonen bekrefter høyt organisk innhold. Andelen fosfor var moderat høy. TOC-verdiene er uventet høye, men under innsamling ble det observert mye svært finkornet organisk materiale på denne stasjonen. Synlig organisk materiale var tarerester. I området er det flere groper der det samler seg tarerester med til dels naturlig dårlige bunnforhold. Stasjon And 2 ligger i en slik grop, med mye naturlig organisk opphopning, noe som forklarer de høye verdiene på glødetap og TOC. Tang og tare har samlet seg opp i denne gropen over tid og ligger og brytes ned.

**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)	Sink (mg/kg) TK.	TOC (g/kg) TK.	Normalisert TOC (mg/g) TK.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)			
And 1	42	6,5	I	24	I	22	36,9	IV	0,41	48
And 2	62	22,0	I	66	I	87	90,4	V	1,10	24
And 3	29	8,5	I	20	I	22	35,5	IV	0,52	44

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

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 målinger (pH og  $E_h$ ) ga gode pH- og  $E_h$ -verdier for stasjonene And 1 og And 3, noe som ga tilstand 1, beste, for disse stasjonene (se Vedleggstabell 1). And 2 fikk tilstand 2, god. Dette skyldes i hovedsak en lav  $E_h$ , og bekrefter mye omkring naturlig organisk belastning på stasjonen.

### 3.3 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 juli 2011. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

På stasjonen And 1, på 42 m dyp, ble det funnet 564 individer fordelt på 65 arter. Det var flest individer av skjellet *Thyasira flexuosa* (122 stk., 21,6 %), på andreplass børstemark i slekten *Ampharete* (57 stk., 10,1 %) og på tredje plass børstemark i slekten *Aphelochaeta* (49 stk., 8,7 %).

Stasjonen får en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,63 og en jevnhet på 0,77, noe som gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god). AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”litt forstyrret”, og de sammensatte indeksene som beskriver både artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse I (meget god). MOM-standarden gir denne stasjonen tilstandsklasse 1 (meget god). Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn.

På stasjon And 2, på 62 m dyp, ble det funnet 427 individer fordelt på 18 arter. Faunaen var totalt dominert av fåbørstemark, *Oligochaeta* indet., med 387 individer (90,6 %). På andre plass skjullet *Thyasira sarsii* (7 stk., 1,6 %); på tredje plass børstemarken *Glycera alba* (6 stk., 1,4 %). Resultatene viser en svært skeiv artsfordeling med stor dominans av én gruppe og et lite antall arter. Dominans av fåbørstemark er i tillegg en biologisk indikator for organisk belastning.

Stasjonen får dermed en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 0,80 og en jevnhet på 0,19, noe som gir stasjonen en KLIF-tilstandsklasse V (meget dårlig). AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”svært forstyrret”, og de sammensatte indeksene som beskriver både artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir tilstandsklasse IV (dårlig) og V (meget dårlig). MOM-standarden gir denne stasjonen tilstandsklasse 3 (dårlig).

Forholdene ved denne stasjonen viser klar påvirkning fra tilførsel av organisk materiale. Ved nærstasjonen skal den mer rommelige MOM-standarden benyttes til bedømming av akseptabel grad av påvirkning, men også ut fra kriteriene i denne standarden regnes forholdene som dårlige ved stasjonen. Da det kun har vært drevet oppdrett i liten skala ved de mer avsidliggende anleggene på Hjortholmen er det ikke grunnlag til å koble forholdene ved stasjonen mot oppdrettsvirksomhet. Stasjonen ligger i en grop, og de dårlige forholdene ved stasjonen kan tilskrives naturlig opphopning av tang- og tarerester som samles opp og brytes ned her.

På stasjon And 3, på 29 m dyp, ble det funnet 936 individer fordelt på 78 arter. Arten med flest individer var børstemarken *Sabellides octocirrata* (149 stk., 15,9 %), på andre plass skjullet *Thyasira flexuosa* (74 stk., 15,1 %) og på tredje plass børstemark i slekten *Ampharete* (74 stk., 7,9 %).

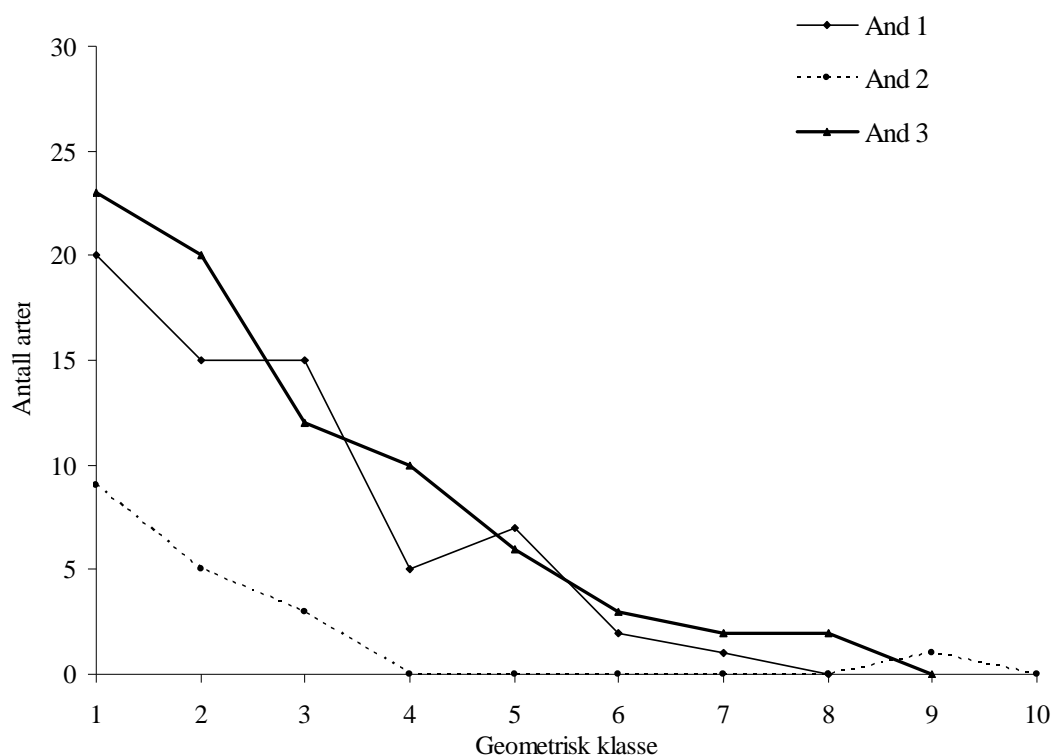
Stasjonen får en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,68 og en jevnhet på 0,74, noe som gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god). AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er "litt forstyrret", og de sammensatte indeksene som beskriver både artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse I (meget god). MOM-standarden gir denne stasjonen tilstandsklasse 1 (meget god). Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer tilnærmet normal, uforstyrret sjøbunn.

Ved stasjonene And 1 og And 3 ble det påvist svært gode forhold, med tilnærmet uforstyrret sjøbunn. Ved stasjon And 2 ble det imidlertid påvist dårlige forhold, og resultatene tyder på tilførsel av organisk materiale.

**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	Jevnhet	H'-				MOM	KLIF
					(H')	(J)	max	AMBI	NQI1	NQI2	TK	TK
And 1	2011	2	278	48	4,30	0,77	5,58					
		3	286	51	4,57	0,81	5,67					
		<b>Sum</b>	<b>564</b>	<b>65</b>	<b>4,63</b>	<b>0,77</b>	<b>6,02</b>	<b>2,45</b>	<b>0,74</b>	<b>0,71</b>	<b>1</b>	<b>I</b>
And 2	2011	2	281	11	0,67	0,19	3,46					
		3	146	11	0,84	0,24	3,46					
		<b>Sum</b>	<b>427</b>	<b>18</b>	<b>0,80</b>	<b>0,19</b>	<b>4,17</b>	<b>5,75</b>	<b>0,38</b>	<b>0,16</b>	<b>3</b>	<b>V</b>
And 3	2011	2	462	57	4,45	0,76	5,83					
		3	474	69	4,71	0,77	6,11					
		<b>Sum</b>	<b>936</b>	<b>78</b>	<b>4,68</b>	<b>0,74</b>	<b>6,29</b>	<b>1,99</b>	<b>0,78</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>I</b>





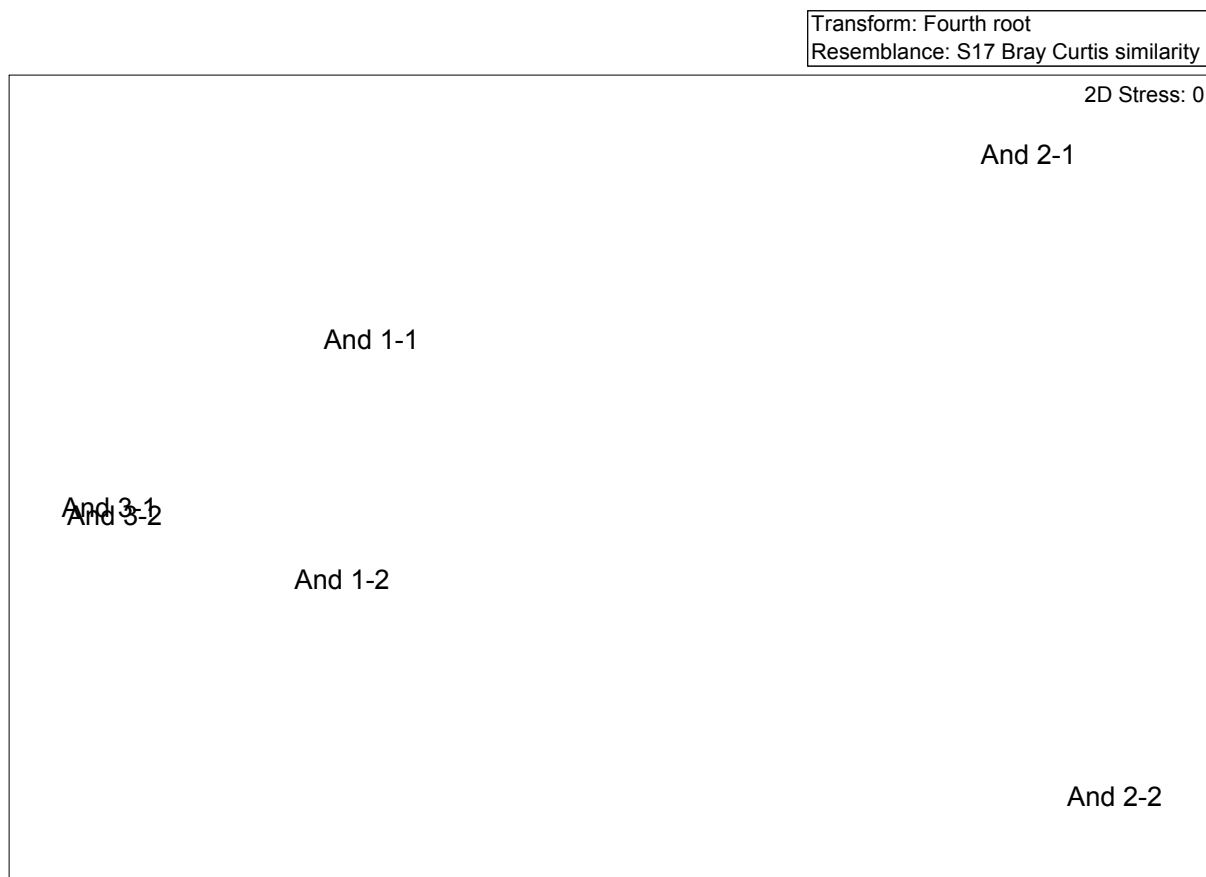
Figur 3.2. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.4. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av totalt antall individer for bunnstasjonene.

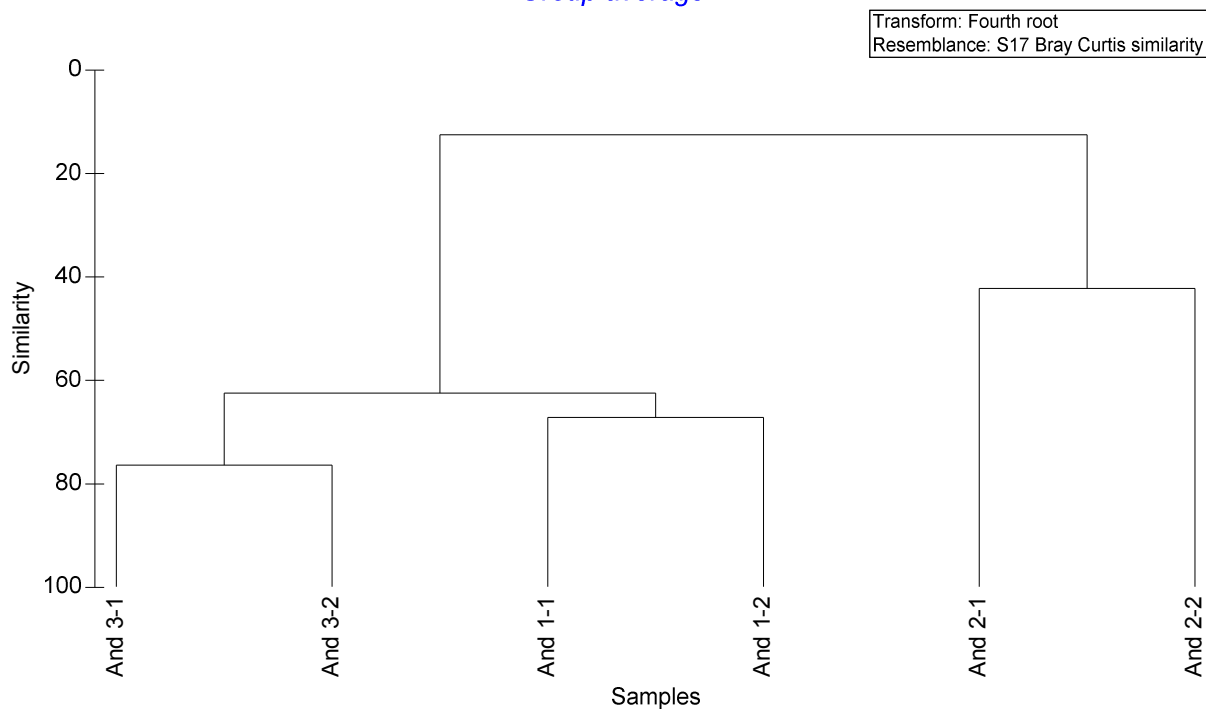
And 1	Antall	%	Kum. %	And 2	Antall	%	Kum. %
<i>Thyasira flexuosa</i>	122	21,6 %	21,6 %	<i>Oligochaeta</i> indet.	387	90,6 %	90,6 %
<i>Ampharete</i> spp.	57	10,1 %	31,7 %	<i>Thyasira sarsii</i>	7	1,6 %	92,3 %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	49	8,7 %	40,4 %	<i>Glycera alba</i>	6	1,4 %	93,7 %
Syllidae indet.	31	5,5 %	45,9 %	<i>Mediomastus fragilis</i>	4	0,9 %	94,6 %
<i>Paraonis</i> sp.	27	4,8 %	50,7 %	<i>Pholoe baltica</i>	3	0,7 %	95,3 %
<i>Sabellides octocirrata</i>	25	4,4 %	55,1 %	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	3	0,7 %	96,0 %
<i>Scoloplos armiger</i>	23	4,1 %	59,2 %	<i>Spio</i> sp.	3	0,7 %	96,7 %
<i>Cirratulus cirratus</i>	18	3,2 %	62,4 %	<i>Cirriformia tentaculata</i>	3	0,7 %	97,4 %
<i>Chaetozone</i> sp.	16	2,8 %	65,2 %	<i>Scoloplos armiger</i>	2	0,5 %	97,9 %
<i>Pholoe baltica</i>	16	2,8 %	68,1 %	<i>Phyllodoce mucosa</i>	1	0,2 %	98,1 %

And 3	Antall	%	Kum. %
<i>Sabellides octocirrata</i>	149	15,9 %	15,9 %
<i>Thyasira flexuosa</i>	141	15,1 %	31,0 %
<i>Ampharete</i> spp.	74	7,9 %	38,9 %
<i>Paraonis</i> sp.	64	6,8 %	45,7 %
<i>Chaetozone</i> sp.	54	5,8 %	51,5 %
<i>Rhodine gracilior</i>	49	5,2 %	56,7 %
Syllidae indet.	34	3,6 %	60,4 %
Amphipoda indet.	27	2,9 %	63,2 %
<i>Polycarpa fibrosa</i>	27	2,9 %	66,1 %
<i>Jasmineira</i> sp.	24	2,6 %	68,7 %



*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 oppdrettsanleggene Andholmen 1 og 2 i Smøla kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført i juli 2011. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner rundt anleggene. På grunn av bunntopografien og at det er flere anlegg er det ikke tatt ut prøver som kan kalles nærsone, overgangssone og fjernsone, men prøvene er tatt i de dypeste områdene ved anleggene.

Dybden varierte fra 29 til 62 m. Sedimentet bestod hovedsakelig av en blanding av silt og leire på And 2. Det var mye tarrerester i prøvene. På And 1 og And 3 var sedimentet mye mer grovkornet og bestod i hovedsak av sand. MOM B-parametrene påviste ingen lukt av H<sub>2</sub>S, mørkere farge eller andre sensoriske indikatorer på organisk forurensing ved stasjonene And 1 og And 3, og verdiene for pH og redokspotensial påviste beste tilstand ved disse to stasjonene. På And 2 var det meget løs konsistens, svak lukt og mørkere brunfarge. Typiske sensoriske indikatorer på organisk påvirkning. De kjemiske parametrene pH og redokspotensial ga også utslag, og ga stasjonen tilstand 2 for kjemi.

De kjemiske analysene viste lave verdier som ga beste tilstand for kobber og sink for alle stasjonene. Samme tendens vises for glødetapet og fosfor lav. For And 1 og And 3 var verdiene for glødetap og fosfor parametrene normalt lave, mens And 2 viste forhøyde verdien for fosfor og glødetap. TOC-verdiene ga tilstand IV (dårlig) for stasjon And 1 og And 3, noe som kan forklares delvis av måten normalisert TOC-verdier blir utregnet på, delvis av naturlig høye verdier i området. TOC-verdiene ved stasjon And 2 var svært høye (tilstand V, svært dårlig) noe som skyldes av at stasjonen ligger plassert i en grop med opphopning og nedbrytning av tare.

Diversiteten av bunnfauna var god til svært god og indikerer normal, uforstyrret fauna på prøvestasjonene And 1 og And 3. Prøvestasjon And 2 hadde lav diversitet og indikatorer for organisk påvirkning og fikk tilstand 3 etter MOM standarden og V etter KLIF. Også dette skyldes naturlig opphopning og nedbrytning av tang- og tarerester ved denne stasjonen.

Stasjonene And 1 og And 3 er svært like med hensyn til sedimentsammensetning og verdinivåer av andre målte parametre. Forholdene er jevnt over gode til svært gode på disse stasjonene.

Mellomstasjonen And 2 ligger på det dypeste punktet i området og bærer sterkt preg av organisk belastning fra opphopning og nedbryting av tang og tare. Sedimentet har typiske trekk som noe lukt, farge og meget løs konsistens. Redokspotensialet er lavt, TOC-nivåene er høye og artsammensetningen er totalt dominert av fåbørstemark, noe som indikerer organisk påvirkning. Høyt glødetap og relativt mye fosfor er andre indikatorer på organisk belastning. Den organiske belastningen skyldes ikke oppdrettsvirksomhet, men naturlig opphopning og nedbryting av tang og tare.

## 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*.

## **6 VEDLEGG**

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata .....</i>	<i>23</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere. ....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste .....</i>	<i>32</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>36</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>37</i>

**GENERELL VEDLEGGSDDEL****Analyse av bunndyrsdata****Generelt**

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

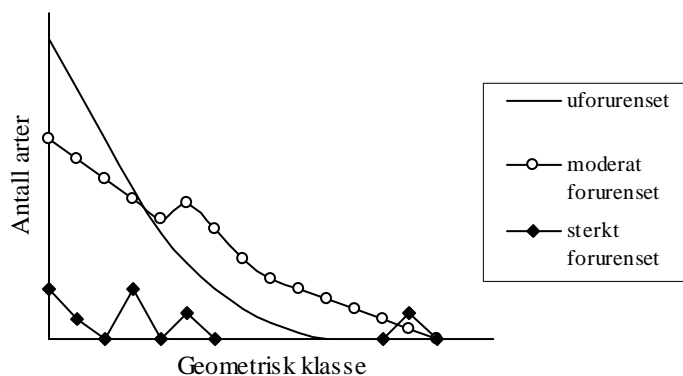
**Geometriske klasser**

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

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

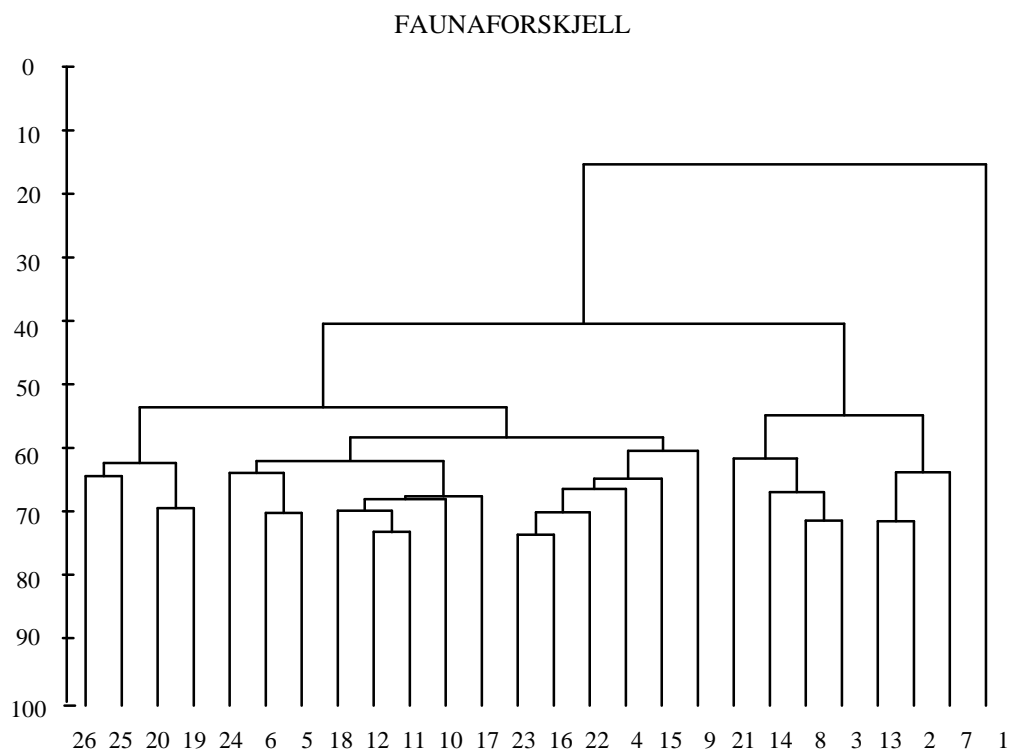
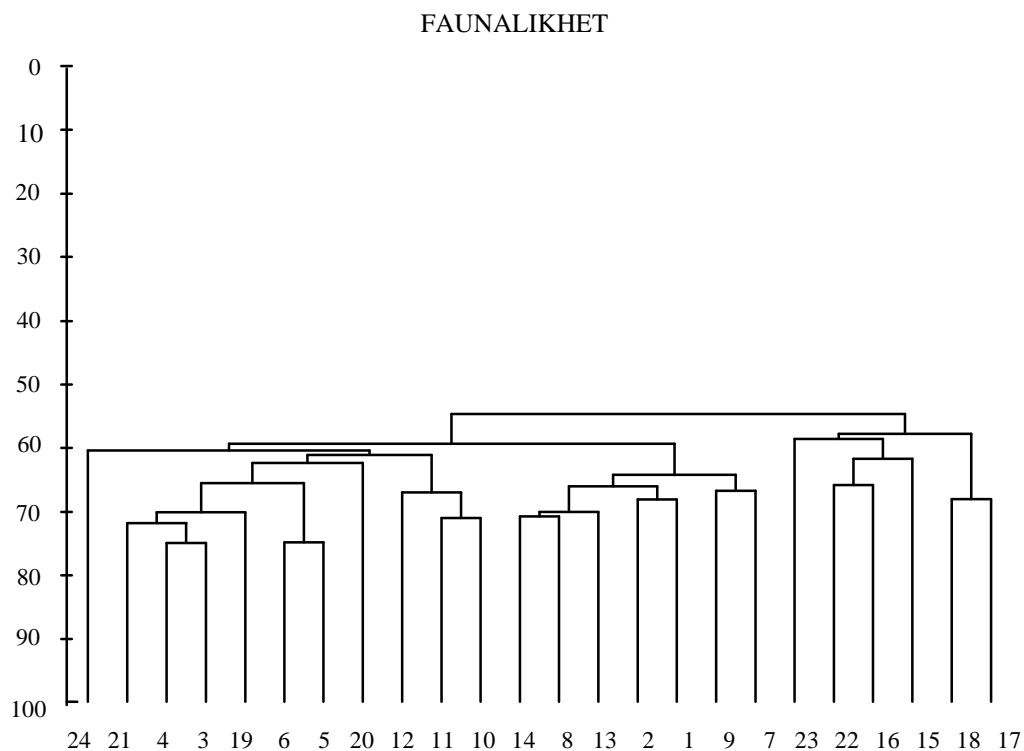
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

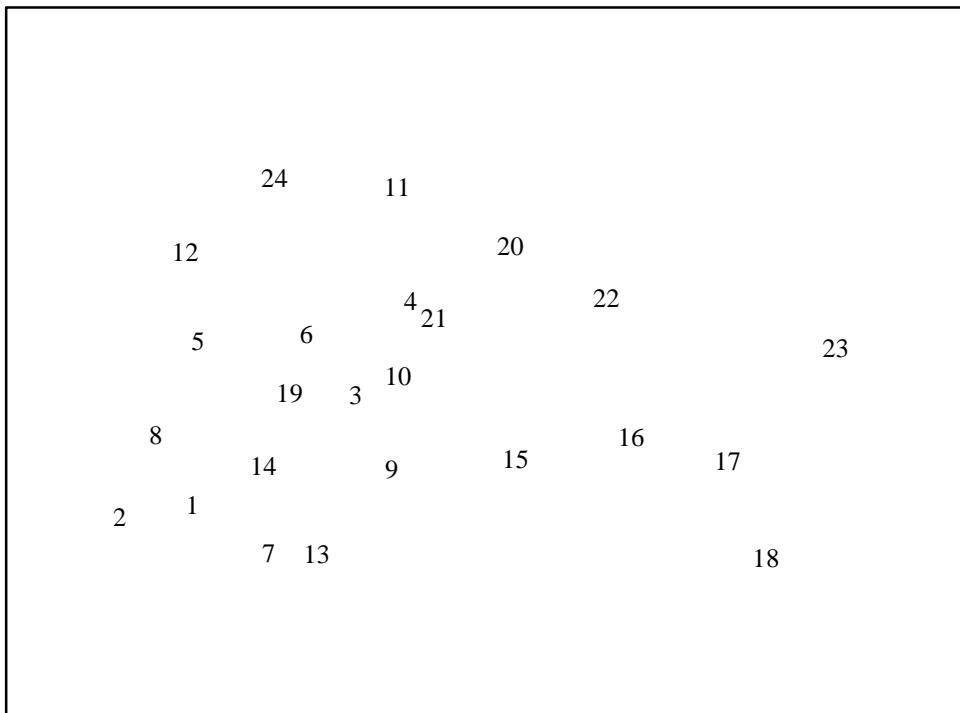
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

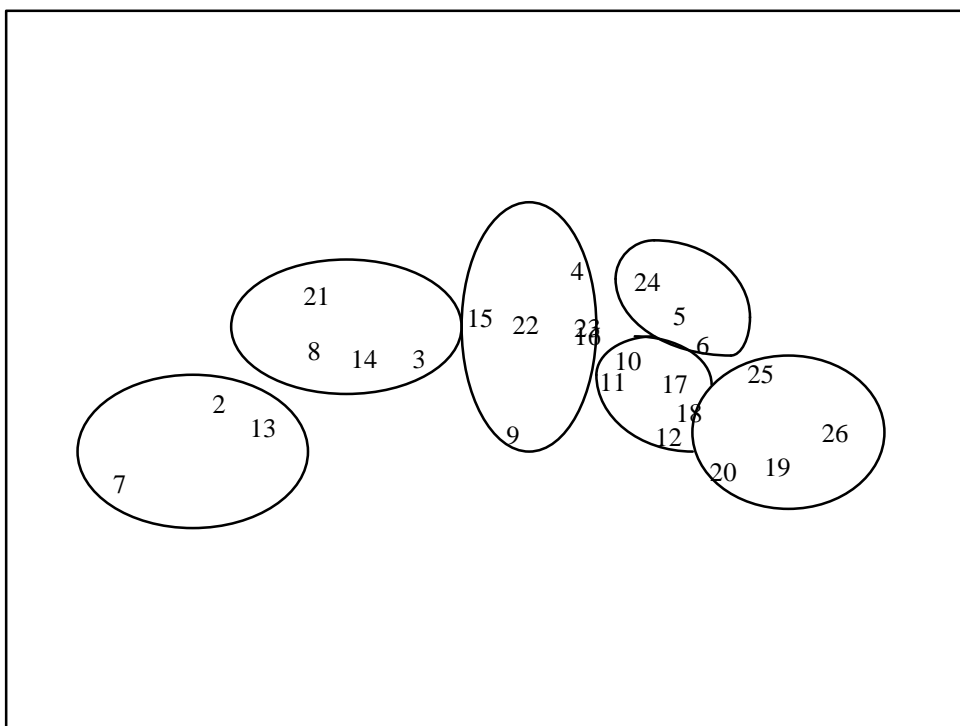


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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 T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 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>Salmar Farming</i>									
Lokalitet: <i>Andholmen I &amp; II</i>									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			And 1	And 2	And 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
II	pH	Målt verdi	7,54	7,35	7,45				
	Eh (mV)	Målt verdi	90	-245	32				
		plus ref. potensial	321	-14	263				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	2	0				0,67
		Tilstand (prøve)	1	2	1				
	Tilstand (Gruppe II)		1						
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0				
	Farge	Lys/grå (0)	0		0				
		Brun/sort (2)		1					
	Lukt	Ingen (0)	0		0				
		Noe (2)		1					
		Sterk (4)							
	Konsistens	Fast (0)							
		Myk (2)	1		2				
		Løs (4)		4					
	Gråbbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1		1				
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)		2					
	Tykkelse på slamlag	$t < 2\text{ cm}$ (0)	0	0	0				
$2\text{ cm} \leq t < 8\text{ cm}$ (1)									
$t \geq 8\text{ cm}$ (2)									
	Sum		2	8	3				
	Korr. Sum (0,22)		0,44	1,76	0,66			0,95	
	Tilstand (prøve)		1	2	1				
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,22	1,88	0,33				0,81
	Tilstand (prøve)		1	2	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
	pH/EhKorr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand	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): SalMar Farming AS**  
**Prosjekt nr.: 805939**  
**Prøvetakingssted (område): Andholmen 1 og 2**  
**Dato for prøvetaking: 05.07.2011**  
**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS**  
**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -**  
**Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Per Johannessen**

**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.

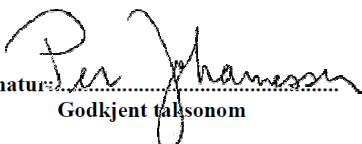
\* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

\* 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 talsonom



## SAM-Marin / Havbruktstjenesten

05.07.2011 1/3	Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dybde Hugg	Andholmen 1 og 2					
		And 1	And 1	And 2	And 2	And 3	And 3
		42 m	42 m	62 m	62 m	29 m	29 m
		2	3	2	3	2	3
<b>CNIDARIA</b>							
<b>Hydrozoa</b>							
Hydrozoa indet.		+	+				+
<b>Anthozoa</b>							
Cerianthus lloydii		0/1				1	1
Paraedwardsia cf. arenaria			1				
<b>NEMERTINI</b>							
* Nemertini indet.		2	4			3	1
<b>NEMATODA</b>							
* Nematoda indet.		ca. 20	ca. 30	ca. 20	ca. 30	13	8
<b>PRIAPULIDA</b>							
Priapulus caudatus							0/2
<b>ANNELIDA</b>							
<b>Polychaeta</b>							
Polynoidae indet.							1
Pholoe baltica		8/5	3	2/1		7/2	9/1
Phyllodoce groenlandica			2				0/1
Phyllodoce rosea						1	1
Phyllodoce mucosa					1	3	1
Sige fusigera							0/1
Eteone longa		4	7	2	3		1
Glycera alba		5	3/2	1/5		1/1	1/2
Goniada maculata			3			2	0/1
Syllidae indet.		17	14			23	11
Exogone sp.		1	7			1	1
Nephtys pente			1			1	
Paramphinome jeffreysii		1		1			
Lumbrineridae indet.							1
Protodorvillea kefersteini		1	1				
Scoloplos armiger		5/2	14/2		0/2	2/1	4/5
Aricidea catharinae						1	1
Paraonis sp.		14	13			32	32
Apistobranchnus tenuis			3			4	1
Malacoceros fuliginosus					2/1		
Polydora sp.			10			2	2
Prionospio cirrifera		2				1	2
Prionospio fallax		1	4			2	
Spiophanes kroeyeri						0/4	0/7
Spio sp.		2	2		3	5	13
Aphelochaeta sp.		17	32			5	10
Chaetozone sp.		4	12			20	34
Cirratulus cirratus		10/2	5/1	1		2	2
Cirriformia tentaculata				1	2		
Pherusa plumosa							0/1
Diplocirrus glaucus			1				0/2
Brada villosa							1/1
Ophelina acuminata		1	3			0/1	8
Scalibregma celticum						1	
Scalibregma inflatum		1	3/1			4/1	2/3
Capitella capitata					1		

## SAM-Marin / Havbruktstjenesten

05.07.2011 2/3	Lokalitetsnavn	Andholmen 1 og 2					
	Stasjonsnavn	And 1	And 1	And 2	And 2	And 3	And 3
	Dybde	42	42	62	62	29 m	29 m
	Hugg	2	3	2	3	2	3
	Mediomastus fragilis	4	3	3	1		2
	Notomastus latericeus	1	3			7/1	6
	Arenicola marina				1		
	Rhodine gracilior					38	11
	Maldanidae indet.	3	3				4
	Galathowenia fragilis	5	3			5	4
	Galathowenia oculata					1	3
	Owenia borealis	1				1/1	1
	Pectinaria auricoma	3	1			0/1	1
	Ampharete sp.			1			
	Ampharete spp.	35	22			33	41
	Sabellides octocirrata	23/1	1			72	77
	Sosane sulcata	2	4			5/2	1
	Anobothrus gracilis		1			1	
	Lysippides fragilis					1	
	Amphicteis gunneri	0/1	1			1/1	1
	Eupolymnia nesidensis	1	1			2/2	7
	Pista cristata		1			5/5	3/3
	Pista lornensis	2/2	1			1/2	1
	Polycirrus norvegicus		2			1	1
	Polycirrus plumosus		1			1	
	Lysilla loveni	2					
	Trichobranchus roseus	0/1				0/4	2/1
	Terebellides stroemi		1			0/1	2
	Euchone sp.					1	2
	Jasmineira sp.	1	10	1		12	12
	Sabellidae indet.	3	3			7	6
	Siboglinum fjordicum					++	++
	<b>Oligochaeta</b>						
	Oligochaeta indet.		1	257	130		
	<b>SIPUNCULA</b>						
	Phascolion strombus	1	2				
	<b>ARTHROPODA</b>						
	<b>Crustacea</b>						
*	Cylindroleberis mariae	1	3			1	
*	Calanus finmarchicus		1				
*	Inachus dorsettensis						0/1
*	Amphipoda indet.	5	2			16	11
*	Caprellidae indet.					1	
*	Diastylis cornuta						1
*	Pleurogonium inerme	1					
*	Natatolana borealis		1				
*	Gnathia sp.	1					2
	<b>Insecta</b>						
*	Chironomidae indet.	0/1					
	<b>MOLLUSCA</b>						
	<b>Gastropoda</b>						
	Turritella communis		2				
	Melanella polita						1
	Euspira pulchella	1					

SAM-Marin / Havbruktstjenesten

05.07.2011 3/3	Lokalitetsnavn	Andholmen 1 og 2					
	Stasjonsnavn	And 1	And 1	And 2	And 2	And 3	And 3
	Dybde	42	42	62	62	29 m	29 m
	Hugg	2	3	2	3	2	3
	Philine scabra						1
	Cylichna cylindracea	1					0/1
	Okenia leachii						1
	<b>Bivalvia</b>						
	Lucinoma borealis		3/2			2	1/1
	Thyasira flexuosa	51/12	59			60/20	47/14
	Thyasira sarsii	2	1	5/1	1		
	Tellimya ferruginosa	1					
	Kurtiella bidentata				1		
	Astarte montagui						1
	Phaxas pellucidus						1
	Macoma calcarea			1			
	Arctica islandica						1
	Corbula gibba	2/1	2/1			2	4/1
	Hiatella sp.						1
	Thracia convexa						0/1
	Thracia villosiuscula	1					
	Cochlodesma praetenuae					2	
	<b>BRYOZOA</b>						
	* Bryozoa skorpeformet	+	+				
	* Bryozoa grenet				+		
	<b>ECHINODERMATA</b>						
	Amphipholis squamata		0/1				1
	Amphiura filiformis	0/2					
	Ophiocten affinis					1	0/1
	Echinocardium flavescens	1					
	Labidoplax buskii					5	2
	<b>ENTEROPNEUSTA</b>						
	Enteropneusta indet.	2	1			1	1
	<b>CHAETOGNATHA</b>						
	<b>ASCIDIACEA</b>						
	Ascidiacea indet.	2					
	Polycarpa fibrosa					5	19/3
	* <b>VARIA</b>	+					

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Klasse	And 1	And 2	And 3
I	20	9	23
II	15	5	20
III	15	3	12
IV	5	0	10
V	7	0	6
VI	2	0	3
VII	1	0	2
VIII	0	0	2
IX		1	0
X		0	

## 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-000826-01**



**EUNOBE-00000935**

Prøvemottak: 07.10.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 10.10.2011-02.11.2011  
Referanse: 611101, 805939 ref. 53/11

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>441-2011-1010-157</b>	Prøvetakingsdato:	05.07.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Prøve 1, Andholman	Analysestartdato:	10.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	48	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	6.5	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	24	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)	22.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1010-158</b>	Prøvetakingsdato:	05.07.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Prøve 2, Andholman	Analysestartdato:	10.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	25	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	22	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	66	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	1100	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	87.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1010-159</b>	Prøvetakingsdato:	05.07.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Prøve 3, Andholman	Analysestartdato:	10.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	44	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	8.5	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	20	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	520	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

Teanforklaring:

\* (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



**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 02.11.2011

-----  
Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

---

**Teanforklaring:**

\* (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