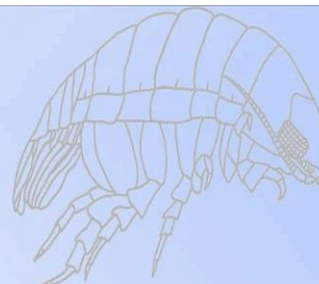


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Miljø



e-Rapport nr. 27-2012

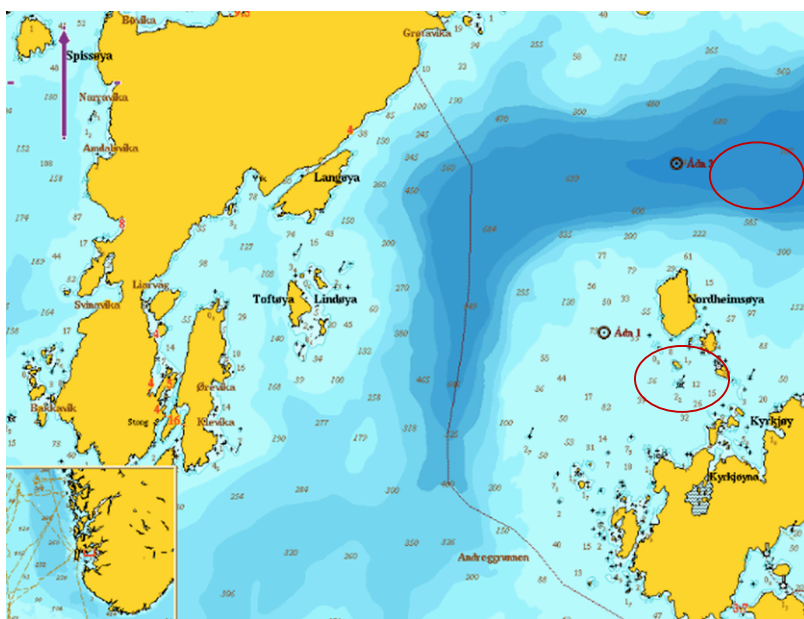
*MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Ådnaholmen
i Finnøy kommune oktober 2011*



Tone Vassdal

Per Johannessen

Erling Heggøy

Per-Otto Johansen



	SAM-Marin	 <small>Tatt 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 fra lokaliteten Ådnaholmen i Finnøy kommune oktober 2011	Dato: 6.6.2012 Antall sider og bilag: 39
Forfatter(e): Tone Vassdal, Per Johannessen, Erling Heggøy, Per-otto Johansen	Prosjektleder: Erling Heggøy Prosjektnummer: 805969

Oppdragsgiver: Grieg Seafood as	Tilgjengelighet: Åpen
---------------------------------	-----------------------

Abstract:	<p>Rapporten presenterer resultatene fra en undersøkelse for etablering av ny oppdrettslokalitet ved Ådnaholmen i Rogaland fylke som ble gjennomført i oktober 2011.</p> <p>Oksygenmålingene viste at det var gode oksygenforhold i hel vannsøylen. Det organiske innholdet i sedimentet var lavt. Det ble ikke registrert forurensing av kobber eller sink på noen av stasjonene.</p> <p>Faunaen viser gode forhold på de undersøkte stasjonene.</p>
------------------	---

Keywords: Hydrography Fish farm Nutrients Benthos	Emneord: hydrografi fiskeoppdrett Næringsalter benthos	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 27-2012
--	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	6.6.2012	<i>P-O Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	6.6.2012	<i>Erling Heggøy</i>

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: SAM-marin

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-marin

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

Rapportering utført av: SAM-marin

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-marin

LEVERANDØRER

Toktfartøy: -

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse as **akkrediteringsnummer**
test003

Akkreditert: sink, kobber, fosfor, tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER.....	6
2.1 Undersøkellesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr	10
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment.....	14
3.3 Kjemi	15
3.4 Bunndyr	16
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	20
5 LITTERATUR.....	21
6 VEDLEGG.....	22

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved planlagt oppdrettslokalitet Ådnaholmen, Grieg Seafood Rogaland AS i Finnøy kommune.

Innsamlingene ble gjennomført 5. oktober 2011. To stasjoner ble analysert for fauna, geologiske parametre og kjemi. I tillegg ble det målt saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold i vannsøylen og ned til bunnen.

Formålet med denne undersøkelsen var å studere miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten Ådnaholmen, før en eventuell oppstart av lokaliteten, samt undersøkelse av fjernsone i det dypeste området.

Undersøkelsen skal gi en tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

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

Undersøkelsen er utført av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-Marin) på oppdrag fra Grieg Seafood AS.

SAM-Marin er en seksjon ved Uni Miljø hos Uni Research AS. SAM-Marin 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.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Ådnaholmen ligger i Ryfylke nord for Stavanger og innerst i Boknafjorden. Det ble tatt prøver fra stasjonene Ådn 1 og Ådn 3. Ådn 1 er nærsonen og ligger ved Stjernarøyane på vestsiden av Nordheimsøya med rundt 70 meters dybde. Ådn 3 er plassert i fjernsonen og ligger i Nedstrandfjorden (maks dyp ca 710 m) som ender i Boknafjorden (maks dyp 590 m). Boknafjorden har terskeldyp på om lag 250 m ut mot havet.

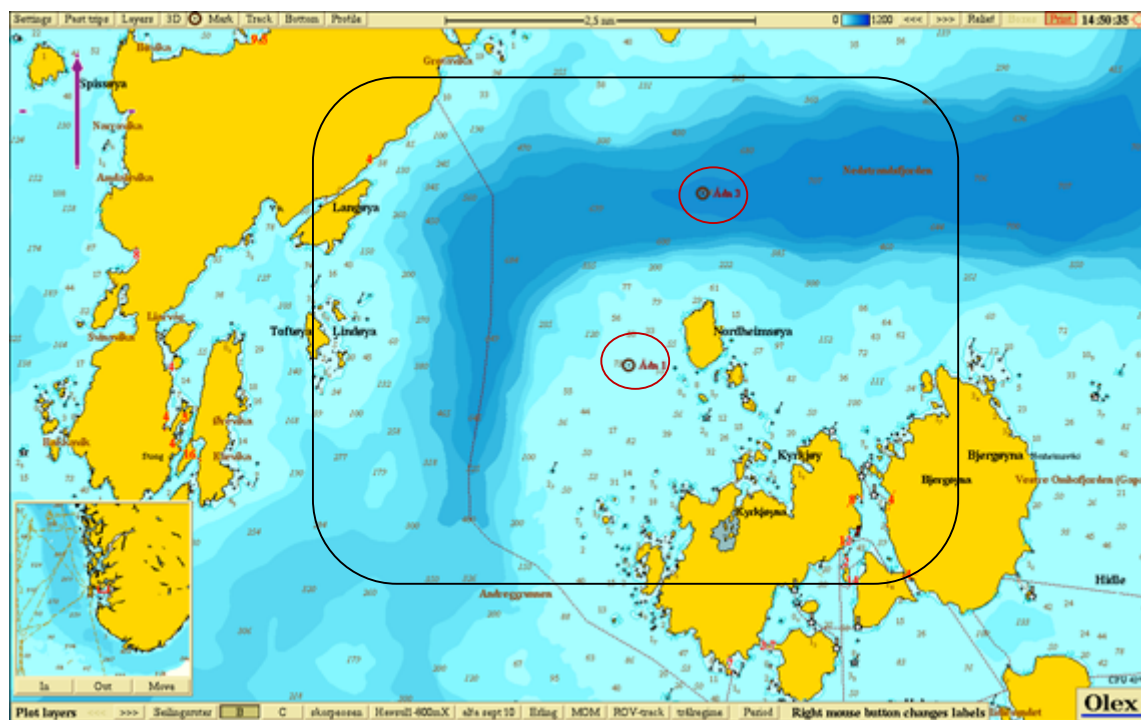
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 5.oktober 2011. Personell fra SAM-Marin var Tor Ensrud og Stian Kvalø. Det ble tatt to parallelle grabbprøver fra begge områdene, ved det planlagte anlegget (Ådn 1) og i det dype området i Nedstrandfjorden (Ådn 3).

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i det dypeste området (Ådn3).

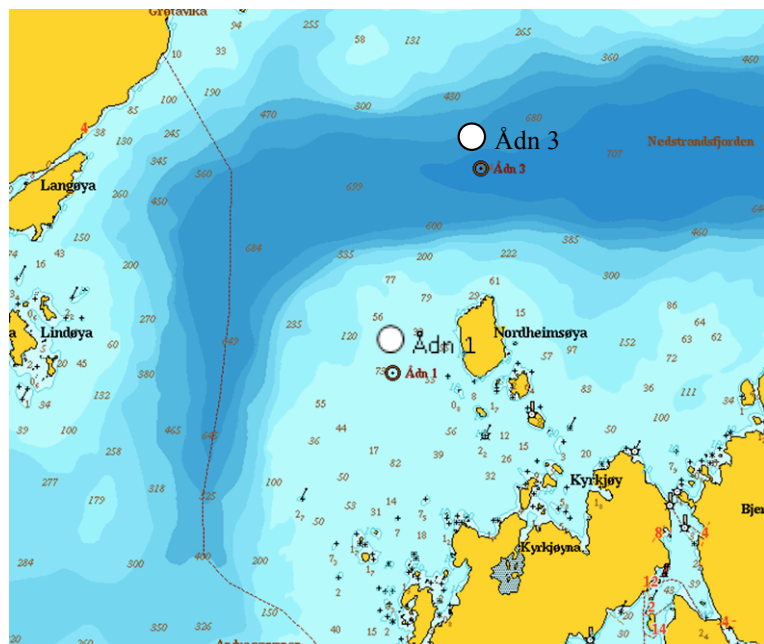
Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

Det ble benyttet en STD/CTD-sonde SD204 med oksygensensor til undersøkelse av saltholdighet, temperatur og oksygenkonsentrasjon. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet ved Nedstrandsfjorden i Finnøy Kommune. Firkant viser kartutsnittet for Figur 2.2. Kartkilde: Olex.

Avstander vises med målestokk øverst i bildet for lengde av 2,5 nautiske mil.



Figur 2.2. Utsnitt av området med stasjoner ved lokalitet, Ådn 1, og Ådn 2.

Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt.

Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Ådnaholmen i oktober 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb, duograbb. Full duograbb inneholder 21 L sediment i det største kammeret som brukes til biologi.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Ådn 1 5.10.2011	Ådnaholmen 59°16,838 N 05°46,768 E	69	1	14	Biologi, geologi, kjemi (duograbb) Biologi, geologi Eh: -164 pH: 7,6 Temp: 7,3 °C Lys grå sand
			2	14	
Ådn 3 5.10.2011	Ådnaholmen 59°18,224 N 05°47,940 E	682	1	21(full)	Biologi, geologi, kjemi (duograbb) Biologi, geologi Eh: -76 pH: 7,3 Temp: 7,3 °C Lys grå leire med brunt sediment på toppen
			2	21(full)	

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

På hver stasjon ble det tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og til analyse av kornfordeling. Fra det samme grabbhugget ble det også 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 strømmer 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.

Måleusikkerheten til glødetapet beregnes vha en rekke målinger av husstandarden og rapporteres som 95 % konfidensintervall. Ettersom husstandarden for kornfordeling ikke er klar, beregnes usikkerheten for denne analysen som den felles usikkerheten til utstyret som er brukt.

2.2.3 Kjemiske analyser

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

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

2.2.4 Bunndyr

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

I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil det være få eller ingen arter 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 m². 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. I dette tilfellet ble det benyttet en duograb på begge stasjonene. Dette er en grabb med to kammer, spesialkonstruert for å kunne ta biologiske og kjemiske/geologiske prøver fra samme hugg. Overflatearealet er det samme som en van Veen grabb (0,1 m²) og det vil derfor ikke påvirke resultatet. 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 tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepssdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene. Dyr som er utelatt fra analysene er markert med stjerne i artslisten.

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'), NQI1 og NQI2 beregnes for hver prøve, og som snitt for 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'), NQI1 og NQI2 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQI-verdiene et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det sedimentet. Når oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling og ofte er det bentiske samfunnet påvirket av økt organisk tilførsel. 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 Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Svært god (Bakgrunn)	II God	III Mindre god (moderat)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Diversitet/ Shannon- Wiener indeks (H')		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,2-0,38	<0,20
	Organisk karbon	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

Tabell 2.3 Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	- Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . - 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 ² . - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . - 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 ²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	- Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

På den undersøkte lokalitet Ådnaholmen har det ikke vært produksjon. Det er likevel gjort en vurdering av miljøtilstanden i den planlagte nærsonen / overgangssonen også i forhold til MOM standard for å kunne bruke resultatene til sammenligning ved en evt. undersøkelse senere.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Ådn 3 i oktober 2011. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene på stasjon Ådn 3, oktober 2011.

<u>Stasjon</u>	<u>Dyp</u>	<u>Temp.</u>	<u>Saltholdighet</u>	<u>Tetthet</u>	<u>Oksygen</u>	<u>Oksygen</u>	<u>Sikt</u>
<u>Ådn 3</u>	-	-	-	-	-	<u>metning</u>	-
<u>Dato</u>	<u>(m)</u>	<u>(°C)</u>	<u>(psu)</u>	<u>(st)</u>	<u>(ml/l)</u>	<u>(%)</u>	<u>(m)</u>
<u>05.10.2011</u>	<u>1</u>	<u>14.0</u>	<u>29.6</u>	<u>22.1</u>	<u>5.5</u>	<u>97.8</u>	<u>-*</u>
-	<u>50</u>	<u>13.9</u>	<u>33.0</u>	<u>24.9</u>	<u>4.6</u>	<u>83.4</u>	-
-	<u>100</u>	<u>9.6</u>	<u>34.3</u>	<u>26.9</u>	<u>4.6</u>	<u>76.2</u>	-
-	<u>150</u>	<u>7.2</u>	<u>35.0</u>	<u>28.0</u>	<u>4.8</u>	<u>76.6</u>	-
-	<u>200</u>	<u>6.9</u>	<u>35.0</u>	<u>28.4</u>	<u>4.8</u>	<u>75.9</u>	-
-	<u>250</u>	<u>6.8</u>	<u>35.1</u>	<u>28.6</u>	<u>4.8</u>	<u>75.0</u>	-
-	<u>300</u>	<u>6.8</u>	<u>35.1</u>	<u>28.9</u>	<u>4.7</u>	<u>74.1</u>	-
-	<u>350</u>	<u>6.7</u>	<u>35.1</u>	<u>29.1</u>	<u>4.7</u>	<u>73.9</u>	-
-	<u>400</u>	<u>6.7</u>	<u>35.1</u>	<u>29.4</u>	<u>4.6</u>	<u>73.0</u>	-
-	<u>450</u>	<u>6.7</u>	<u>35.1</u>	<u>29.6</u>	<u>4.6</u>	<u>71.8</u>	-
-	<u>500</u>	<u>6.6</u>	<u>35.1</u>	<u>29.8</u>	<u>4.6</u>	<u>71.4</u>	-
-	<u>550</u>	<u>6.5</u>	<u>35.1</u>	<u>30.1</u>	<u>4.4</u>	<u>69.5</u>	-
-	<u>650</u>	<u>6.5</u>	<u>35.1</u>	<u>30.5</u>	<u>4.4</u>	<u>69.0</u>	-
-	<u>680</u>	<u>6.5</u>	<u>35.1</u>	<u>30.7</u>	<u>4.4</u>	<u>68.7</u>	-

*

Siktedyp kunne ikke registreres fordi det var mørkt når målingene ble gjort

Temperaturen på Ådn 3 var 14 °C i overflaten 5.10- 2011. I de øverste 50 meter var temperaturen stabil på rundt 14 grader. Deretter var det en gradvis reduksjon av temperaturen til rundt 200 meter (6,9 °C). Fra 200 m og ned til 500m var det en jevn reduksjon til 6,6 °C. Fra 550 meters dyp og ned til bunnen(680m) var temperaturen stabil.

Saltholdigheten var på rundt 30 psu i overflaten og ned til 20 meters dyp. Deretter økte saltholdigheten til 35 psu på 150 m, og deretter stabil ned til bunnen (680m).

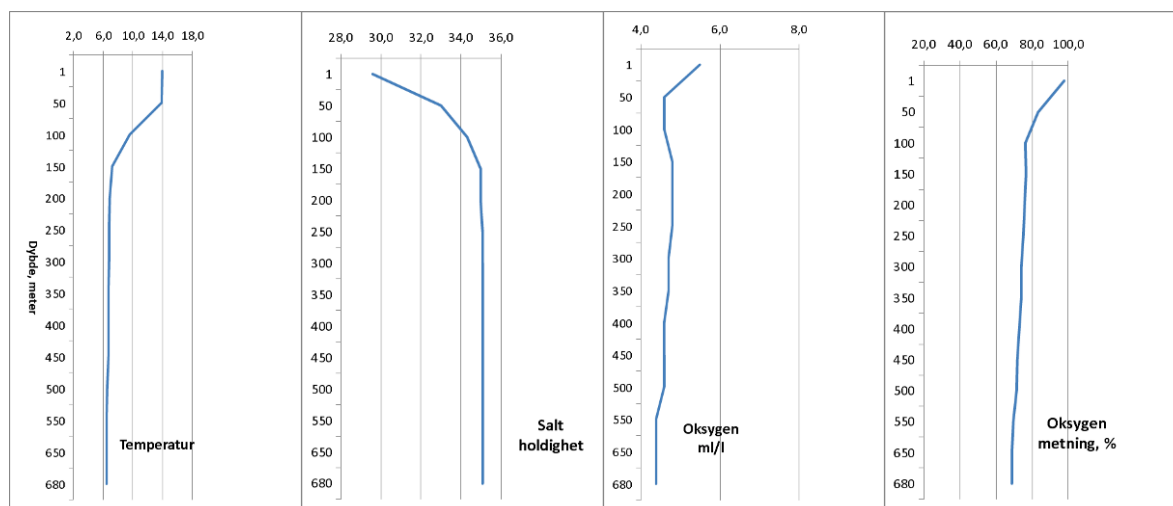
Oksygenivået sank fra en verdi på 5,5 ml/l de øverste 10 meter og ned til 4,4 ml/l fra 550 meter og ned til bunnen. På bunnen var oksygenkonsentrasjonen 4,4 ml/l.

En oksygenverdi på 4,4 ml/l plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse II (God).

Dersom vi ser på oksygenmetningen ligger denne på 68,7 %. Med en salinitet på 35 og temperatur på 6,5 grader vil disse verdiene likevel gi dypvannet tilstandsklasse I (Meget god).

Grenseverdi på oksygenmetning i KLIF's tilstandsklasse I, er over 65 % oksygenmetning, beregnet for en saltholdighet på 33 og temperatur på 6 °C.

Resultatene fra hydrografimålingene viste like vannmasser de øverste 20 meterne og også svært stabile vannmasser mht temperatur, saltholdighet, oksygen fra 550m til 680m dybde.



Figur 3.1. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygeninnhold (ml/l) og oksygeninnhold i %-metning, som et resultat av dybden på stasjon Ådn 3.

Målingene er foretatt med en CTD-sonde fra overflaten og til 680 meter dyp 5.oktober 2011.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2011 er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

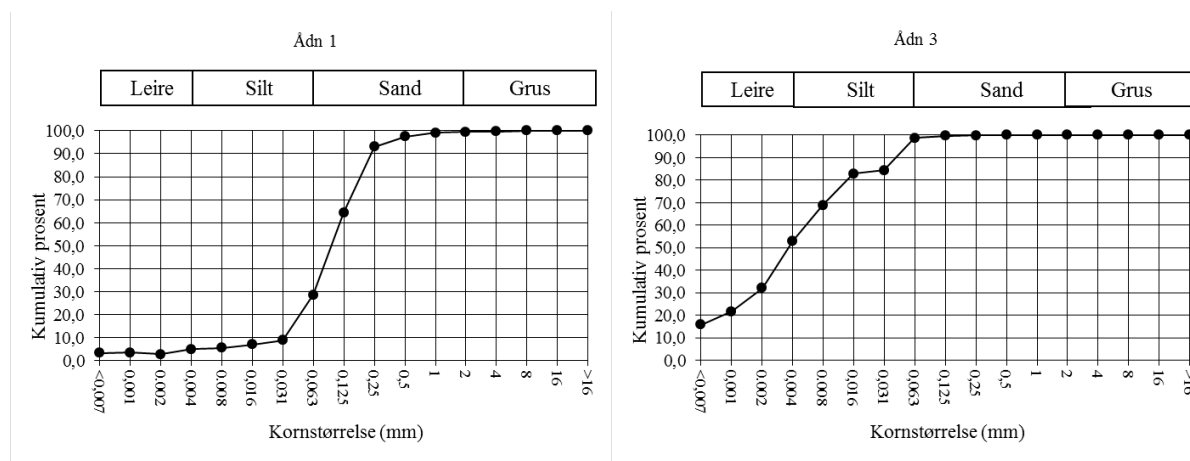
Tabell 3.2. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Ådn 1 og Ådn 3 i 2011. Måleusikkerheten for kornfordelingen er på 2,44 %, mens måleusikkerhet for glødetap er 0,5 %.

År	Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
2011	Ådn 1	69	3,42	5	24	29	71	0
2011	Ådn 3	687	13,18	53	46	99	1	0

Ådn 1 ligger på 69m dyp i nærsonen/overgangssonen til planlagt lokalitet Ådnaholmen.

Sedimentet her var relativt grovkornet med kun 5 % leire og 24 % silt. Innhold av sand var på 71 % på denne stasjonen.

Den dypeste stasjonen Ådn 3 representerer fjernsonen til Ådnaholmen og ligger på 687m. Her var sedimentet finkornet og bestod av leire (53 %), silt (46 %) og sand (1 %). Bunnen på denne stasjonen bestod av 99 % leire og silt, noe som er normalt for en så dyp stasjon. Glødetapet var lavt på stasjon Ådn 1, med kun 3 %. Stasjon Ådn 3 ligger på et dypt punkt og kan derfor fungere som en oppsamler for organisk materiale. Her fant vi et glødetap på 13 %, noe som viser normale verdier for denne type sediment.



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Ådn 1 og Ådn 3

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Analysene av kobber og sink i bunnsedimentet viste lave verdier og for begge tilsvarende KLIFs tilstandsklasse I, svært god. Forforverdiene viste også lave verdier.

Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder (Aure et al.) 1993). Det anbefales derfor at man vektlegger glødetapet sterkere enn TOC.

På de undersøkte stasjonene ble det funnet TOC verdier tilsvarende KLIFs tilstandsklasse I, Svært god på Ådn 1, og tilstandsklasse II, God på Ådn 3.

Tabell 3.3. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) på stasjonene innsamlet 5. oktober 2011. Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

År/Dato	Stasjon	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (mg/kg)	Tørrstoff (%)
5.10.2011	Ådn 1	69	5,2	I	39,0	I	5,8	18,6	I	770	69,0
5.10.2011	Ådn 3	687	20,0	I	120,0	I	20,0	20,2	II	820	37,0

I – Svært god	II - God	III – Moderat	IV – Dårlig	V – Svært dårlig
---------------	----------	---------------	-------------	------------------

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

Tabell 3.4. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de 2 undersøkte stasjonene i 2011. Den beregnede pH/ E_h verdien (poeng) går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
Ådn 1- 2011	7,6	112	0	1
Ådn 3-2011	7,3	200	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5 - 3.6 og Figur 3.3 - 3.4, samt i Vedleggstabell 2. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i oktober 2011. Mange av bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Stasjonen Ådn 1 ligger i nærsone /overgangssone til det planlagte anlegget, på 69 m dyp. Her ble det funnet 906 individer og 100 arter på 0,2m². Dette gir en diversitet (H') på 4,9. En diversitet over 4,0 klassifiserer til KLIFs tilstandsklasse I ("Svært god"). Ingen av de 100 artene er dominerende, og den mest tallrike arten utgjorde rundt 23 % av totalt antall individer. Til sammen utgjorde de 10 mest tallrike artene 63 % av antall individer i prøvene. Indeksene for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir også stasjonen tilstandsklasse "Svært god".

Stasjon Ådn 3 ligger nordøst for det planlagte anlegget og er i dypområdet med 682 meter. Her ble det funnet 342 individer og 45 arter på 0,2m². Dette er et noe lavere antall individer og arter enn på Ådn 1, men som forventet da stasjonen ligger på 682 meters dybde. Analysene gir en diversitet (H') på 4,25 som gir KLIFs tilstandsklasse I ("Svært god"). NQI1 og NQI2 som beskriver artsmangfold og ømfintlighet, gir også stasjonen tilstanden "Svært god". Stasjonen har en god fordeling av arter, hvor den mest individrike arten Børstemarken *Terebellides stroemi* var mest individrik på stasjonen og utgjorde 24 % av det totale antallet individer. Til sammen utgjorde de 10 mest tallrike artene 75 % av det totale individantallet på stasjonen.

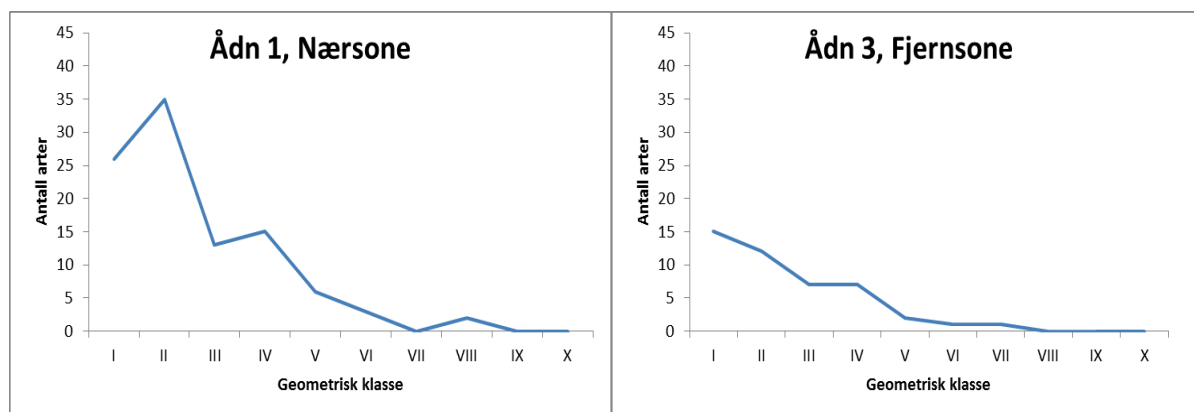
De multivariate analysene viste rundt 70 % likhet mellom de to parallelle grabbhuggene på begge stasjoner, men under 20 % likhet mellom de to stasjonene.

Resultatene fra bunndyrene viste at det var gode forhold, og en normal sammensatt bunnfauna i forhold til forventet på de to undersøkte stasjonene på det undersøkte tidspunktet.

Tabell 3.5. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon.

Stasjon	År	Hugg	Individer	Arter	Diversitet	Jevnhet	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
					(H')	(J)						
St Ådn 1	05.10.2011	1	540	88	4,89	0,76	6,46	2,39	0,78	0,74		
	05.10.2011	2	366	66	4,62	0,76	6,04	2,60	0,75	0,70		
		Sum	906	100	4,90	0,74	6,64	2,49	0,76	0,73	Meget god	Svært god
St Ådn 3	05.10.2011	1	208	39	4,10	0,78	5,29	1,63	0,78	0,73		
	05.10.2011	2	134	28	4,11	0,85	4,81	1,06	0,80	0,77		
		Sum	342	45	4,25	0,77	5,49	1,35	0,80	0,76	Meget god	Svært god

I – Svært god II - God III – Moderat IV – Dårlig V – Svært dårlig

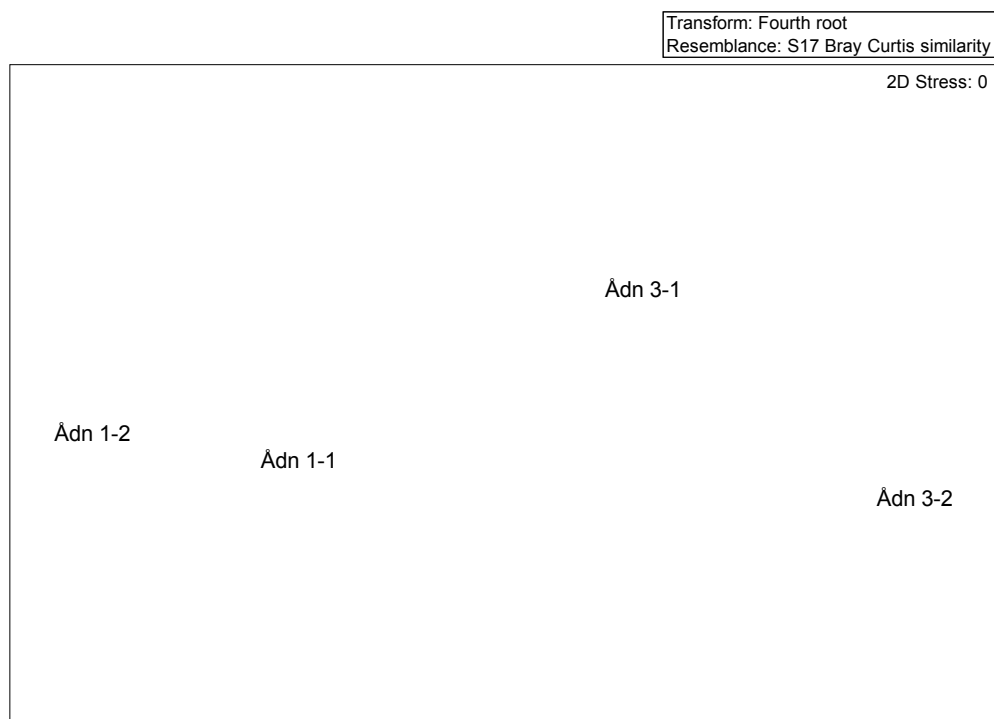
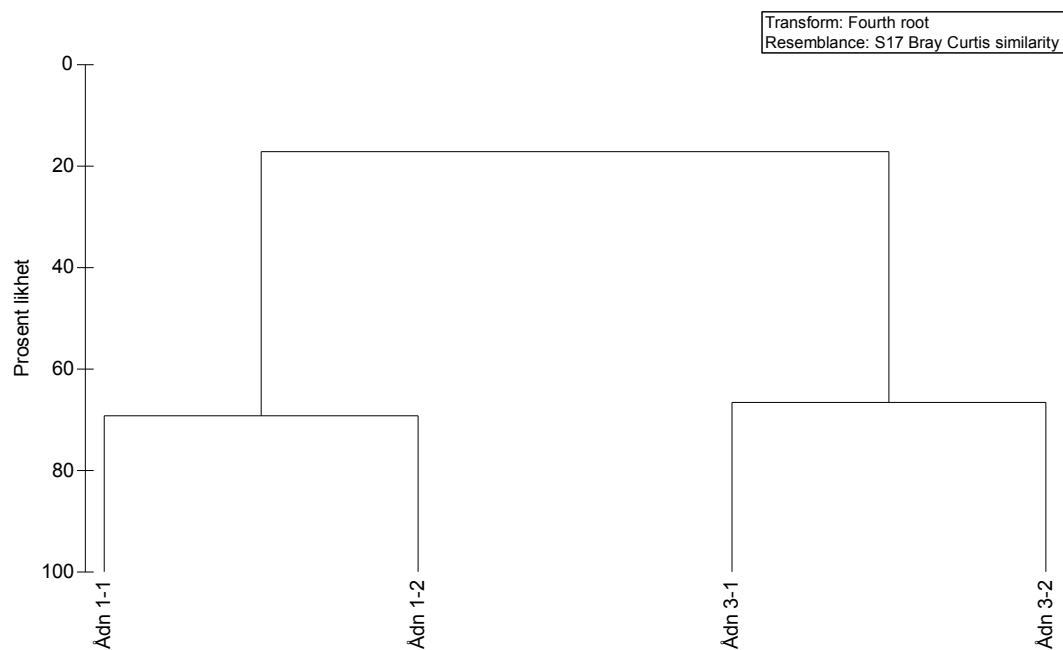


Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra stasjon i nærsonne og fjernsone ved Ådnaholmen

Tabell 3.6. De ti mest tallrike artene i oktober 2011. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Ådn 1	Ant. Ind.	%	Kum %	Ådn 3	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Spiophanes kroyeri</i>	205	23	23	<i>Terebellides stroemi</i>	81	24	24
<i>Polydora spp.</i>	138	15	38	<i>Nephasoma cf. minutum</i>	40	12	35
<i>Eclysippe vanelli</i>	46	5	43	<i>Heteromastus filiformis</i>	30	9	44
<i>Lumbrineridae indet.</i>	36	4	47	<i>Nucula tumidula</i>	21	6	50
<i>Prionospio cirrifera</i>	34	4	51	<i>Kelliella abyssicola</i>	15	4	55
<i>Maldanidae indet.</i>	24	3	53	<i>Lumbrineridae indet.</i>	14	4	59
<i>Amythasides macroglossus</i>	24	3	56	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	14	4	63
<i>Prionospio fallax</i>	21	2	58	<i>Amphilepis norvegica</i>	14	4	67
<i>Ophiocten affinis</i>	20	2	60	<i>Caudofoveata indet.</i>	13	4	71
<i>Exogone sp.</i>	19	2	63	<i>Thyasira equalis</i>	13	4	75

SAM-Marin



Figur 3.4. MDS- og cluster plot på stasjonsnivå for stasjonene undersøkt i 2011. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved Ådnaholmen i Rogaland i Finnøy kommune.

Bakgrunnen for oppdraget var ønske om etablering av en ny lokalitet ved Ådnaholmen og det ble derfor utført en MOM – C undersøkelse i området. Rapporten beskriver miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser 5.oktober 2011.

Det ble samlet inn prøver fra to stasjoner. Stasjonene representerer nær-/ overgangs- og fjernsonen til Ådnaholmen. Undersøkelsen viser miljøforholdene for lokaliteten evt. tas i bruk, og vil være en referanse for senere undersøkelser.

Oksygenmålingene viste at det var gode oksygenforhold i hele vannsøylen på begge stasjoner og helt ned mot bunnen i det dypeste området.

Glødetapet var relativt lavt på begge stasjonene og normale verdier i forhold til sediment typen og dybden. Nivået av organisk karbon (TOC) og fosfor indikerte også gode miljøforhold, men den dypeste stasjonen fikk tilstandsklasse II «God» på TOC -verdi.

Det ble ikke registrert forurensing av kobber eller sink på noen av stasjonene.

Faunaen viser gode forhold på de undersøkte stasjonene.

5 LITTERATUR

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 parametre.....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>37</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>38</i>

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 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

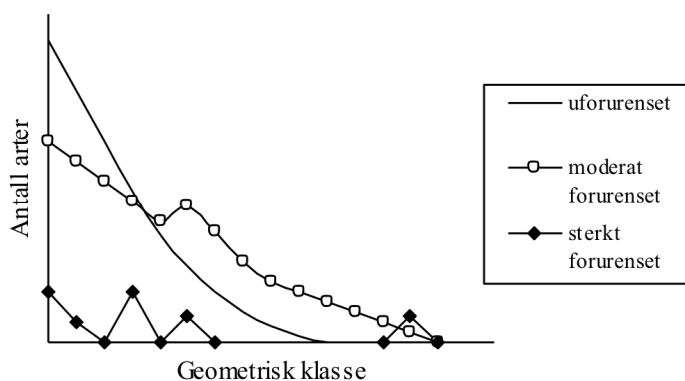
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

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

Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

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

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

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formlene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

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

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

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

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre

den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

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

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

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

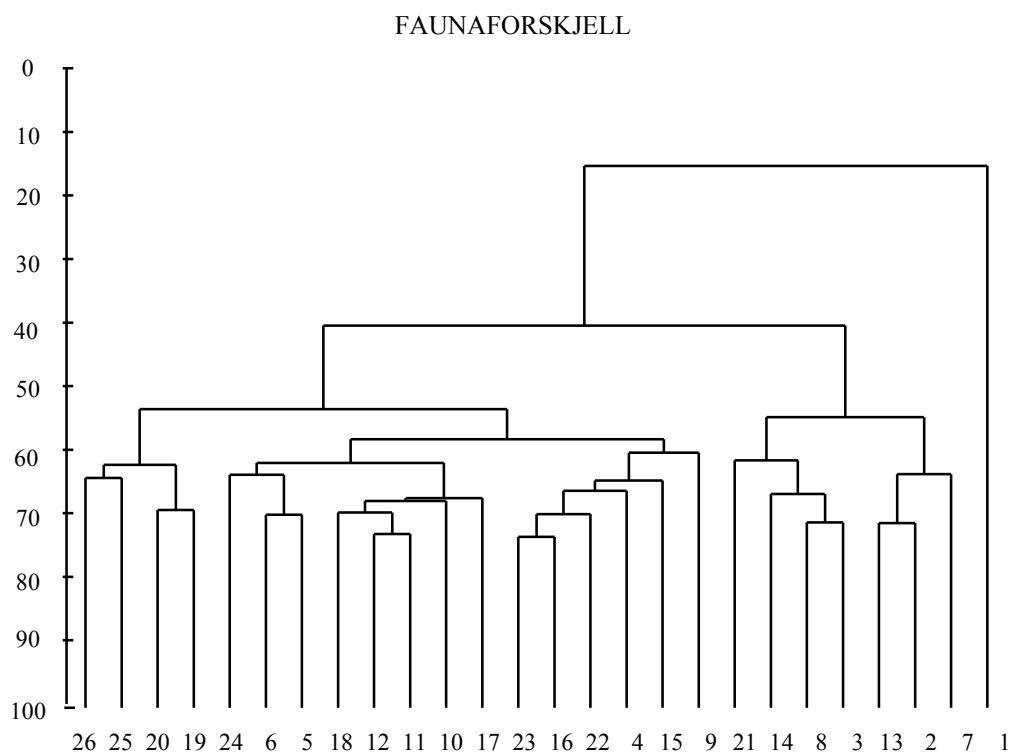
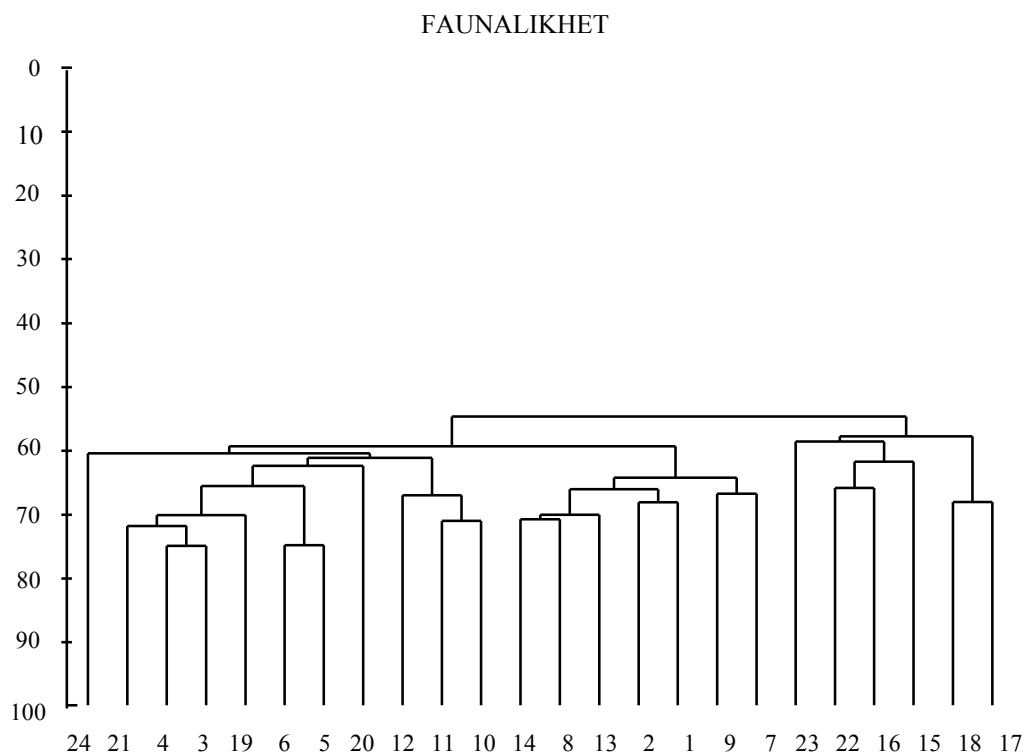
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

Dataprogrammer

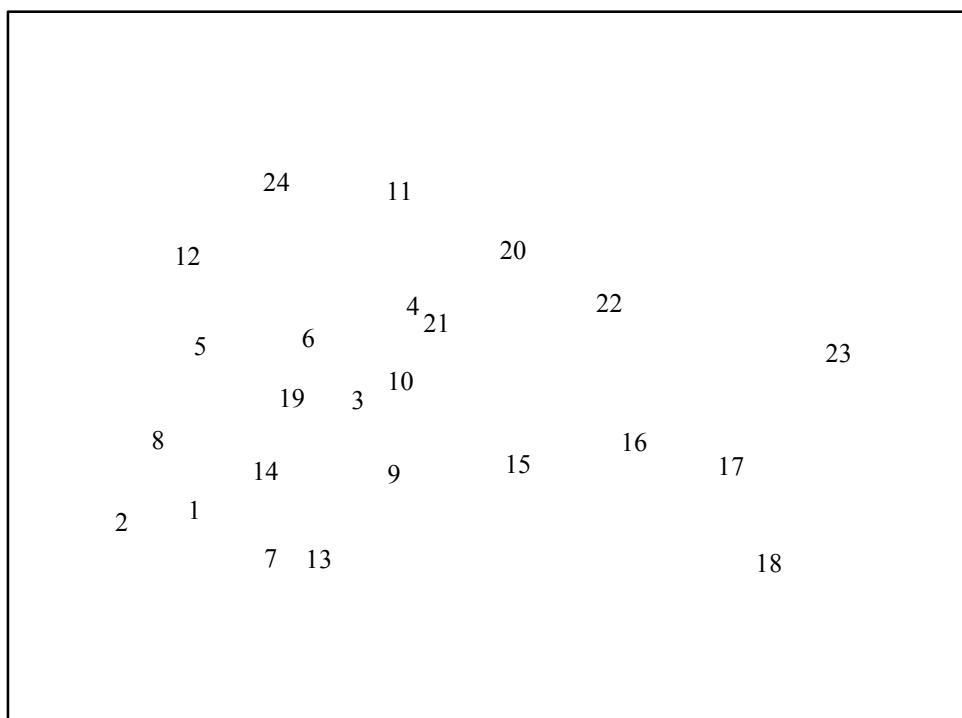
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

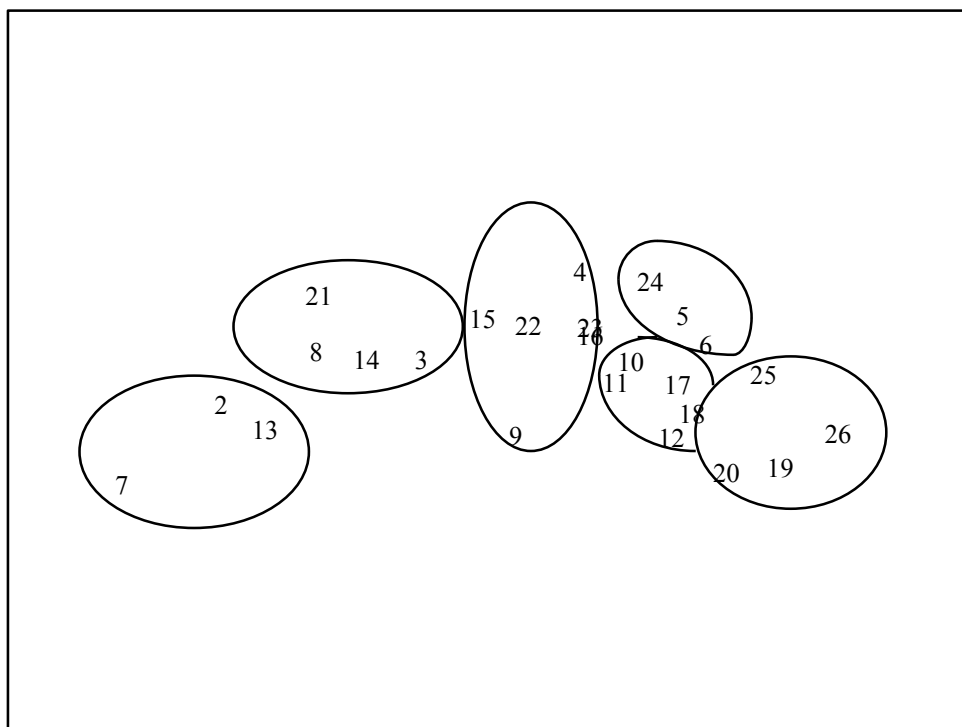


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin 10:142-146*.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review 16:229-311*.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series 12:237-255*.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology 13:131-144*.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp*.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parameter

PRØVESKJEMAET, B.1											
Firma:		Grieg Seafood Rogaland AS				Dato:		05.10.2011			
Lokalitet:		Ådnaholmen				Konsesjonsnr:		Ingen konsesjoner (forundersøkelse).			
Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr						Indeks		
			Ådn 1	Ådn 3							
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0						0,0	
I	Tilstand (Gruppe I)		A								
II	pH	verdi	7,60	7,32							
	E _h (mv)	verdi	-164	-76							
		+ ref. verdi	112	200							
	pH/E _h	fra figur	0	0						0,0	
	Tilstand, prøve		1	1							
	Tilstand, gruppe II		1								
					Buf. temp	16,6	Temp sjø	14,0	Temp sediment:	7,3	
					pH sjø:	7,9	Eh sjø:	210	Ref. elektrode	276	
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):										
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0							
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0							
		Brun/Sort = 2									
		Ingen = 0	0	0							
	Lukt	Noe = 2									
		Sterk = 4									
		Fast = 0	0	0							
	Konsistens	Myk = 2									
		Løs = 4									
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0									
		1/4 ≤ v < 3/4 = 1	1								
		v ≥ 3/4 = 2		2							
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0							
2 - 8 cm = 1											
	t ≥ 8 cm = 2										
	SUM		1	2							
	Korrigert sum (*0,22)		0,22	0,44						0,3	
	Tilstand prøve		1	1							
	Tilstand gruppe III		1								
	Middelverdi gruppe II og III		0,11	0,22						0,2	
	Tilstand gruppe II og III		1								
pH/Eh					Tilstand			Lokalitetstilstand			
Korr. sum					Gruppe I	Gruppe II og III					
Indeks		Tilstand			A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4			
Middelverdi					4	1, 2, 3		1, 2, 3			
< 1,1		1			4	4		4			
1,1 - < 2,1		2									
2,1 - < 3,1		3									
≥ 3,1		4									
					LOKALITETSTILSTAND				1		

Vedleggstabell 2. artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Grieg Seafood as
Prosjekt nr.: 805969
Prøvetakingssted (område): Ådnaholmen
Dato for prøvetaking: 5.oktober 2011
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad

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

Opplysninger om merker i artslisten:

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

- + i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.
- / i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).
- cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.
- * ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.
- * ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av:4 sider.

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


 Signatur:.....
 Godkjent taksonom

SAM-Marin

	Stasjon	Ådn 1	Ådn 1	Ådn 3	Ådn 3
	Grabbhugg	1	2	1	2
*	HYDROZOA				
*	Hydrozoa indet.			+	+
*	ANTHOZOA				
	Pennatula phosphorea	0/1	0/1		
	Cerianthus lloydii			1	5
	Edwardsia sp.	1	1		
*	NEMERTINI indet.	21	20	+	3
*	NEMATODA indet.		1	5	1
	Paramphinome jeffreysii			9	1
	Laetmonice filicornis				0/1
	Polynoidae indet.	3	2		
	Pholoe baltica	1			
	Pholoe pallida			3	1
	Neoleanira tetragona			0/2	
	Sthenelais limicola		1		
	Chaetoparia nilssoni	1	1		
	Phyllodoce groenlandica	2/1			
	Phyllodoce rosea		1		
	Eulalia mustela		3		
	Sige fusigera	1/1	1/2		
	Gyptis rosea			1	
	Nereimyra punctata	1			
	Nereimyra cf. woodsholea				2
	Exogone sp.	10	9	1	
	Ceratocephale loveni			0/1	
	Nephtys hystricis	0/1	0/1		
	Nephtys paradoxa				1
	Glycera alba	1	0/1		
	Glycera lapidum	0/3			
	Paradiopatra fiordica			1/1	2/1
	Paradiopatra quadricuspis			0/1	3/1
	Lumbrineridae indet.	21	15	9	5
	Orbinia sp.	3			
	Scoloplos armiger			0/1	
	Laonice bahusiensis	1			
	Polydora spp.	83	55		
	Prionospio cirrifera	14	20		
	Prionospio fallax	8	13		
	Prionospio dubia		1		
	Scolelepis korsuni	2			
	Spiophanes kroyeri	36/87	21/61	0/1	
	Apistobranchnus tenuis		1		
	Spiochaetopterus cf. bergensis			2	
	Spiochaetopterus typicus	0/1			
	Magelona sp.	0/1	1		
	Levinsenia gracilis	1	1	3	3
	Paraonis sp.	7	3		
	Aphelochoeta sp.	3	3	3	
	Chaetozone sp.	4	7		
	Diplocirrus glaucus	0/1	1/1		

SAM-Marin

	Stasjon	Ådn 1	Ådn 1	Ådn 3	Ådn 3
	Grabbhugg	1	2	1	2
	<i>Ophelina norvegica</i>			1/1	0/2
	<i>Ophelina</i> sp.	0/1	1		
	<i>Capitella capitata</i>			3	1
	<i>Heteromastus filiformis</i>	7	1	21	9
	<i>Mediomastus fragilis</i>	1			
	<i>Notomastus latericeus</i>	4			
	<i>Rhodine loveni</i>			1	1
	Maldanidae indet.	14	10	2	
	<i>Galathowenia fragilis</i>	1			
	<i>Myriochele heeri</i>			1	2
	<i>Galathowenia oculata</i>	8	9	1	
	<i>Owenia borealis</i>	2/2	2/3		
	<i>Pectinaria auricoma</i>		1		
	<i>Ampharete falcata</i>	3	1		
	<i>Ampharete lindstroemi</i>	1/4	1/3		
	<i>Sabellides octocirrata</i>	3	1		
	<i>Sosane sulcata</i>	1	0/1		
	<i>Anobothrus</i> sp.			3	
	<i>Amythasides macroglossus</i>	14	10		
	<i>Eclysippe vanelli</i>	18/10	16/2		
	<i>Sosanopsis wireni</i>	1/4	1/2		
	<i>Samytha sexcirrata</i>	1	0/1		
	<i>Melinna albicincta</i>	1/1	0/1		
	<i>Melinna elisabethae</i>	0/1			
	<i>Paramphitrite birulai</i>	3			
	<i>Pista lornensis</i>	0/3			
	<i>Thelepus cincinnatus</i>	3/1			
	<i>Polycirrus plumosus</i>	0/1	2/1		
	<i>Trichobranchus roseus</i>	0/2	0/1		
	<i>Terebellides stroemi</i>	0/5	1	7/49	6/19
	Sabellidae indet.	3	7		
	<i>Sabella pavonina</i>	1/1			
	<i>Euchone</i> sp.		1		
	SIPUNCULA				
	<i>Sipuncula</i> indet.	1		1	1
	<i>Phascolion strombus</i>			1	
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>			7/1	6
	<i>Nephasoma</i> cf. <i>minutum</i>	8	1	21	19
	CRUSTACEA				
*	<i>Calanus finmarchicus</i>			2	1
*	<i>Calanus hyperboreus</i>			3	2
	<i>Cylindroleberis mariae</i>	1			
*	<i>Philomedes lilljeborgi</i>			2	
*	<i>Macrocypris minna</i>			1	2
*	ISOPODA				
*	<i>Gnathia</i> sp.	2	3		
*	<i>Natatolana borealis</i>		1		

SAM-Marin

	Stasjon	Ådn 1	Ådn 1	Ådn 3	Ådn 3
	Grabbhugg	1	2	1	2
*	Amphipoda indet.	4	3		
*	Caprellidae indet.	2		1	
	Eriopisa elongata			1	
*	DECAPODA				
	Calocarides coronatus				0/1
*	Munida sp.	0/1			
*	PYCNOGONIDA indet.	1			
	MOLLUSCA				
	Caudofoveata indet.	2	1	4	9
	Solenogastres indet.				
	Eulima bilineata	0/1			
	Odostomia acuta	1			
	Philine punctata	0/1			
	Philine scabra	1/3			
	Cylichna cylindracea		1/1		
	Nucula nucleus	1			
	Nucula tumidula			10/1	3/7
	Ennucula tenuis	1	2/2		
	Yoldiella lucida				1
	Yoldiella philippiana	2/1	1		
	Delectopecten vitreus				2
	Similipecten similis	2	0/1		
	Myrtea spinifera	0/2	0/1		
	Thyasira flexuosa	5/2	3/3		
	Thyasira obsoleta			1	1/1
	Thyasira sarsii	0/1	1/1		
	Thyasira equalis	1	1	6/2	5
	Axinulus croulinensis		2/1		
	Mendicula ferruginea	2	4	2	
	Adontorhina similis	1			
	Tellimya ferruginosa	4	3/1		
	Parvicardium minimum	7/1	3/1		
	Parvicardium scabrum	0/1			
	Abra longicallus			1	
	Abra nitida	2/5	0/2		
	Abra prismatica				
	Kelliella abyssicola			7/1	4/3
	Dosinia lupinus	0/1			
	Corbula gibba		1		
	Cochlodesma praetenua				
	Antalis entalis		0/1		
	Entalina tetragona			0/1	
	Pulsellum lofotense	3			
	ECHINODERMATA				
	Astropecten irregularis	0/3			

	Stasjon	Ådn 1	Ådn 1	Ådn 3	Ådn 3
	Grabbhugg	1	2	1	2
	Ophiuroidea indet.				
	Amphipholis squamata	1/2			
	Amphiura chiajei	1/11	1/2		
	Amphiura filiformis	0/6	0/2		
	Amphilepis norvegica			4/5	2/3
	Ophiocten affinis	3/6	5/6		
	Ophiura albida	0/1			
	Brissopsis lyrifera	1	1		
	Echinocardium flavescens		1/1		
	Holoturoidea				
	Thyone fusus	0/3			
	Leptosynapta sp.	8			
*	Pogonophora indet.				
*	Siboglinum fiordicum	+			
	Enteropneusta indet.	2			
*	Chaetognatha indet.				
	Ascidacea				
	Ascidacea indet.	1		1	
*	Varia		+		+

Forklaring til vedleggstabell 2:

* dyr som er markert med stjerne er ikke tatt med i analysen av bunndyrene

1/2: viser at det i prøven er funnet 1 adult (voksen) og 2 juvenile (ikke voksen), til sammen tre dyr i prøven i dette eksempelet. Det er i analysene ikke skilt mellom voksne og unge individer.

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene på de to stasjonene.

Geometrisk klasse	Ådn 1	Ådn 3
I	26	15
II	35	12
III	13	7
IV	15	7
V	6	2
VI	3	1
VII	0	1
VIII	2	0
IX	0	0
X	0	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-000972-09



EUNOBE-00001153

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

ANALYSERAPPORT

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

Prøvenr.:	441-2011-1024-139	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Ådn 1, hugg1	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	69	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	5.2	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	39	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	770	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	5.80	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-1024-142	Prøvetakingsdato:	24.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Ådn 3, hugg1	Analysestartdato:	24.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	37	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	20	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	120	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	820	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	20.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2

AR-11-MX-000972-09



EUNOBE-00001153



Bergen 16.11.2011

Kristine Fiane Johnson

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør