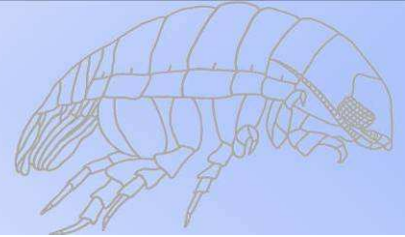


# SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
Uni Research




**SAM e-Rapport nr. 14-2012**

## *MOM C undersøkelse ved Håøya i Trondheimsleia i 2011*

**Fredrik R Staven  
Vidar Strøm  
Kristin Hatlen  
Per Johannessen  
Per-Otto Johansen**



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

Rapportens tittel: MOMC-undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Håøya i Trondheimsleia	Dato: Felt: 11. og 12.mai, 2011 Rapport: 28. mars, 2012
	Antall sider og bilag: 36
Forfatter(e): Fredrik Staven, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, Per Johannessen og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Fredrik R Staven
	Prosjektnummer: : 44-5-11C/ 805833

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

Abstract : On assignment from Marine Harvest Norway AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the area by the marine fish farm Håøya, which is located in Hitra community, Sør-Trøndelag.. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling; Håø1, which is located near the fish farm, Håø3, which is located in the transition zone further away from the fish farm, and Håø2, which lies in the deepest area. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.

The results show that the levels of phosphorus , zinc, and cobber was low (class I, very good). The organic content (TOC) showed high concentrations (class V, very bad) at station Håø1 and Håø3, while the organic content was lower at Håø2 (class II, good). However, the organic content expressed as % volatile total solids shows a low organic content on all three stations. Almost two-thirds of the bottom sediment at Håø 1 consisted of sand and gravel, while a third consisted of silt and clay. The sediment at Håø 3 consisted of 85 percent sand and 15 percent silt and clay. At Håø 2 the picture was different, with over two-thirds of the sediment consisting of silt and clay. Altogether this indicates a high bottom current velocity at Håø 1 and 3, while the bottom current velocity at Håø 2 seems somewhat lesser. The soft bottom macrofauna investigations showed good conditions with good species diversity on every station. In total the results give a picture of a marine area in good

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett Resipient Bunndyr Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. . 14-2012
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12.04.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	28. mars, 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 - analyser, samlet av: -**

**Litoralundersøkelse utført av: -**

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

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

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

**Ikke akkreditert:**

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

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy: oppdrettsbåten til Surnadal Sjøservice AS**


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

Akkreditert: tørrstoff, sink, kobber og fosfor

Ikke akkreditert: TOC

**Andre: -**

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	"MOMC-undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Håøya i Trondheimsleia"		
Rapport-nummer:	44-5-11C	Lokalitetens navn:	Håøya
Lokalitetsnummer:	31 897	GPS, senter i anlegg:	N63°27.937/Ø08°43.634
Fylke:	Sør-Trøndelag	Kommune:	Hitra
MTB-tillatelse:	5460 tonn	Driftsleder:	Trond Fjellvær
Dato undersøkelse:	11. og 12. 05.2011	Dato rapport:	07. mars 2012
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS, Knut Staven		

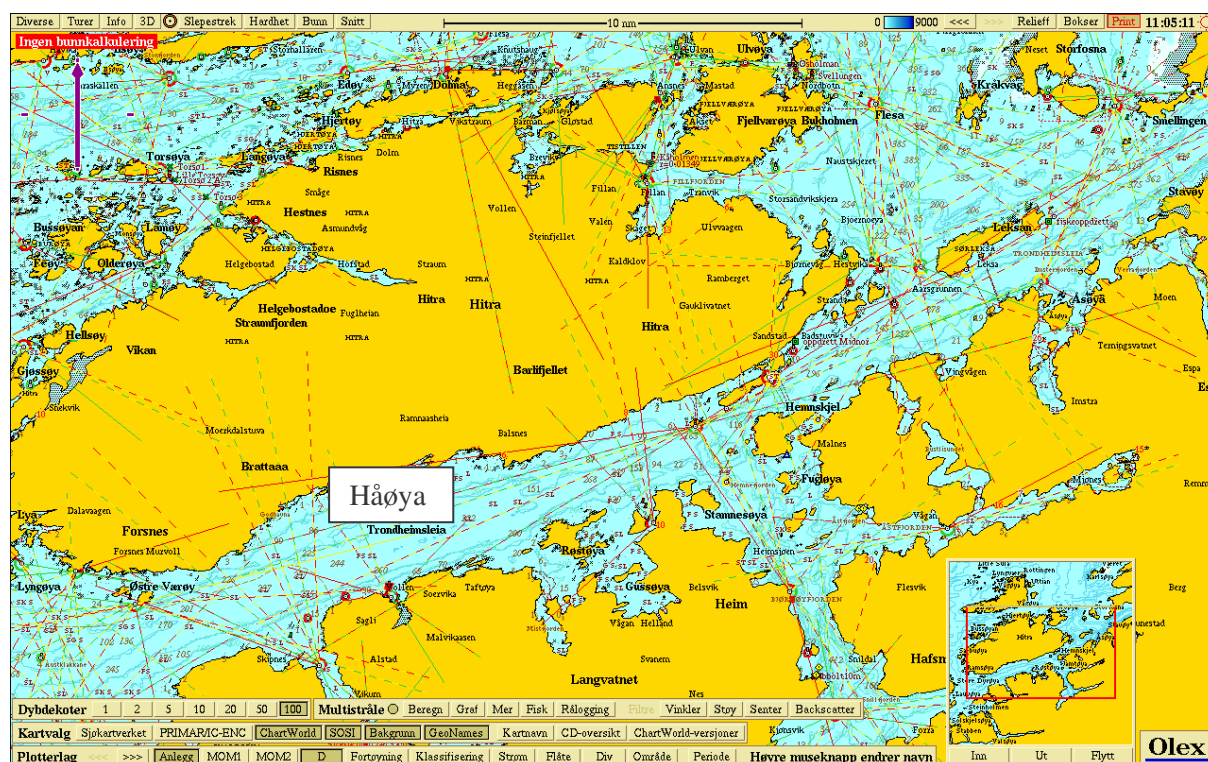
Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007) :				
Stasjoner		Stasjon 1 (nærsonen)	Stasjon 3 (overgangssone)	Stasjon 2 (fjernsone)
Parametre				
GPS (prøvestasjoner):		N 63° 27.670 Ø 08° 43.622	N 63° 28.136 Ø 08° 44.468	N 63° 27.519 Ø 08° 42.960
<b>Fauna</b> (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Antall arter:	94	108	72
	Antall individer:	721	1145	726
	Jevnhet (0-1):	0,80	0,80	0,67
	Shann.Wien. (H) SW, tilst.klasse:		5,43	4,16
	Hurl.ind.(ES <sub>n=100</sub> ) Hurl.,tilst.klasse:			
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:	I (meget god) Miljøtilstand I	I (meget god) Miljøtilstand I	
<b>Normal. TOC</b>	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:	45,0 V (meget dårlig)	42,7 V (meget dårlig)	22,9 II (god)
<b>Elementer</b> (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:	37,0 I (meget god)	48,0 I (meget god)	23,0 I (meget god)
	P (mg/kg): P, kommentar:	540,0 Relativt lav	290,0 Relativt lav	330,0 Relativt lav
	Cu (mg/kg) Cu, tilst.klasse:	8,8 I (meget god)	4,6 I (meget god)	6,0 I (meget god)
	<b>Oksygen</b>	Målt verdi (%): O <sub>2</sub> , tilst.klasse:	Ikke målt	Ikke målt
<b>Sedimentkarakteristikk</b> (MOMB-parameter):		Skjellsand og silt, lys grå farge	Silt og grus, lys grå farge	Silt og skjellsand, lys grå farge
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:				

## INNHOOLD

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....	7
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>13</b>
3.1 Hydrografi .....	13
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	16
3.4 Bunndyr .....	16
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>20</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>21</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>21</b>
<b>7 VEDLEGG</b> .....	<b>22</b>
<b>GENERELL VEDLEGGSDDEL</b> .....	<b>22</b>
Vedleggstabell 1. Artsliste .....	30
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi.....	35

## 1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra 3 stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS i Trondheimsleia, Hitra kommune i Sør-Trøndelag 11. og 12. mai 2011. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i en prøve. Resultatene i undersøkelsen er vurdert opp mot retningslinjene for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann fra Statens Forurensningstilsyn (Molvær et al. 1997).



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

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger i Trondheimsleia, like sør for øya Hitra (Figur 2.1 og 2.2). Det største dypet i fjorden er 268 m, fjorden har ingen terskel. Undersøkelsesområdet er lokalisert i området ved matfisklokaliteten Håøya til Marine Harvest AS. Til sammen er tre prøvestasjoner undersøkt. Stasjonen Håø 1 ligger like sør for matfiskanlegget. Denne stasjonen anses som nærsone selv om den ligger litt langt unna matfiskanlegget. Stasjonen

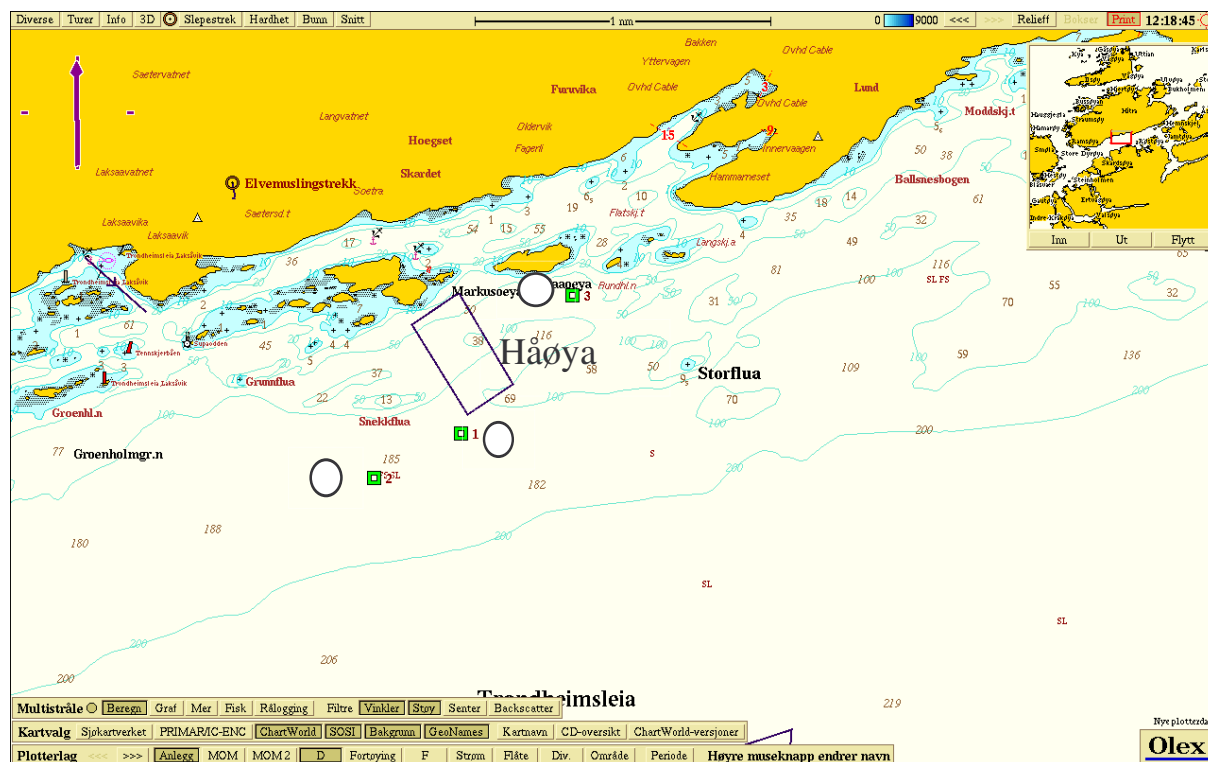
Håø 3 ligger nordøst for anlegget inn mot holmene, og anses som overgangssone til anlegget. Stasjon Håø 2 ligger noe sørvest for anlegget, og anses som fjernsonestasjon.

## 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra 6

den 11. og 12. mai 2011. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra tre stasjoner.

Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



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

### 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid ( $H_2S$ ), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

Det ble utført målinger av saltholdighet og temperatur på alle tre stasjoner (figur 3.1 til 3.3). Det foreligger ikke målinger av oksygenkonsentrasjon og -metning nedover i vannsøylen i denne rapporten, på grunn av en feil med oksygensonden. Ettersom undersøkelsesområdet ligger i en åpen fjord og ikke har terskler som begrenser vannutskiftingen, er det besluttet at det ikke er nødvendig med oksygenmålinger ved denne oppdrettslokaliteten. Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS. Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS. Feltarbeidet ble utført 11. og 12. mai, 2011.

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

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Håø 1 11.05.11	Trondheimsleia 63°27.670 N 08°43.622 Ø	147	1	6,4	Skjellsand og silt. Lys grå farge, ingen lukt. Børstemark i prøven. Faunaprøve.
			2	6,4	Skjellsand og silt. Lys grå farge, ingen lukt. Børstemark i prøven. Faunaprøve.
			3		Kjemi/geologi prøve.
St. Håø 2 11.05.11	Trondheimsleia 63°27.519 N 08°42.960 Ø	163	1	7,4	Silt og skjellsand. Lys grå farge. Ingen lukt. Ikke observert hovedtyper av større dyr. Faunaprøve.
			2	7,4	Silt og skjellsand. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Faunaprøve.
			3	7,4	Silt og skjellsand. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Kjemi/geologi prøve.
St. Håø 3 12.05.11	Trondheimsleia 63°28.136 N 08°44.468 Ø	77	1	2,74	Grus, noe silt. Lys grå farge. Noe lukt ved spyling. Slange –og sjøstjerner i prøven. Faunaprøve.
			2	3,57	Silt, noe grus. Lys grå farge. Ingen lukt. Slange –og sjøstjerner i prøven. Faunaprøve.
			3		Kjemi/geologi prøve.



### 2.2.2 Sediment

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

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

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

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

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

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

### 2.2.3 Kjemiske analyser

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

## 2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil det finnes få eller ingen levende arter i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet  $0,1 \text{ m}^2$ . Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full  $0,1 \text{ m}^2$  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 hull diameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

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

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

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av 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.

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

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

			Tilstandsklasse				
			I	II	III	IV	V
Parameter	Måleenhet		Meget/ svært god	God	Moderat/ mindre god	Dårlig	Meget / 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 (H)		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1		>0,72	0,63 -0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Normalisert TOC	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

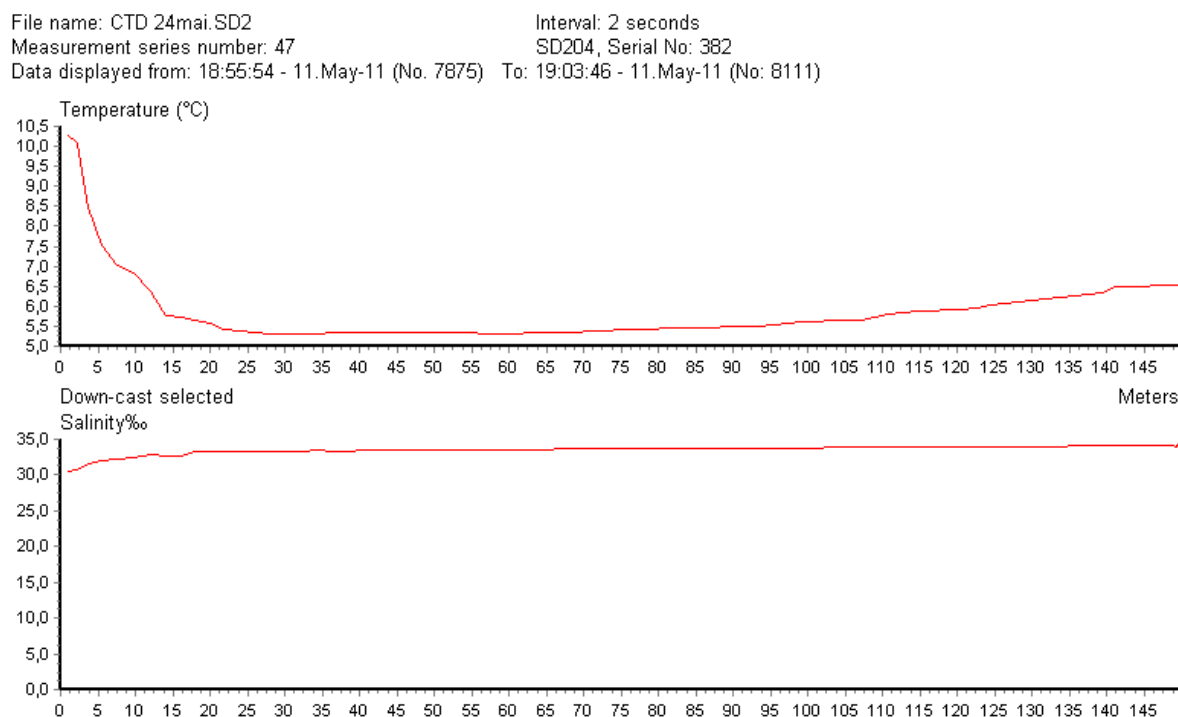
**Tabell 2.3** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

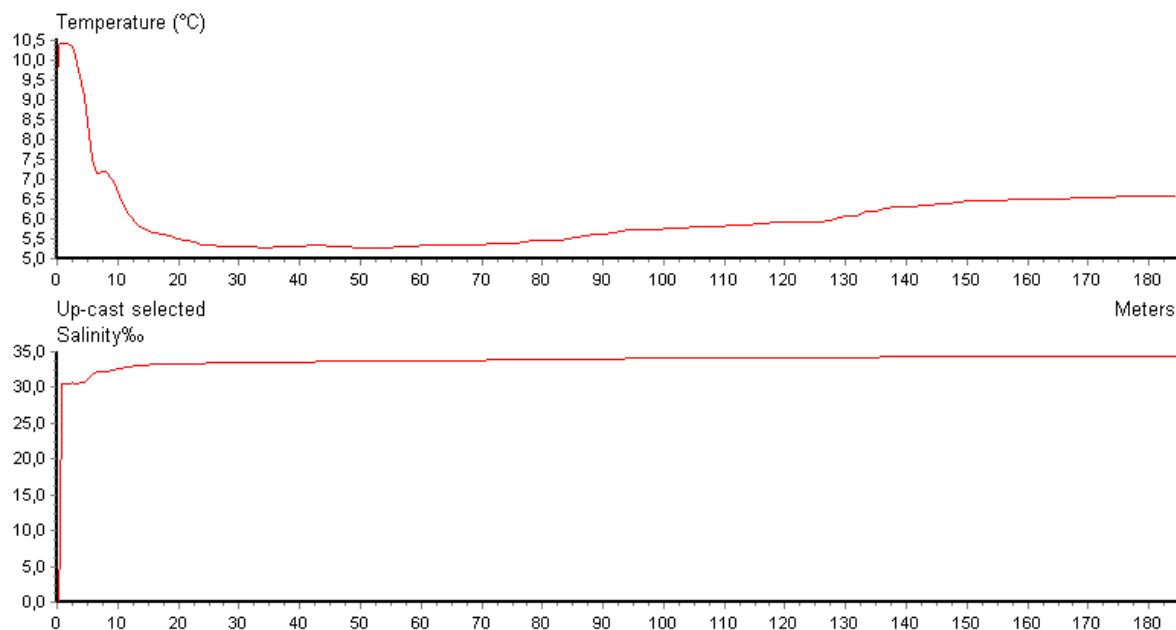
#### 3.1 Hydrografi

Av figur 3.1-3.3 ser det ut til å være et temperatursjikt i de øverste 20-25 meterne i vannsøylen, mens temperaturen derifra og nedover i dypet holder seg relativt stabil rundt 5,5 °C ved samtlige stasjoner. Saliniteten ligger på 32 ‰ nedover i dypet, med et litt ferskere vannlag på rundt 30 ‰ i de øverste 5 meterne. Dette mønsteret gjelder for alle stasjoner.



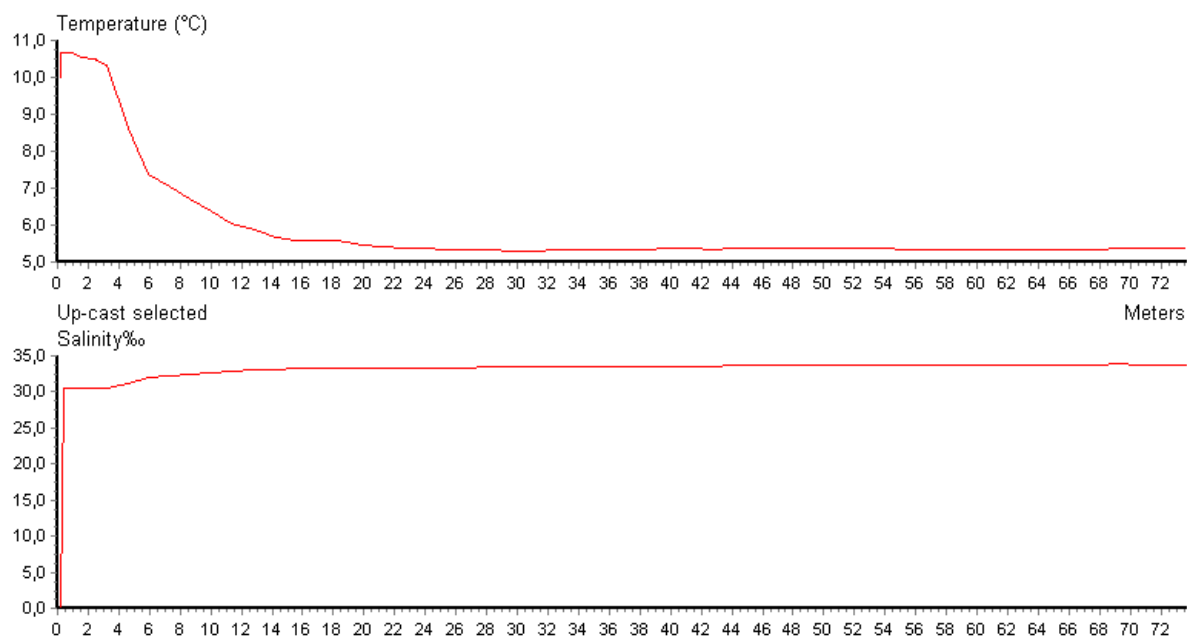
**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 150 meters dyp på stasjon Håø 1 den 11. mai 2011.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 48 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 19:42:29 - 11.May-11 (No. 8147) To: 19:51:29 - 11.May-11 (No. 8417)



**Figur 3.2.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 185 meters dyp på stasjon Håø 2 den 11. mai 2011.

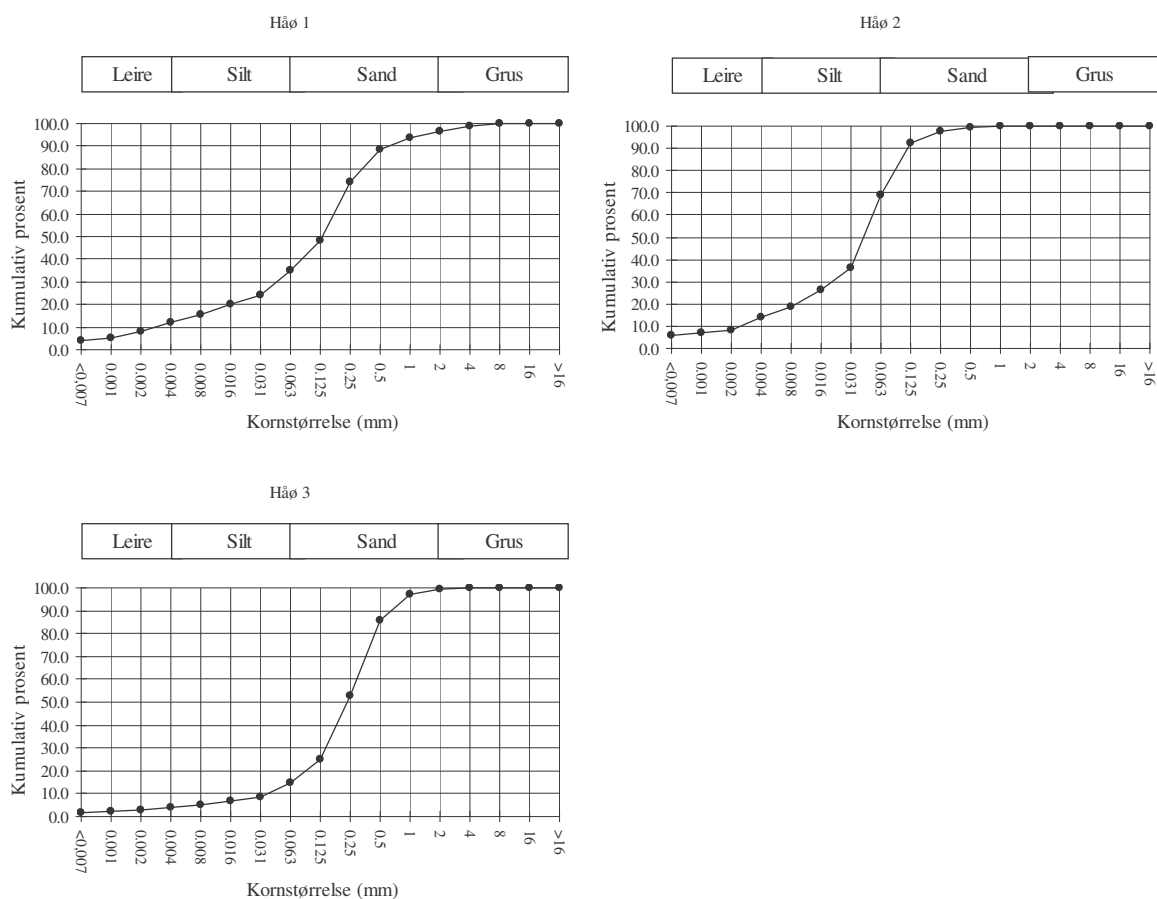
File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 51 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 08:30:57 - 12.May-11 (No. 8483) To: 08:35:11 - 12.May-11 (No. 8610)



**Figur 3.3.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 74 meters dyp på stasjon Håø 3 den 12. mai 2011.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.4 og Tabell 3.1. Stasjon Håø 1 inneholdt 12 % leire, 23 % silt, 62 % sand, og 3 % grus. Stasjon Håø 2 inneholdt 14 % leire, silt, 55 % silt, og 31 % sand, mens stasjon Håø 3 innehold mest grovpartikulært sediment med 4 % leire, 11 % silt, og 85 % sand.



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

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

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Håø 1</b>	147	6,30	12	23	35	62	3
<b>Håø 2</b>	163	7,48	14	55	69	31	0
<b>Håø 3</b>	77	4,61	4	11	15	85	0

### 3.3 Kjemi

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

Nivåene av glødetap var relativt lave på samtlige stasjoner og det høyeste nivået ble funnet på Håø 2. TOC-verdiene viser derimot høye nivåer på Håø 1 og Håø 3 (tilstand V, Meget dårlig) og lavere nivåer på Håø 2 (tilstand II, God). Konsentrasjonen av fosfor i sedimentet var relativt lav på alle stasjonene. Det samme gjaldt verdiene av kobber og sink, som ga tilstand I (Meget god) til alle stasjonene.

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

Stasjon	Totalt Organisk Carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor	Sink	Kobber		Tørrstoff (TS) %	
				mg/kg TS	mg/kg TS	TK	mg/kg TS		
Håø 1	23,0	45,0	V	540,0	37,0	I	8,8	I	61,0
Håø 2	12,0	22,9	II	330,0	23,0	I	6,0	I	52,0
Håø 3	12,0	42,7	V	290,0	48,0	I	4,6	I	67,0

### 3.4 Bunndyr

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

Håø 1 ligger rett sørøst for anlegget Håøya, på 147 m dyp. Stasjonen ligger for langt unna anlegget til at man kan si den ligger i nærsone. Her ble det funnet 721 individer fordelt på 94 arter. Dette betyr at diversiteten i området er svært god (5,27). Vanndirektivets indekser (NQI1 og NQI2) indikerer et svært godt artsmangfold og god ømfintlighet. Pølseormen *Nephasoma minutum* var den mest individrike arten, men utgjorde kun 14 % av totalt antall individer. Blant de ti andre mest individrike artene, fantes det til sammen to pølseormarter, fire børstemarkarter og fire molluskararter. Dette betyr at det ikke var noen dominerende arter på stasjonen og at det er en god fordeling mellom ulike grupper. Figuren med fordelingen av arter innen geometriske klasser underbygger de øvrige resultatene og indikerer svært gode forhold.



Håø 3 på 77 m dyp ligger nordøst for anlegget videre inn mot øyene i området. Stasjonen anses som overgangssone basert på dybden, selv om den ikke ligger ideelt plassert. På denne stasjonen ble det funnet 1145 individer og 108 arter. Dette gir diversiteten 5,43 og dermed KLIFs tilstand "Svært god". Vanddirektivets indekser beskriver også stasjonen som "Svært god" med tanke på artsmangfold og ømfintlighet. På denne stasjonen var børstemarken *Amythasides macroglossus* den mest individrike arten. Marken utgjorde likevel kun 10 % av totalt antall individer og indikerer et miljø uten dominerende arter. Ellers fantes det sju andre børstemarkarter, en molluskarart og en sjøpølse blant de ti mest individrike artene. Grafen med arter fordelt på geometriske klasser indikerer gode til svært gode forhold. MOM-tilstanden var 1, "Meget god".

Håø 2 anses som fjernstasjon på grunnlag av dybden (163 m). I prøvene fra denne stasjonen ble det funnet 726 individer og 72 arter. Dette gir diversiteten 4,16 og dermed KLIFs tilstand "Svært god". Vanddirektivets indekser klassifiserer også artsmangfold og ømfintlighet som "Svært god". I likhet med nærstasjonen var pølseormen *Nephasoma minutum* den mest individrike arten på stasjonen (26 %). Blant de ti mest individrike artene fantes det ellers fem molluskararter og fire børstemarkarter. Dette tyder på en svært god fordeling av individer innen forskjellige grupper. Grafen 3.4 indikerer også en god fordeling av arter innen geometriske klasser.

De tre stasjonene undersøkt i området rundt anlegget Håøya, tyder alle på svært gode bunnfaunaforhold.

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

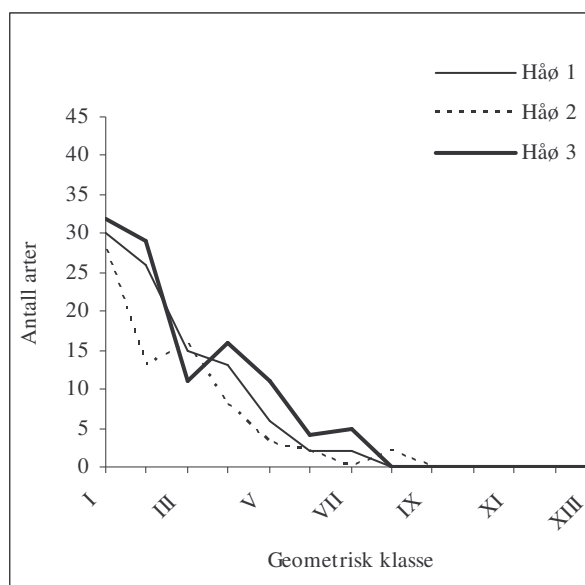
Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	KLIF TK	MOM TK	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Håø 1	1	350	66	4.89			0.81			
	2	371	78	5.26			0.84			
	<b>sum</b>	<b>721</b>	<b>94</b>	<b>5.27</b>		<b>1</b>	<b>0.80</b>	<b>1.55</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Håø 2	1	377	50	3.85			0.68			
	2	349	57	4.25			0.73			
	<b>sum</b>	<b>726</b>	<b>72</b>	<b>4.16</b>			<b>0.67</b>	<b>0.85</b>	<b>0.86</b>	<b>0.79</b>
TK					Svært god				Svært god	Svært god
Håø 3	1	501	89	5.48			0.85			
	2	644	79	5.13			0.81			
	<b>sum</b>	<b>1145</b>	<b>108</b>	<b>5.43</b>		<b>1</b>	<b>0.80</b>	<b>1.56</b>	<b>0.83</b>	<b>0.84</b>
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god

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

Håø 1	Ant.	Ind.	%	Kum %	Håø 2	Ant.	Ind.	%	Kum %
<i>Nephasoma cf. minutum</i>	103	14	14		<i>Nephasoma cf. minutum</i>	187	26	26	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	78	11	25		<i>Kelliella abyssicola</i>	161	22	48	
<i>Aphelochaeta sp.</i>	46	6	31		<i>Thyasira equalis</i>	48	7	55	
<i>Mendicula feruginosa</i>	45	6	38		<i>Paramphinome jeffreysii</i>	38	5	60	
<i>Thyasira equalis</i>	31	4	42		<i>Caudofoveata indet.</i>	22	3	63	
<i>Lumbrineridae indet.</i>	22	3	45		<i>Lumbrineridae indet.</i>	20	3	66	
<i>Caudofoveata indet.</i>	21	3	48		<i>Nucula tumidula</i>	20	3	68	
<i>Prionospio dubia</i>	17	2	50		<i>Entalina tetragona</i>	15	2	70	
<i>Abra nitida</i>	16	2	53		<i>Aricidea catherinae</i>	14	2	72	
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	16	2	55		<i>Maldanidae indet.</i>	13	2	74	
Håø 3	Ant.	Ind.	%	Kum %					
<i>Amythasides macroglossus</i>	119	10	10						
<i>Owenia borealis</i>	92	8	18						
<i>Galathowenia fragilis</i>	83	7	26						
<i>Mendicula feruginosa</i>	64	6	31						
<i>Galathowenia oculata</i>	64	6	37						
<i>Labidoplax buskii</i>	46	4	41						
<i>Myriochele heeri</i>	41	4	44						
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	35	3	48						
<i>Pholoe baltica</i>	32	3	50						
<i>Lysippides fragilis</i>	31	3	53						

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

Geometriske klasser	Håø 1	Håø 2	Håø 3
I	30	28	32
II	26	13	29
III	15	16	11
IV	13	8	16
V	6	3	11
VI	2	2	4
VII	2	0	5
VIII	0	2	0
IX	0	0	0
X	0	0	0

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

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved matfiskanlegget Håøya tilhørende Marine Harvest AS i Hitra kommune, Sør-Trøndelag. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 11. og 12. mai 2011. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

Det ble utført kornfordelingsanalyser av sedimentet fra alle stasjonene. Fjernstasjon Håø 2 hadde mest finfordelt sediment med (69 % leire og silt). På stasjonen som ligger nærmest matfiskanlegget (Håø 1) var sedimentet mer grovpartikulært (62 % sand og 3 % grus), mens sedimentet på den grunneste overgangsstasjonen Håø 3 besto hovedsakelig av grovpartikulært materiale (85 % sand). Ut i fra dette kan man tyde at det er forholdsvis god bunnstrøm ved stasjon Håø 1 og Håø 2, mens bunnstrømmen på den dypeste stasjonen (Håø 2) sannsynligvis er noe svakere, tydet ut i fra mer finfordelte partikler.

Det organiske innholdet (% glødetap) var relativt lavt på samtlige stasjoner. TOC viste imidlertid høyere verdier av organisk materiale med tilstandsklasse V (Meget dårlig) på Håø 1 og Håø 3, mens fjernstasjonen Håø 2 hadde lavere verdier (T.kl II, God). Verdiene av fosfor, sink, og kobber var lave på samtlige stasjoner. De hydrografiske undersøkelsene viser normal salinitet nedover i dypet ved alle tre stasjonene. Bunndyrsundersøkelsen tyder på svært gode faunaforhold ved alle de tre stasjonene som er undersøkt i området rundt anlegget Håøya. Helhetlig sett kan man si at forholdene ved alle prøvetakingsstasjonene indikerer gode miljøforhold ved lokalitet Håøya.

**Tabell 4.1.** Oppsummering av resultatene.

Stasjon	Dyp (m)	Fauna KLIF's T.kl.	Fauna MOM tilstand	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Håø 1	147	I	I	I	I	V
Håø 2	163	I	-	I	I	II
Håø 3	77	I	I	I	I	V

## 5 TAKK

Vi takker mannskap fra Surnadal Sjøservice AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres båt. På toktet deltok Fredrik R Staven fra Aqua Kompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen, Per-Otto Johansen, og Tom Alvestad.

## 6 LITTERATUR

- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: *Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet*.

## 7 VEDLEGG

### GENERELL VEDLEGGSDDEL

#### Analyse av bunndyrsdata

##### Generelt

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

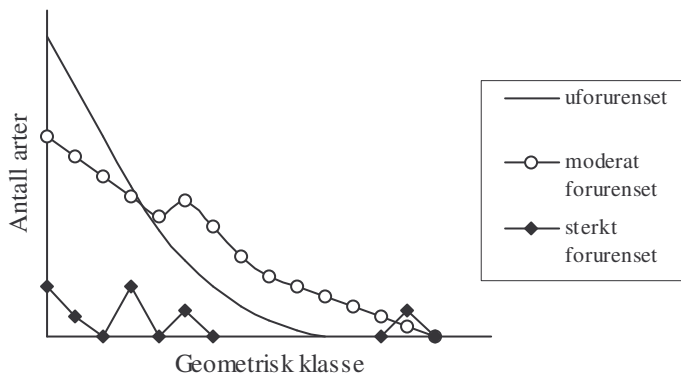
##### Geometriske klasser

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

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

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

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



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

### Univariate metoder

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

### Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Ømfintlighet

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

### Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

### Referansetilstand og klassegrenser

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

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

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

### Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både



til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

#### Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

Hvor:  $S_{jk}$  = likheten mellom to prøver, j og k  
 $y_{ij}$  = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen  
 $y_{ik}$  = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter  
 p = totalt antall arter

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

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir

gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

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

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

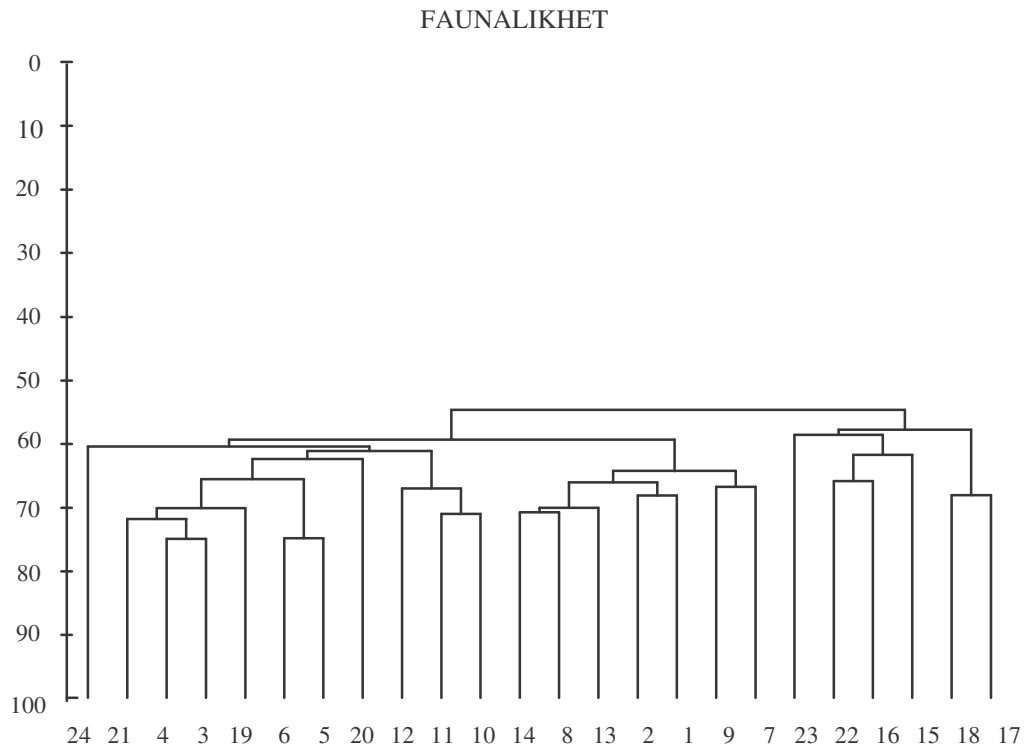
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

### Dataprogrammer

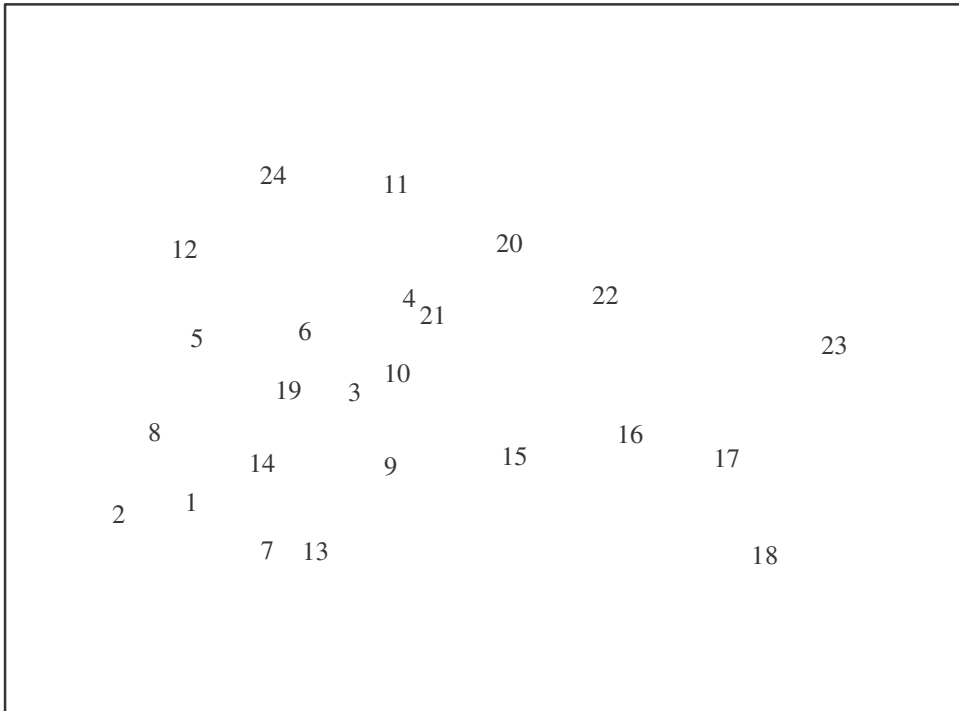
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget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

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

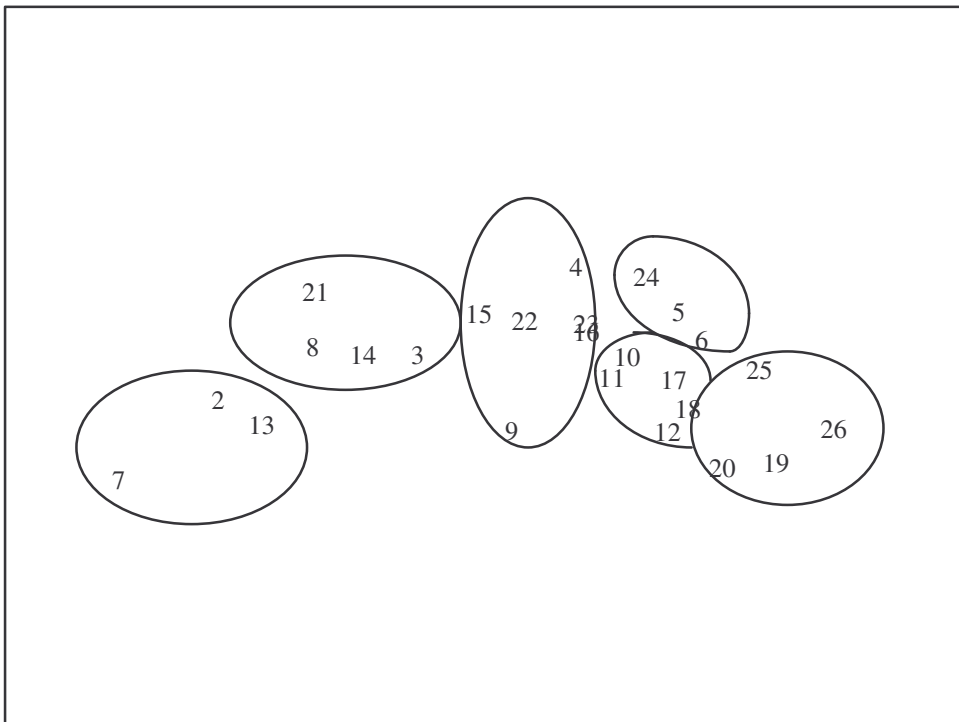


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

### Litteratur til Generelt Vedlegg

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

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

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

Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.

Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin 10:142-146*.

Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.*

Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review 16:229-311*.

Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series 12:237-255*.

Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology 13:131-144*.

Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.*

Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

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

## Vedleggstabell 1. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.4

**BENTHOS ARTSLISTE**

SAM-Marin



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



**Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Kompetanse**

**Prosjekt nr.: 805833**

**Prøvetakingssted (område): Håøya**

**Dato for prøvetaking: 11.5.2011**

**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse**

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

**Artene er identifisert av: Per Johannessen, Per-Otto Johansen og Tom Alvestad**

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

**Opplysninger om merker i artslisten:**

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

+ i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).

cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.


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

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

**Andre opplysninger:**

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

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

  
Signatur:.....  
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.11.2011	Håøya						
	Håø 1		Håø 2		Håø 3		
	Hugg nr	1	2	1	2	1	2
*	PORIFERA indet.	+				+	+
*	HYDROZOA						
*	Hydrozoa indet.	+				+	+
*	ANTHOZOA						
	Virgularia mirabilis				0/1		
	Paraedwardsia cf. arenaria					8	5
*	NEMERTINI indet.	3	2	10	3	2	3
*	NEMATODA indet.	5	15	4	4	2	2
	POLYCHAETA						
	Paramphinome jeffreysii	35	43	29/1	8	17	18
	Laetmonice filicornis	0/2		0/1		0/2	
*	Siboglinum fiordicum	+				+	
	Pholoe baltica	3	5	1		18/1	13
	Pholoe pallida	9/3	3	2		2	
	Neoleanira tetragona		1				
	Sthenelais limicola						1
	Nereiphylla lutea	1	1/1			1	
	Sige fusigera					2	
	Eulalia bilineata		1		1	1	1
	Eulalia mustela				1	1	2/1
	Protomystides exigua	0/1	1/3	1/1	1		
	Syllidae indet.					2	1
	Exogone sp.		6		1		
	Ceratocephale loveni	0/4	1/2	4	1		
	Nephtys hombergi						0/1
	Nephtys hystricis	5/1	2	2	3		1
	Nephtys longosetosa						0/1
	Nephtys paradoxa		2		1/2		
	Nephtys pulchra			1			
	Sphaerodorum flavum		1			1	
	Glycera lapidum					0/1	0/2
	Goniada maculata	1	1				
	Nothria conchylega					1	1/1
	Paradiopatra quadricuspis	1	2		1		
	Lumbrineridae indet.	5	17	8	12	7	8
	Drilonereis filum	1	1				
	Phylo kupferi					1	1
	Laonice bahusiensis					1/1	1/9
	Polydora sp.	1	3			6	17
	Prionospio cirrifera					9	10
	Prionospio fallax		1		1		1
	Prionospio dubia	4/6	6/1	2/2	1/5		1
	Scolecopsis korsuni		1				
	Spiophanes kroeyeri	1	0/1	0/1	1/4	4/2	2/1
	Apistobanchus tenuis	1	2				
	Spiophanes wigleyi		1		0/1		
	Aricidea catherinae	2	2	8	6	1	
	Levinsenia gracilis	3	1	1	5		
	Paraonis sp.		2				1

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.11.2011 Hugg nr	Håøya					
	Håø 1		Håø 2		Håø 3	
	1	2	1	2	1	2
Aphelochaeta sp.	13	33	8	4	9	8
Chaetozone sp.	2	2			10	9
Macrochaeta polyonyx		1				
Diplocirrus glaucus	1/2	2/1	2		4/1	2/1
Pherusa falcata			1	3	2	
Scalibregma inflatum	0/1			1		0/1
Heteromastus filiformis		1	3			
Notomastus latericeus	0/2	3/5			9/2	7/4
Clymenura borealis		1		1		
Asychis biceps					9/3	3/5
Maldane sarsi		0/1				
Rhodine gracilor	5	3	5	3		
Maldanidae indet.	3	2	8	5	5	5
Myriochele heeri	1				12	29
Myriochele danielsseni					3	9
Owenia borealis		3			5	38/49
Galathowenia fragilis					35	48
Galathowenia oculata					31	33
Pectinaria auricoma					1	1
Pectinaria koreni			0/1			
Sabellides indet.	4	3	2	2	7	9
Sabellides octocirrata	1	4	0/1	3	5/2	16/1
Anobothrus gracilis		0/1			2/1	1
Lysippides fragilis					5/5	13/8
Amphiteis gunneri						0/3
Amythasides macroglossus		10		1	61	58
Eclysippe vanelli	2	11/2			1	
Sosanopsis wireni			1		2/2	4/3
Samytha sexcirrata					1/4	3/4
Amage auricula	0/2	0/1				1
Melinna cristata				1		
Melinna albicincta	1/1	2/1			0/5	3/1
Melinna elisabethae					3/4	6/7
Paramphitrite birulai					1/1	1
Eupolymnia nesidensis	0/1					0/1
Pista cristata						1
Pista lornensis					1/1	0/4
Streblosoma intestinale		0/1			1	4
Polycirrus latidens				0/1		
Polycirrus medusa	0/1	0/1				
Polycirrus norvegicus		1			0/1	0/2
Polycirrus plumosus		0/2			1	
Amaeana trilobata		1/1	1	0/1		
Trichobranchus roseus	0/1	2		0/1	5	3/3
Terebellides stroemi		1	0/2	1/2		
Sabella pavonina	0/3					2
Euchone sp.	8	5	5	3	5	
Ditrupa arietina					1	
Hydroides norvegica						1



SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.11.2011	Håøya						
	Håø 1		Håø 2		Håø 3		
	Hugg nr	1	2	1	2	1	2
OLIGOCHAETA indet.	1						
SIPUNCULA							
Sipuncula indet.			3	1	1	1	
Phascolion strombus	1/1	1	1/2	0/1	1	0/1	
Onchnesoma steenstrupi	4/1	11	1		2	2	
Nephasoma cf. minutum	75	28	95	92	2		
CRUSTACEA							
* Calanus finmarchicus	94	114	24	38	19	16	
* Verruca stroemi						1	
* Sarsinebalia typhlops			1				
* Eudorella truncatula						3	
* Eudorella hirsuta				1			
* Diastylis cornuta	9/7	4/16	1	2/1			
* Cycloaspis longicaudata	2						
* Brachydiastylis resima					4		
* Campylaspis costata			1	1			
* Tanaidacea indet.	4		2			1	
* Isopoda indet.		1					
* Eugerda sp.					1		
* Amphipoda indet.	7	5		1	1	20	
Eriopisa elongata					2	4	
Calocaris macandreae			0/1				
* Galathea intermedia					1		
* Paguridae indet.						1	
* PYCNOGONIDA indet.					2	2	
MOLLUSCA							
Caudofoveata indet.	11	10	11	11	3	9	
Solenogastres indet.	4	3	2	4			
Clelandella miliaris					1		
Euspira montagui					0/1		
Cerithiella metula					1		
Haliella stenostoma				0/1			
Odostomia conoidea					2		
Turbonilla crenata	1						
Diaphana minuta	1						
Philine quadrata						1	
Roxania utriculus		0/1					
Scaphander lignarius					1		
Nucula tumidula	3/1	4	7/1	11/1			
Ennucula tenuis					1		
Yoldiella lucida			1				
Yoldiella nana			0/1				
Yoldiella philippiana		3			2/1	2	
Batharca pectunculoides	2						
Limatula subauriculata					1/1		
Chlamys varia					0/1		
Delectopecten vitreus				1			
Similipecten similis					1/1		
Palliolum sp.		0/1					

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

11.11.2011	Håøya						
	Håø 1		Håø 2		Håø 3		
	Hugg nr	1	2	1	2	1	2
	Palliolum furtivum					0/2	
	Pseudamussium peslutrae			0/1	0/3		
	Thyasira flexuosa					5/2	6
	Thyasira obsoleta	5/1	5/2		0/2	3	3
	Thyasira sarsii			2		3/2	1
	Thyasira equalis	7/3	19/2	16/5	20/7	2/1	1
	Axinulus croulinensis	3/1	3			3/2	4
	Mendicula feruginosa	18/1	24/2	1		26/5	28/5
	Adontorhina similis		2	1	2		2
	Astarte sulcata	1	1			0/1	
	Parvicardium minimum		1/1	1/1	4/1	6	5
	Abra nitida	5/5	2/4	4/2	4/2		
	Kelliella abyssicola	6/2	2/2	86/11	59/5		
	Timoclea ovata		1			1	1
	Thracia convexa					0/1	0/2
	Lyonsia norvegica						1
	Cuspidaria cuspidata				1	0/1	
	Cuspidaria obesa			1	1		
	Cardiomya costellata					0/1	
	Tropidomya abbreviata		0/1	1	2/3		
	Antalis entalis	2	1			1	2
	Antalis occidentalis						1
	Entalina tetragona	9/2	2/1	6	6/3		
	Pulsellum lofotense	1		0/1			
*	BRYOZOA						
*	Bryozoa grenet					+	
	ECHINODERMATA						
	Amphipholis squamata	4/2	1	2/2	1		
	Amphiura chiajei	6/4	2/2	1/1	0/2	8/1	3
	Amphiura filiformis	0/1				8	15/2
	Amphilepis norvegica	1			0/2		
	Ophiocten affinis	1/2				3	
	Ophiura albida	1			0/3	0/1	0/1
	Ophiura carnea	2	1		0/1		
	Thyone fusus						1
	Pseudothyone raphanus					2	
	Labidoplax buskii	1				22	24
	ENTEROPNEUSTA indet.	1	2		2	2	
*	Pterobranchia indet.	+	+			+	
	CHORDATA						
	ASCIDIACEA						
	Polycarpa fibrosa	1				0/1	
*	PISCES egg.				2	1	
*	VARIA	+		+	+	+	+

## Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Bergen

F. reg. 965 141 618 MVA  
Box 75  
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 55 54 92 92

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

AR-11-MX-000246-01



EUNOBE-0000267

Prøvemottak: 22.08.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 22.08.2011-20.09.2011  
Referanse: 611101, 805833 ref. nr.44/2011

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2011-0823-084	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	1	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	61	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	8.8	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	37	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	540	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	23.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-0823-085	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	2	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	52	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	6.0	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	23	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	330	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	12.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-0823-086	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	3	Analysestartdato:	22.08.2011		
Analyse	Resultat	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	67	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	4.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	48	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	290	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	12.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

## Teorforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2



**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

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

**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Bergen 20.09.2011

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

---

**Teckenforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2