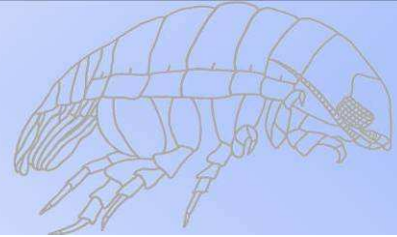


# SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
Uni Research





**SAM e-Rapport nr 13-2012**

## *MOM C undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Tennøya i 2011*

**Fredrik R Staven  
Anders W Olsen  
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 Tennøya i Sulfjorden	Dato: Felt: 10.05.11
	Rapport: 27.03.12
Forfatter(e): Fredrik Staven, Anders W Olsen, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, Per Johannessen og Per-Otto Johansen	Antall sider og bilag: 35
	Prosjektleder: Fredrik R Staven
	Prosjektnummer: 43-5-11C//805834

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

Abstract: On assignment from Marine Harvest Norway AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the marine area by the fish farm Tennøya, located in Frøya 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; Ten1, which is located near the fish farm, Ten2, which lies further east, and Ten3, which is furthest away from the fish farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.

The results show that the levels of zinc and cobber was low (class I, very good), while the levels of phosphorus was low at Ten1 and moderate at Ten3. The organic content (TOC) showed low concentrations (class I, very good) at all stations. This also applies to the organic content expressed as % volatile total solids. The sediment consisted mostly of sand and gravel. This indicates a high current velocity near the bottom in the study area. The soft bottom macrofauna investigations showed good conditions with good species diversity on every station. All in all the results in this report give a picture of a marine area in good condition.

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett Resipient Bunndyr Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 13-2012
--	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12.04.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	10.05.2011	

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

**Følgende er utført akkreditert:**

Prøvetaking til - 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 Kompetanse

**Ikke akkreditert:**

Geologiske analyser utført av: SAM-marin

**LEVERANDØRER**

Toktfartøy: båten til Surnadal Sjøservice AS


Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse as akkrediteringsnummer 003

Akkreditert: Tørrstoff, kobber, sink og fosfor

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

Informasjon oppdragsgiver :			
Rapport tittel:	"MOMC-undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Tennøya i Sulfjorden"		
Rapport-nummer:	43-5-11C	Lokalitetens navn:	Tennøya
Lokalitetsnummer:	12 449	GPS, senter i anlegg:	N63°48.144/Ø08°25.989
Fylke:	Sør-Trøndelag	Kommune:	Frøya
MTB-tillatelse:	3900 tonn	Driftsleder:	Ingen pr dags dato
Dato undersøkelse:	10.05.2011	Dato rapport:	7. mars, 2012
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS, Knut Staven		

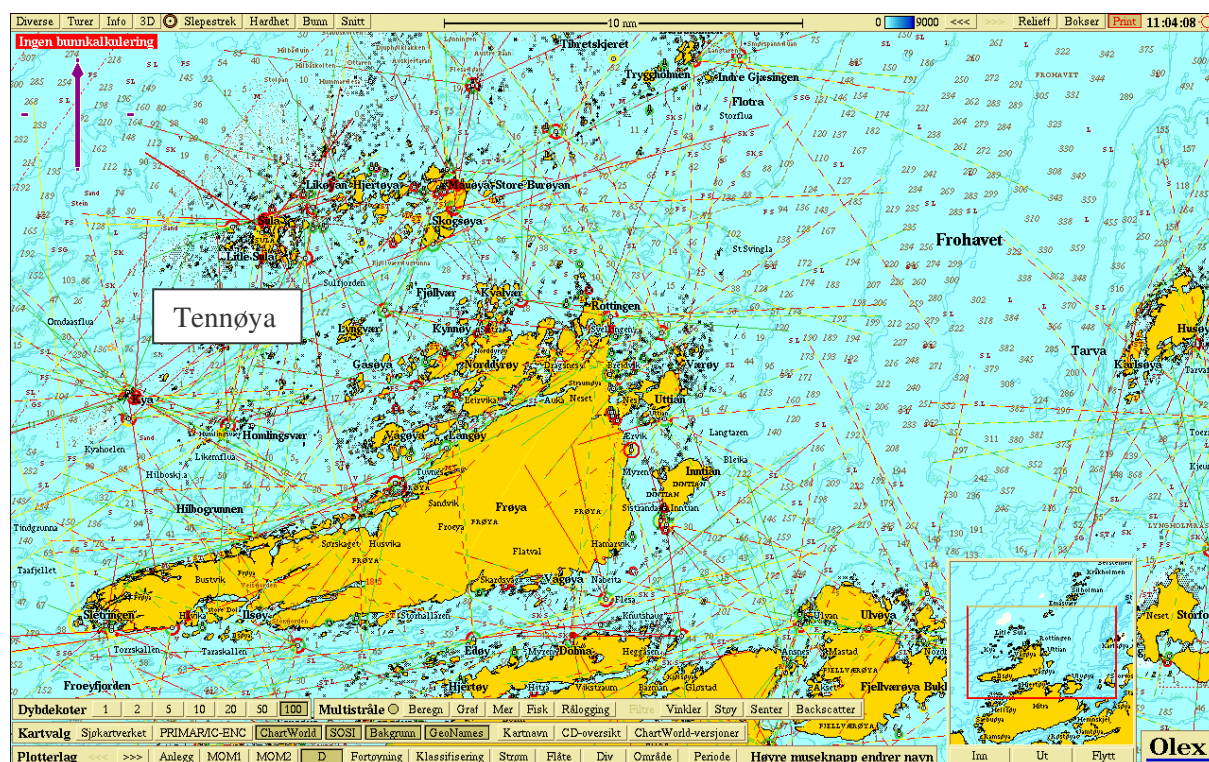
Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007) :				
Stasjon		Stasjon 1 (nærsonen)	Stasjon 2 (overgangssone)	Stasjon 3 (fjernsonen)
Parametre				
GPS (prøvestasjoner):		N 63° 48.338 Ø 08° 25.908	N 63° 48.371 Ø 08° 26.267	N 63° 48.365 Ø 08° 26.677
Fauna (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Antall arter:	54	66	79
	Antall individer:	306	352	443
	Jevnhet (0-1):	0,84	0,89	0,85
	Shann.Wien. (H) SW, tilst.klasse:		5,37	5,37
	Hurl.ind.(ES <sub>n=100</sub> ) Hurl.,tilst.klasse:			
	Miljøtilst. SFT: MOM-tilstand:	I (svært god) Miljøtilstand I	I (svært god) Miljøtilstand I	
Normal.TOC (resultater + Sft-tilstandsklasse)	TOC (mg/g):	30,3	30,7	31,3
	TOC, tilst.klasse:	I (meget god)	I (meget god)	I (meget dårlig)
Elementer (resultater + Sft-tilstandsklasse)	Zn, (mg/kg):	6,6	Ikke analysert	20
	Zn, tilst.klasse:	I (meget god)		(meget god)
	P (g/kg):	210	Ikke analysert	790
	P, kommentar:	Lavt		Moderat
Oksygen	Cu (mg/kg)	4,3	Ikke analysert	9,3
	Cu, tilst.klasse:	I (meget god)		I (meget god)
Oksygen	Målt verdi (%):	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt
	O <sub>2</sub> , tilst.klasse:			
Sedimentkarakteristikk (MOM parameter):		Skjellsand og silt, lys g farge	Skjelland, silt, og organisk materiale.	Skjellsand, silt, og organisk materiale.
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:				

## Innhold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>7</b>
2.1 Undersøkelsesområdet.....	7
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 .....	17
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>20</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>21</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>21</b>
<b>GENERELL VEDLEGGSDDEL</b> .....	<b>22</b>
Vedleggstabell 1. Artsliste .....	30
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi.....	34

## 1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra tre stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS i området mellom øyene Sula og Frøya, Frøya kommune i Sør-Trøndelag 10. 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.

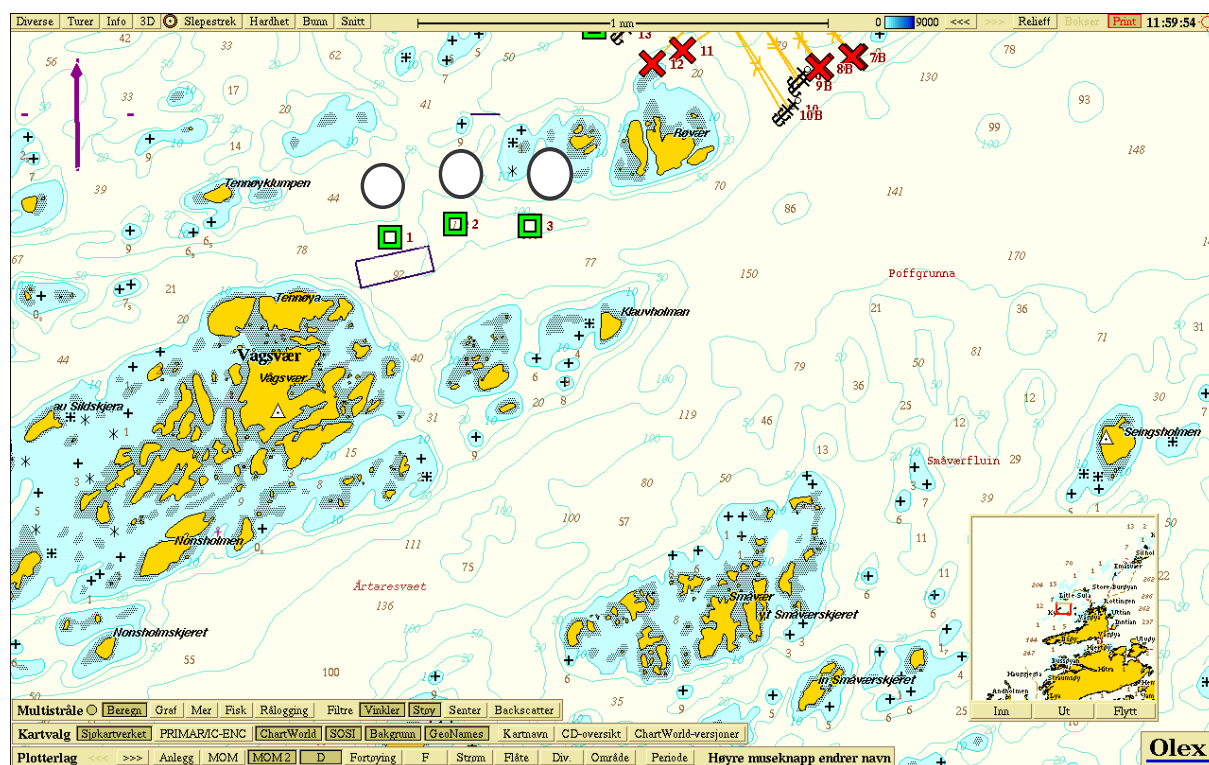
## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger ved Sulfjorden, nord for Frøya (figur 2.1). Prøvetakingsstasjonene ligger ved matfiskanlegget Tennøya, tilhørende Marine Harvest AS. Det største dypet i fjorden er 195 meter. Ingen prøvetakingsstasjoner ligger innenfor noen definert terskel, men området er relativt åpent med mye holmer og skjær, gryter og terskler. Tre stasjoner er undersøkt. Stasjonene ligger alle medstrøms anlegget og Ten 1 ligger like nord for anlegget, stasjon Ten 2 nordøst for anlegget, og stasjon Ten 3 øst for Ten 2 (se figur 2.2).

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten til Surnadal Sjøservice AS den 10. 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 undersøkellesområdet 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). På grunn av defekt oksygensonde foreligger det ikke oksygenmålinger. Da ingen av stasjonene ligger innenfor noen terskel, ble det besluttet at det ikke var nødvendig med oksygenmålinger fra prøvetakingsstasjonene. 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 10.05.11.



**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 num	Prøve volum	Andre opplysninger
St. Ten 1 10.05.11	Sulfjorden 63°48.338 N 08°25.908 Ø	82,0	1	2,0	Skjellsand og silt, lys grå farge. Ingen lu Ikke observert grupper av større dyr i prø Faunaprøve.
			2	3,6	Skjellsand og silt, lys grå farge. Ingen lu Ikke observert grupper av større dyr i prø Faunaprøve.
			3	8,4	Skjellsand. Kjemi/geologi prøve.
St. Ten 2 10.05.11	Sulfjorden 63°48.371 N 08°26.267 Ø	113,0	1	1,3	Skjellsand, silt, og organisk materiale. L; grå farge. Ingen lukt. Børstemark og sjøstjerner i prøven. Faunaprøve.
			2	4,5	Skjellsand, silt, og organisk materiale. L; grå farge. Ingen lukt. Sjøstjerner i prøven Faunaprøve.
			3		Kjemi/geologi prøve.
St. Ten 3 10.05.11	Sulfjorden 63°48.365 N 08°26.677 Ø	92	1	1,3	Skjellsand, silt, og organisk materiale. L; grå farge. Ingen lukt. Ikke observert grup av større dyr i prøven. Faunaprøve.
			2	1,7	Skjellsand, silt, og organisk materiale. L; grå farge. Ingen lukt. Ikke observert grup av større dyr i prøven. Faunaprøve.
			3		Skjellsand. 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 m<sup>2</sup>. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved 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. Bunndyrs materialet 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 bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrs materialet. 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 vanddirektivet 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 vanndirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenh	Tilstandsklasse				
		I Meget/ svært gc	II God	III Moderat/ mi god	IV Dårlig	V Meget / sve dårlig
Dypvat Sedime	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Shannon-Wiener (H')		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
NQI1		>0,72	0,63 -0,7	0,49-0,6	0,31-0,4	<0,31
NQI2		>0,65	0,54-0,6	0,38-0,5	0,20-0,3	<0,20
Normalisert TOC	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-450	>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).

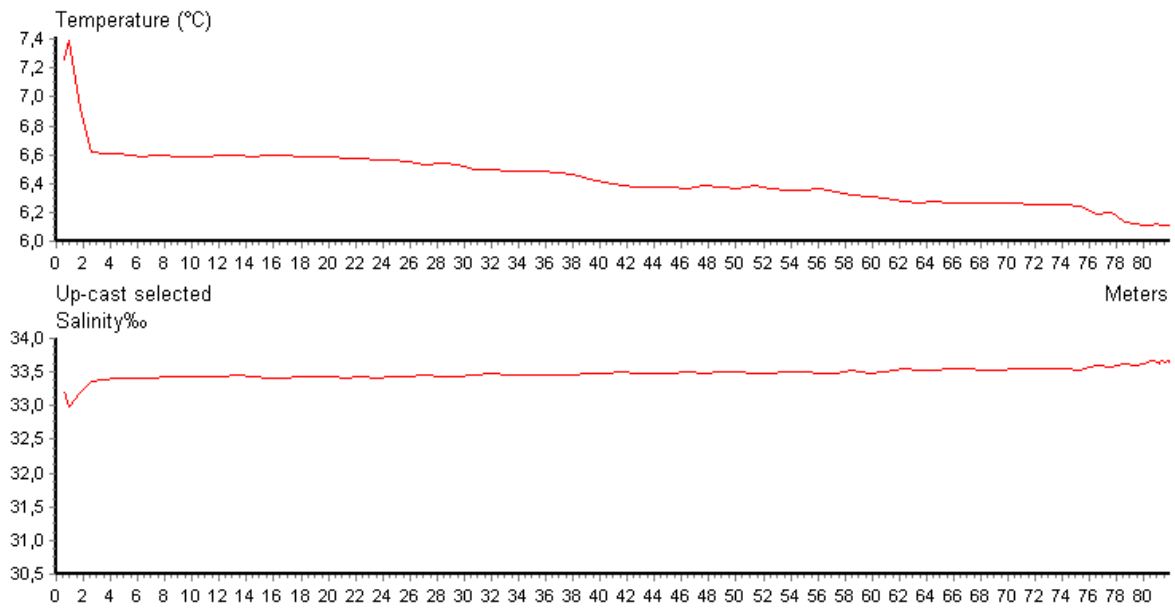
Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minst 20 arter av makrofauna (&gt; 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup>.</li> <li>- Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.</li> </ul>
Miljøtilstand 2	<ul style="list-style-type: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

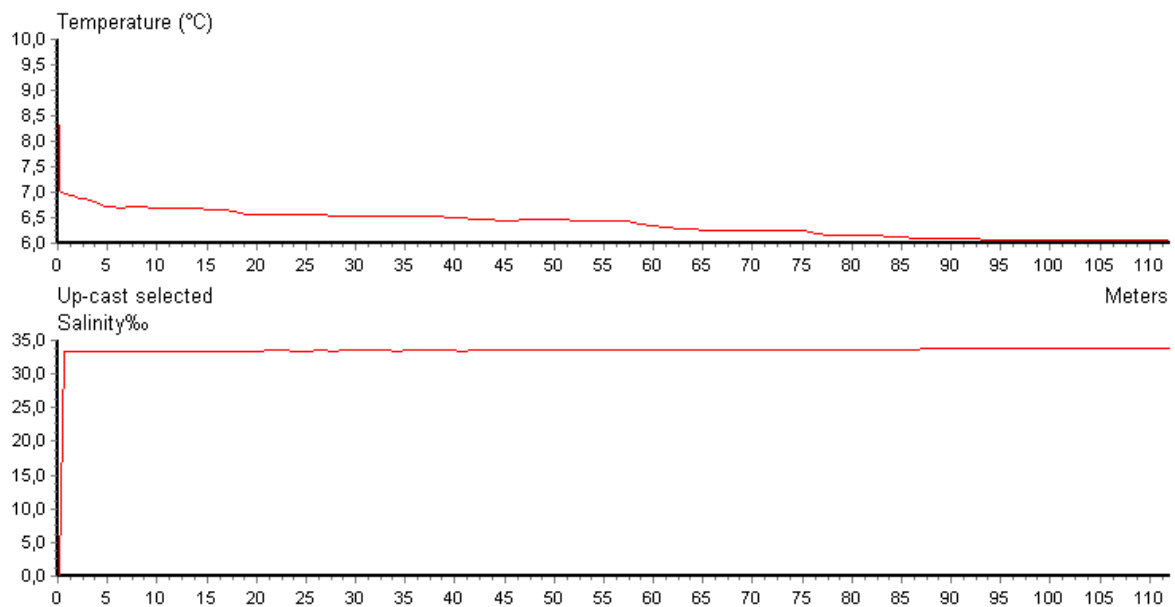
På alle tre stasjoner ble det stort sett registrert det samme mønster når det gjelder hydrografi (figur 3.1 til 3.3). Temperaturen sank gradvis fra rundt 7,0 °C ved overflaten, til rundt 6,0 °C ved bunnen gjennom hele vannsøylen ved alle tre stasjoner. Saliniteten lå stabilt på rundt 33 ‰ gjennom hele vannsøylen.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 33 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 15:52:56 - 10.May-11 (No. 5201) To: 15:56:50 - 10.May-11 (No: 5318)



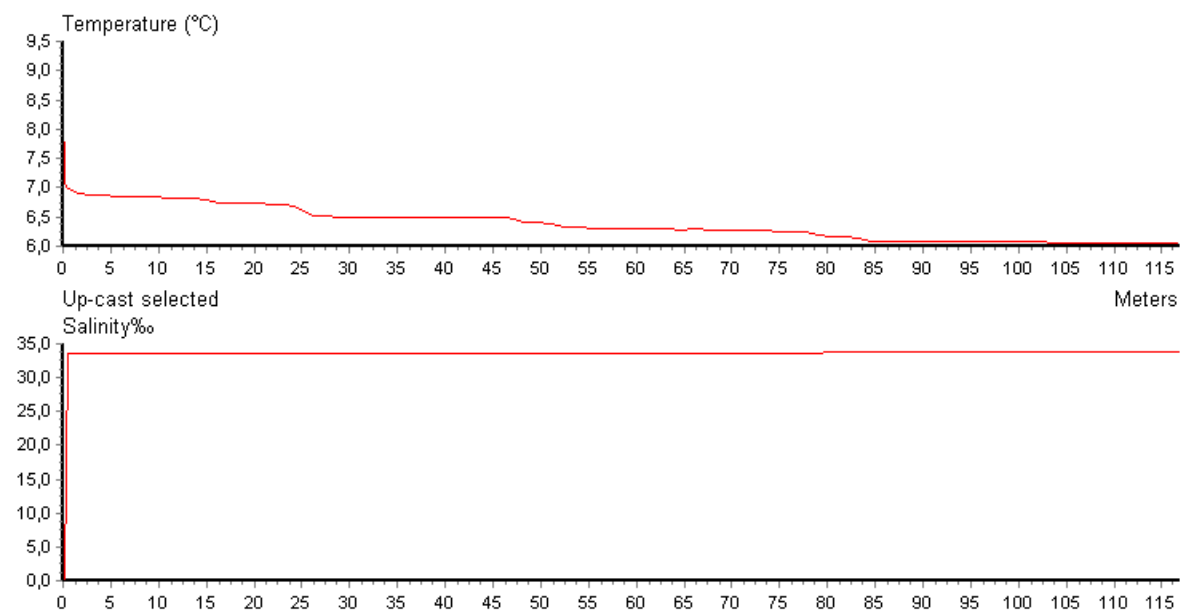
**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 82 meters dyp på stasjon Ten 1 den 10. mai 2011.

File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 34 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 16:38:24 - 10.May-11 (No. 5388) To: 16:44:34 - 10.May-11 (No: 5573)



**Figur 3.2.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 112 meters dyp på stasjon Ten 2 den 10. mai 2011.

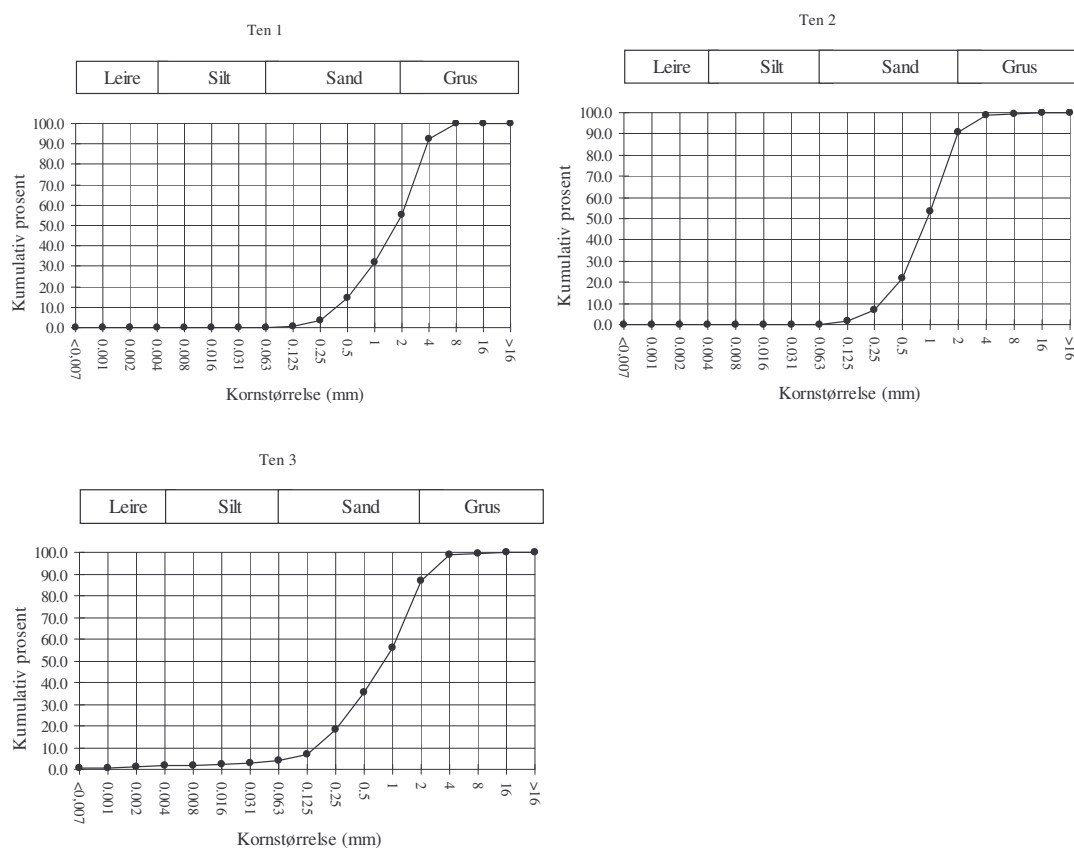
File name: CTD 24mai.SD2 Interval: 2 seconds  
Measurement series number: 35 SD204, Serial No: 382  
Data displayed from: 17:11:04 - 10.May-11 (No. 5628) To: 17:16:28 - 10.May-11 (No: 5790)



**Figur 3.3.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 115 meters dyp på stasjon Ten 2 den 10. mai 2011.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.4 og Tabell 3.1. Stasjon Ten 1 og Ten 2 hadde ikke nok sediment til analyse av finfraksjonen. Alle stasjonene hadde sediment med en overvekt av partikler i den grovkornede del av skalaen. Sedimentet ved Ten 1 besto av 44,27 % grus og 55,12 % sand, samt 0,61 % finere materiale. Ten 2 besto av 8,83 % grus, 88,36 % sand, og 2,83 % finere materiale. Ten 3 besto av 13,4 % grus, 82,43 % sand, 2,74 % silt, og 1,43 % leire. Dette tyder på en god bunnstrøm i undersøkelsesområdet.



**Figur 3.4.** Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Tennøya i 2011. Prøvene fra Ten 1 og Ten 2 hadde ikke nok materiale til analyse av finfraksjonen, derfor er ikke venstre del av skala en korrekt gjengivelse av de eksakte verdiene på disse stasjonene.

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

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Ten 1*	82	4,08	-	-	0,61	55,12	44,27
Ten 2*	113	4,27	-	-	2,81	88,36	8,83
Ten 3	92	4,58	1,43	2,74	4,18	82,43	13,40

\*) Prøvene fra Ten 1 og Ten 2 hadde ikke nok materiale til analyse av finfraksjonen.

### 3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Tennøya 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).



Ved Tennøya var glødetapet lavt på samtlige stasjoner. Nivået av TOC var også lavt, innen tilstandsklasse I (Meget god). Konsentrasjonen av fosfor var lav på Ten 1 og moderat på Ten 3. Innholdet av kobber og sink var lavt på begge stasjonene. Grunnet for lite prøvemateriale, kunne ikke sedimentet fra Ten 2 analyseres for fosfor, sink eller kobber.

**Tabell 3.2.** Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Tennøya i 2011. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har tilstandsklasser (TK) angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007 og Molvær 1997). \*) Grunnet for lite prøvemateriale ble det ikke gjort analyse av fosfor, sink og kobber på Ten 2.

Stasjon	Totalt Organisk Carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Ten 1	<5	30,3	I	210,0	6,6	I	4,3	I	81,0
Ten 2*	<5	30,7	I	-	-		-		-
Ten 3	<5	31,3	I	790,0	20,0	I	<9,3	I	54,1

### 3.4 Bunndyr

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

Ingen av stasjonene anses for å ligge nært nok opptil anlegget til å kunne kalles nærstasjon. Ettersom Ten 2 ligger nærmere anlegget men dypere enn Ten 3, er det heller ikke lett å avgjøre hvilken stasjon som er i overgangssonen og hvilken som ligger i fjernssonen. Begge stasjoner rapporteres derfor uten tanke på dette.

Ten 1 ligger på 82 m dyp ved anlegget Tennøya. På denne stasjonen ble det funnet 306 individer fordelt på 54 arter. Dette gir en god diversitet (4,86). Artsmangfoldet og ømfintligheten beskrives av Vanndirektivets indekser som "Svært god". Gruppen fåbørstemark (*Oligochaeta*) utgjorde største andel av individene på Ten 1, med 15 % av totalt antall individer. Blant de ti mest individrike artene fantes det ellers sju børstemarkarter, en anemone-art og et skjell. Dette betyr at ingen arter dominerer og stasjonen får dermed MOM-tilstand 1 (Meget god).

Ten 2 ligger på 113 m dyp nordøst for anlegget Tennøya. Her ble det funnet 352 individer og 66 arter. Dette gir diversiteten 5,37 og KLIFs tilstand "Svært god". Vanndirektivets indekser for arts mangfold og ømfintlighet beskriver også forholdene som "Svært gode". Blant de elleve mest individrike artene/gruppene fantes det kun børstemark, bortsett fra gruppen fåbørstemark (*Oligochaeta*) som bidro med flest individer (8 % av total individmengde i prøvene). At prosenten er så lav for den mest individrike gruppen viser at det ikke finnes dominerende arter på stasjonen,

men den ensidige faunaen kan likevel indikere en viss påvirkning. I dette tilfellet får stasjonen likevel MOM-tilstand 1 (Meget god) og samtlige andre resultater tyder på svært gode forhold.

Øst for Ten 2 ligger Ten 3 på 92 m dyp. I prøvene fra denne stasjonen ble det funnet 443 individer fordelt på 79 arter. Dette gir diversitetsindeksen 5,37 og stasjonen får KLIFs og Vanddirektivets tilstand "Svært god". Blant de elleve mest individrike artene/gruppene, fantes det fåbørstemark, ni flerbørstemarkarter og en skallus. Den mest individrike arten var børstemarken *Glycera lapidum* 9% av total mengde individer. Også her viser resultatene at det ikke finnes dominerende arter og figuren med arter fordelt på geometriske klasser indikerer en god fordeling.

Faunaforholdene er svært gode på samtlige av de tre stasjonene ved lokaliteten Tennøya.

**Tabell 3.3.** Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve fra Tennøya 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	KLIF T	MOM T	Jevnhet (H')	AMBI	NQI1	NQI2
Ten 1	1	179	43	4,63			0,85			
	2	127	34	4,37			0,86			
	sum	306	54	4,86		1	0,84	1,67	0,80	0,79
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Ten 2	1	139	46	5,06			0,92			
	2	213	52	5,20			0,91			
	sum	352	66	5,37		1	0,89	1,92	0,80	0,81
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Ten 3	1	209	60	5,27			0,89			
	3	234	55	4,95			0,86			
	sum	443	79	5,37		1	0,85	1,78	0,82	0,82
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god

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

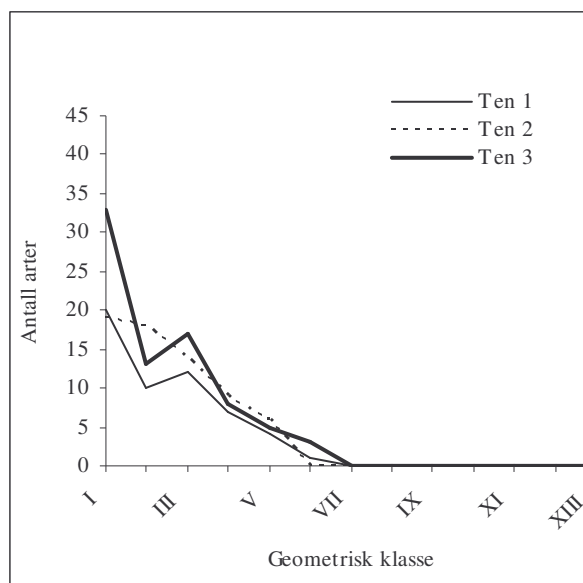
Ten 1	Ant. Ind.	%	Kum %	Ten 2	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>OLIGOCHAETA indet.</i>	47	15	15	<i>OLIGOCHAETA indet.</i>	27	8	8
<i>Glycera lapidum</i>	21	7	22	<i>Paraonis sp.</i>	22	6	14
<i>Edwardsia sp. anemone</i>	21	7	29	<i>Pholoe baltica</i>	20	6	20
<i>Galathowenia fragilis</i>	20	7	36	<i>Owenia borealis</i>	17	5	24
<i>Aonides paucibranchiata</i>	19	6	42	<i>Glycera lapidum</i>	16	5	29
<i>Terebellidae indet.</i>	14	5	46	<i>Laonice bahusiensis</i>	16	5	34
<i>Notomastus latericeus</i>	13	4	51	<i>Kefersteinia cirrata</i>	15	4	38
<i>Limatula subauriculata m</i>	11	4	54	<i>Macrochaeta clavicornis</i>	15	4	42
<i>Kefersteinia cirrata</i>	10	3	58	<i>Notomastus latericeus</i>	12	3	45
<i>Owenia borealis</i>	10	3	61	<i>Eulalia mustela</i>	12	3	49
				<i>Polycirrus sp.</i>	12	3	52

Ten 3	Ant. Ind.	%	Kum %
<i>Glycera lapidum</i>	39	9	9
<i>Pholoe baltica</i>	36	8	17
<i>Owenia borealis</i>	32	7	24
<i>OLIGOCHAETA indet.</i>	27	6	30
<i>Paraonis sp.</i>	23	5	35
<i>Notomastus latericeus</i>	18	4	40
<i>Prionospio cirrifera</i>	17	4	43
<i>Aonides paucibranchiata</i>	16	4	47
<i>Laonice bahusiensis</i>	11	2	49
<i>Kefersteinia cirrata</i>	11	2	52
<i>Leptochiton asellus m</i>	11	2	54

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

Geometriske klasser	Ten 1	Ten 2	Ten 3
I	20	19	33
II	10	18	13
III	12	14	17
IV	7	9	8
V	4	6	5
VI	1	0	3
VII	0	0	0
VIII	0	0	0



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

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved matfiskanlegget Tennøya i Frøya kommune, Sør-Trøndelag. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 10. mai 2011. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

Sedimentundersøkelsen viser at bunnsedimentet i undersøkelsesområdet består av mye grus og sand. Dette tyder på god bunnstrøm i området. Det organiske innholdet var lavt på samtlige stasjoner, det samme var TOC (TK I, Meget god). Mengden fosfor var lav ved Ten 1, og moderat ved Ten 3. Verdiene av sink og kobber var lave på disse stasjonene (Tk I). De hydrografiske dataene viser normal saltholdighet gjennom hele vannsøylen ved alle tre stasjoner. Faunafoholdene var svært gode på samtlige av de tre stasjonene i området rundt lokaliteten Tennøya. Oppsummert fremstår området rundt lokaliteten som tilnærmet upåvirket av produksjonen ved anlegget.

**Tabell 4.1.** Oppsummering av resultatene

Stasjon	Dyp (m)	Fauna T.kl.	KI	Fauna tilstand	M	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Ten 1	82	I		I		I	I	I
Ten 2	113	I		I		-	-	I
Ten 3	92	I		I		I	I	I

## 5 TAKK

Vi takker Surnadal Sjøservice AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres båt. På toktet deltok Fredrik R Staven og Anders W Olsen fra Aqua Kompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Kristine Fiane Johnsson. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen 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: Direktoratets gruppa 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.

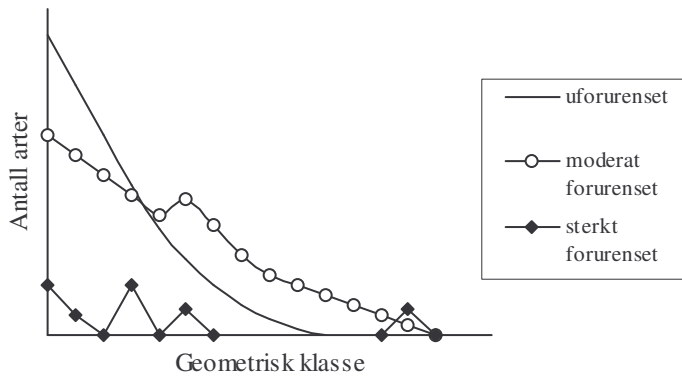
**Geometriske klasser**

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 klass	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 faunaeksperter. 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 prøvelighet 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:

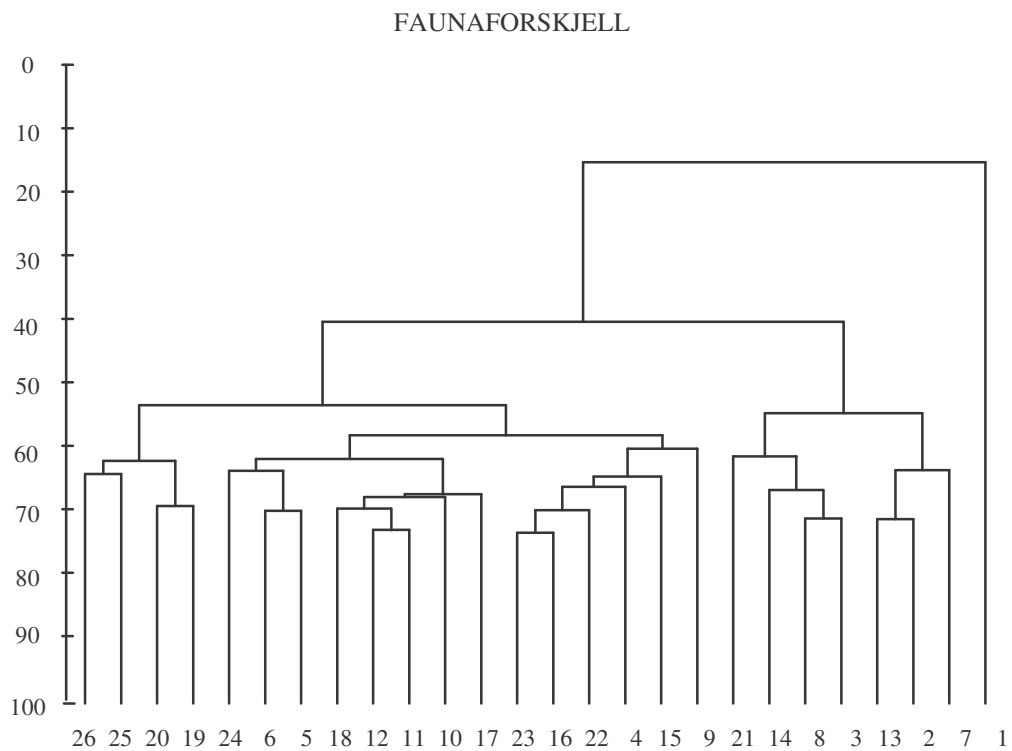
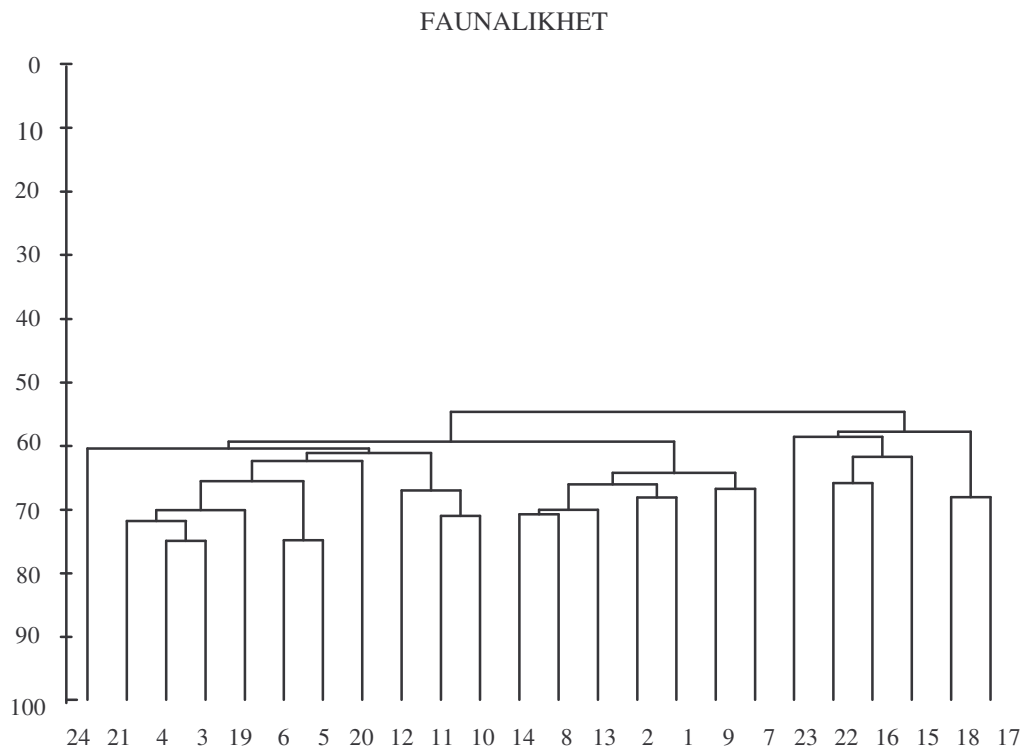
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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**

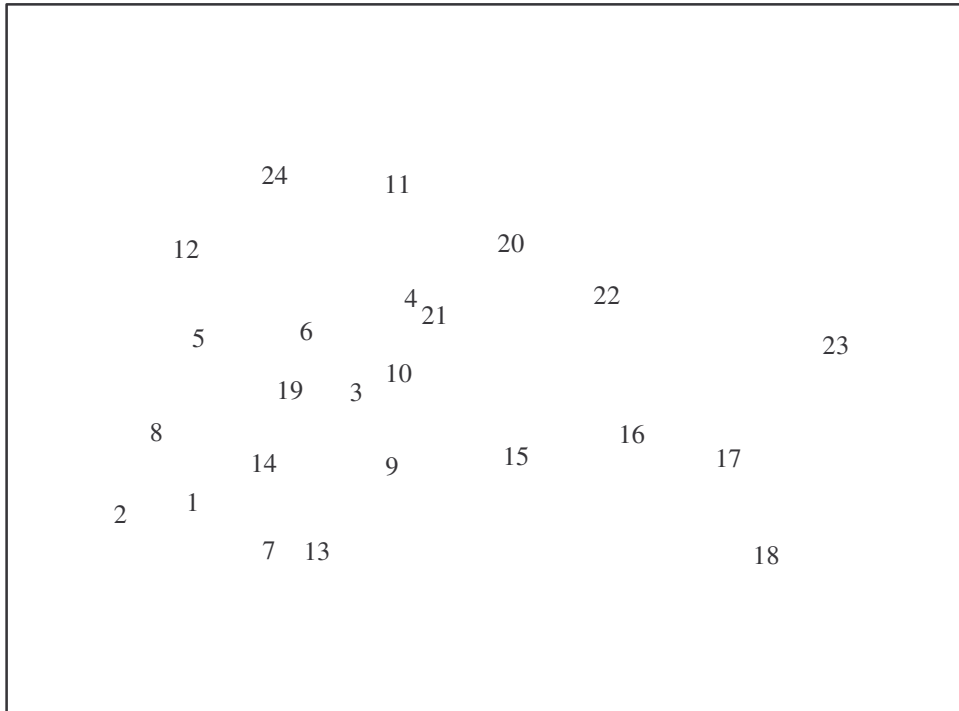
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

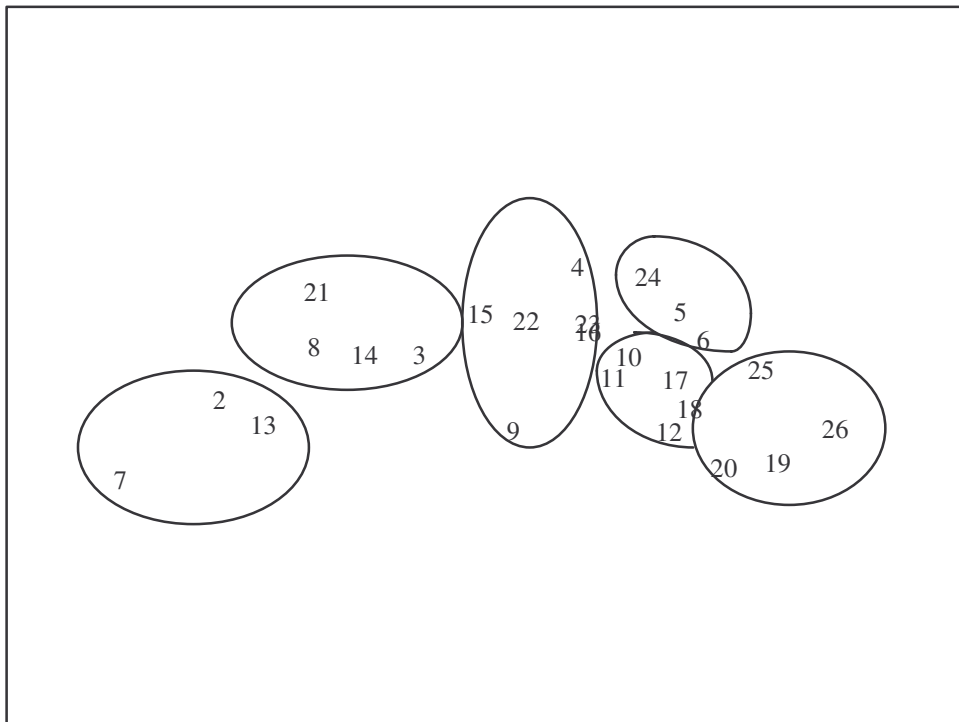


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.

Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktoratets gruppa 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.: 805834**

**Prøvetakingssted (område): Tennøya**

**Dato for prøvetaking: 10.5.2011**

**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:3 sider.

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

  
Signatur:.....  
Godkjent taksonom

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse

10.05.2011 Hugg nr	Tennøya					
	Ten 1		Ten 2		Ten 3	
	1	2	1	2	1	3
PORIFERA indet.	1			+		+
HYDROZOA						
Hydrozoa indet.			+		+	
ANTHOZOA						
Virgularia mirabilis	1					
Cerianthus lloydii				1		
Gonactinia prolifera						1
Edwardsia sp.	9	12	2	1	1	
Paraedwardsia sp.			1			1
NEMERTINI indet.	1			3	2	+
NEMATODA indet.	ca 20	ca 30	10	20	ca 20	ca 20
POLYCHAETA						
Polychaeta indet.		2				
Paramphinome jeffreysii			2			3
Pareurythoe borealis		3/3	1			
Polynoidae indet.	2	2		3	5	1
Pholoe baltica	3	3	7	12/1	15	21
Pisione remota	2	3				
Phyllodoce mucosa			1	0/1		
Eumida sp.					1	
Eumida ockelmanni				1		
Lacydonia sp.				1	1	1
Eulalia mustela	3	1	4	7/1	4/1	2
Eteone longa			2	1	1	
Gyptis rosea		2		6	3	4
Kefersteinia cirrata		10	3	12	10	1
Syllidae indet.	5	3		8	2	5
Exogone sp.			2	2	2	2
Sphaerodorium flavum		0/1		2		
Glycera lapidum	4/6	3/8	3/2	3/8	4/13	10/12
Nothria conchylega		1			1	1/1
Lumbrineridae indet.					2	
Protodorvillea kefersteini	1	1	2	1/2	2	2
Phylo norvegica						0/1
Scoloplos armiger			0/1			0/4
Aonides paucibranchiata	17	2	3	5	6	10
Laonice bahusiensis	2/2		5/4	3/4	3/3	2/3
Malacoceros sp.						1
Polydora sp.					3	
Prionospio cirrifera			3	4	13	4
Scolecopsis korsuni			1			1
Spio sp.	2	1				
Spiophanes bombyx		0/1	2	1/2		0/1
Spiophanes kroeyeri	0/1		0/2		0/2	2/3
Spiophanes wigleyi				0/1		
Aricidea catherinae					1	
Aricidea cerruti	1		2			
Paraonis sp.	1	1	11	11	7	16
Aphelochaeta sp.			2	4	1	4
Chaetozone sp.	2		1	1	1	2
Cirratulus cirratus		2	1	3	1	

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse

10.05.2011 Hugg nr	Tennøya					
	Ten 1		Ten 2		Ten 3	
	1	2	1	2	1	3
Cirriformia tentaculata						1
Macrochaeta clavicornis			7	8	5	1
Lipobranchus jeffreysii				0/5		
Axiokebuita sp.		3		5		
Scalibregma sp	1		1	1		
Capitella capitata					1	
Mediomastus fragilis			4	4		6
Notomastus latericeus	8/3	1/1	2/3	3/4	2/2	7/7
Maldanidae indet.			2	4	2	1
Myriochele danielsseni	1		2	1	2	6
Owenia borealis	10		8/4	4/1	5/1	18/8
Galathowenia fragilis	15	5		1	2	3
Galathowenia oculata					1	2
Pectinaria auricoma						2
Petta pusilla			1			
Sabellides indet.	1	5				1
Sabellides octocirrata	2	2				
Sosane sulcata			3	0/1	2/1	4/3
Anobothrus gracilis					1	
Mugga wahrbergi					1	
Melinna elisabethae					1	
Terebellidae indet.	12	2				
Amphitrite cirrata			1	1/2		
Paramphitrite birulai	1					
Eupolymnia nebulosa						1
Eupolymnia nesidensis		1	1	2	4/3	1
Pista cristata	0/1					
Pista lornensis				1/1	2	2
Thelepus cincinnatus					1/3	1/1
Streblosoma intestinale	1					1
Polycirrus sp.	1/2	1	6	4/2	1/6	2
Hauciella tribullata	0/1	2		1	0/2	0/1
Jasmineira sp.	3	3	5	3	3	2
Sabella pavonina	1					
Hydroides norvegica					1	
OLIGOCHAETA indet.	22	25	7	20	16	11
SIPUNCULA						
Sipuncula indet.	8	1		3	2	
Phascolion strombus	1		1	2	3	
CRUSTACEA						
Calanus finmarchicus	20	11	7	78	35	60
Natatolana borealis		0/1	0/2		0/1	
Amphipoda indet.	6	7	5	4	5	10
Galathea intermedia					0/1	
Anapagurus laevis	1	0/2	2/1			
MOLLUSCA						
Leptochiton asellus					2/2	4/3
Anatoma crispata	0/1					
Margarites groenlandicus	1					
Gibbula tumida					0/1	
Trivia arctica						1



## Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse

10.05.2011	Tennøya					
	Ten 1		Ten 2		Ten 3	
	1	2	1	2	1	3
Hugg nr						
Euspira montagui			1		1	
Melanella alba					0/1	
Nudibranchiata indet.				1	1	
Crenella decussata				0/1		
Modiolula phaseolina			0/2			0/1
Limatula subauriculata	8/1	0/2	4	2/1		0/1
Similipecten similis					0/1	
Thyasira sarsii						0/1
Astarte montagui			0/1			
Astarte sulcata					1	
Tellina pygmaea	0/1					
Venerupis sp.	1					
Timoclea ovata	1					
Cochlodesma praetenuae	1		0/1			
Antalis entalis					1	
BRYOZOA						
Bryozoa skorpeformet	+	+		+	+	
Bryozoa grenet	+	++		+	++	
ECHINODERMATA						
Amphipholis squamata		5/2		0/2	0/1	
Leptasterias muelleri			1			
Ophiocten affinis	2/1	0/1				
Echinocyamus pusillus					1	0/1
HOLOTUROIDEA						
Thyonidium drummondi					1	
Labidoplax buskii				3	2	2
Synaptidae indet.			1			
ENTEROPNEUSTA indet.				1		5
CHAETOGNATHA indet.		1				
ASCIDIACEA						
Ascidiacea indet.	2			0/5	8	
PISCES indet.		0/1				
PISCES egg.	3	1		2		
VARIA	+				+	

## Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



**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-000601-02**



**EUNOBE-00000268**

Prøvemottak: 22.08.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 23.08.2011-21.10.2011  
Referanse: 611101, 805834 ref. nr.42/2011

## ANALYSERAPPORT

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

Prøvenr.:	<b>441-2011-0823-087</b>	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	1	Analysestartdato:	23.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	81	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	4.3	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	6.6	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	210	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-0823-088</b>	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	2	Analysestartdato:	23.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff			15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-0823-089</b>	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	3	Analysestartdato:	23.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	54.1		15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	<9.3	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	20	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	790	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

### Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

### Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om 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-000601-02



EUNOBE-00000268



**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Bergen 01.11.2011

*Kristine Fiane Johnson*

-----  
Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

---

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2