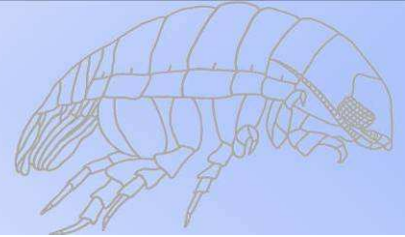


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research





e-Rapport nr. 4-2012

MOM C undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Barøya i Raudsund, i 2011

Fredrik R Staven
Vidar Strøm
Kristin Hatlen
Per-Otto Johansen



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

Rapportens tittel: MOM C undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Barøya i Raudsunda, 2011	Dato: 12.3.2011
	Antall sider og bilag: 31
Forfatter(e): Fredrik Staven, Vidar Strøm, Kristin Hatlen, og Per-Otto Johansen.	Prosjektleder: Fredrik R. Staven
	Prosjektnummer: 805823

Oppdragsgiver: Salmar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------------	-----------------------

Abstract: On assignment from Salmar Farming AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the area by the marine fish farm Barøya. The fish farm is located in Raudsunda in Namsos kommune. 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. The station Bar 1 is located approximately 250 meters north of the fish farm Barøya, Bar 2 lies about 320 meters northwest of the farm, and Bar 3 lies further east, in the remote zone of the farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.

The results show that the levels of phosphorus were a bit high on all stations. The percent volatile total solids were moderate on every station. The level of TOC was low at Bar 1 and Bar 2 (class II, good), while it was higher at Bar 3 (class III, less good). The hydrographical data showed normal values of both oxygen concentration (class I) in the water column on every station. The analysis of the sediment revealed a very fine-grained sediment profile at every station. This indicates a relatively low bottom current velocity in the area surrounding the fish farm. The soft bottom macrofauna investigation showed good conditions on all stations. All in all, the marine area surrounding the fish farm Barøya seems to be in a good shape. The species diversity is good on all stations. Some organic influence is visible on the remote zone station (Bar 3), but this is apparently not affecting the macrofauna in a negative way.

Keywords: Fish farm, Recipient, Benthos, Sediment	Emneord: Fiskeoppdrett, Resipient, Bunndyr, Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 4-2012
---	--	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12.03.2012	<i>P. O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	5.3.2012	<i>Fredrik R. Staven</i>

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til - analyser, samlet av: -

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-Marin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Per Johannessen og Tom Alvestad (begge SAM-Marin)

Rapportering utført av: SAM-Marin / Aqua Kompetanse

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-Marin

Prøvetaking til biologiske, geologiske og kjemiske analyser (Aqua Kompetanse).

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Tilhørende Salmar Farming

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

Akkreditert: Totalt tørrstoff, kobber, sink, fosfor

Ikke akkreditert: TOC

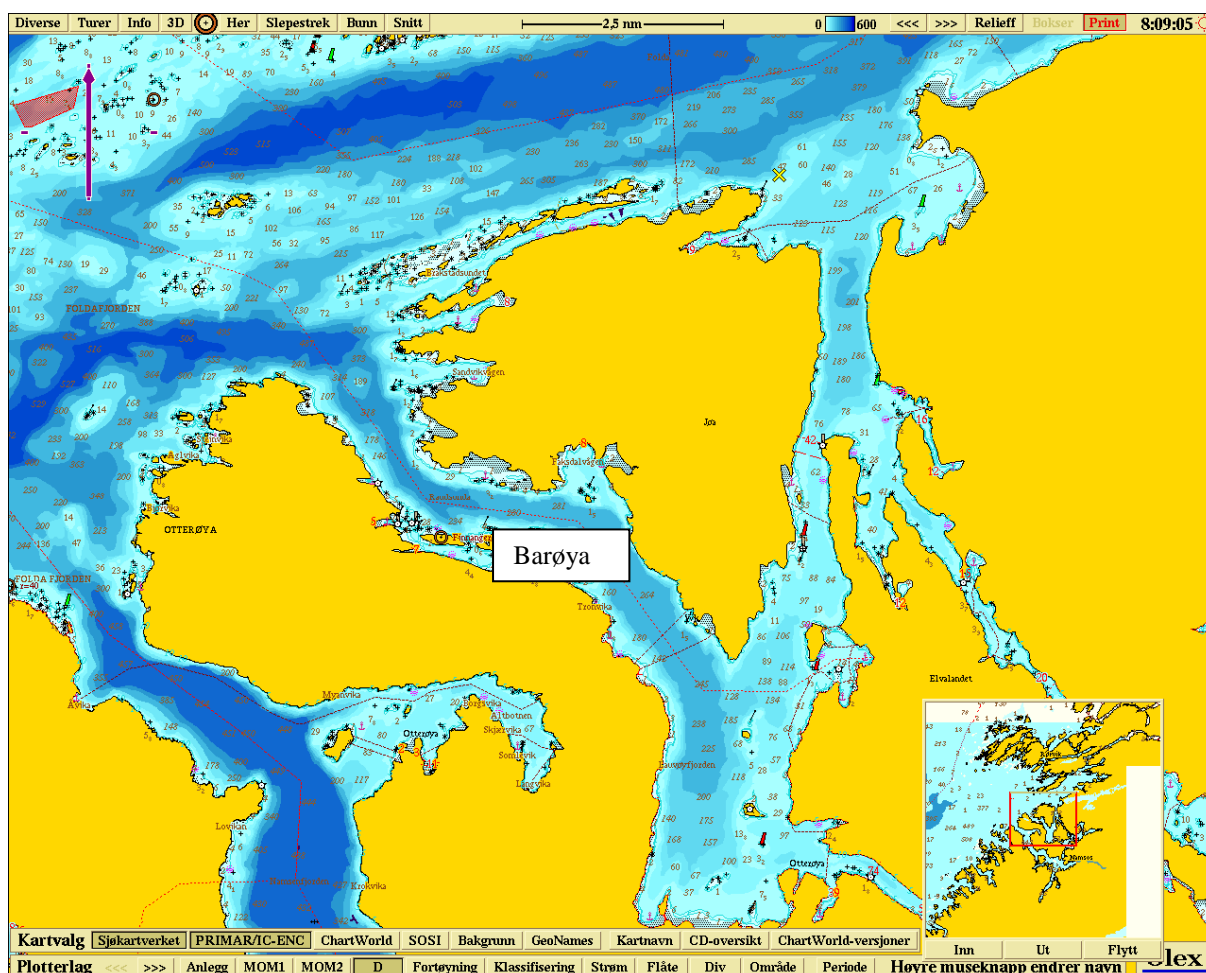
Andre: -

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment.....	3
2.2.3 Kjemiske analyser	3
2.2.4 Bunndyr	4
2.3 Produksjon	7
3 RESULTATER OG DISKUSJON	7
3.1 Hydrografi	7
3.2 Sediment	9
3.3 Kjemi	10
3.4 Bunndyr	10
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	16
5 TAKK	17
6 LITTERATUR	17
7 VEDLEGG	18
GENERELL VEDLEGGSDDEL	18
Vedleggstabell 1. Artsliste	26
Vedleggstabell 2. Analyserapport kjemi	29

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 Raudsunda, Namsos kommune i Nord-Trøndelag 31. 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.

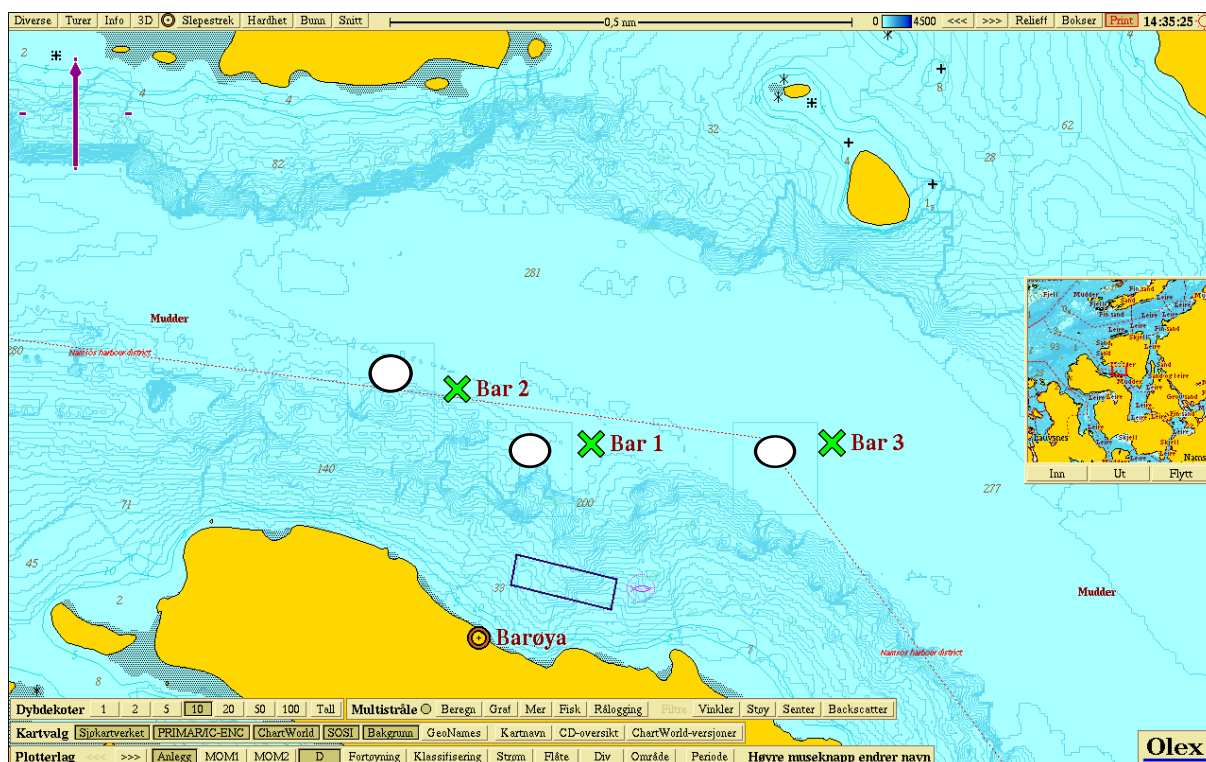
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger i Raudsunda, ved oppdrettsanlegget Barøya, eid av Salmar Farming AS. (Figur 2.1 og 2.2). Det største dypet i Raudsunda er cirka 336 m. Prøvetakingsområdet ligger ikke innenfor noen definert terskel, og Raudsunda karakteriseres derfor som en havbukt. Hele anlegget ligger over en bratt fjellskråning, hvor grabben rutsjet nedover fjellsida ved prøvetaking. Det ble derfor besluttet å legge både nærsone- og overgangssonestasjonen ved skråningsfoten. Stasjonen Bar 1 ligger cirka 250 meter nord for anlegget, Bar 2 320 meter nordvest for anlegget, mens stasjon Bar 3 fungerer som fjernsonestasjon og ligger cirka 490 meter nordøst for anlegget (Se figur 2.2).

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra oppdrettsbåten til Salmar Farming AS den 31. mai 2011. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra én stasjon, disse registreringene ble gjort den 14. februar 2012. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.2. Detaljskisse 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, temperatur og oksygen på én stasjon (figur 3.1 og 3.2). På grunn av en feil med oksygensonden, ble den hydrografiske målingen utført i etterkant av selve toktet. 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. Målingene ble utført 14. februar 2012.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet den 31. mai 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb (full grabb = 17 liter).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Bar 1 31.05.11	Raudsunda 64°37.386 N 11°14.065 Ø	275	1	12,85	Leire, lys farge. Ingen lukt. Slangestjerne observert i prøven. Uttak av faunaprøve.
			2	11,72	Leire, lys farge. Ingen lukt. Slangestjerne i prøven. Uttak av faunaprøve.
			3		Uttak av kjemi og geologiprøve.
St. Bar 2 31.05.11	Raudsunda 64°37.446 N 11°13.727 Ø	277	1	8,43	Leire, lys farge. Ingen lukt. Børstemark og slangestjerne i prøven. Uttak av faunaprøve.
			2	14,0	Leire, lys farge. Ingen lukt. Børstemark og slangestjerne i prøven. Uttak av faunaprøve.
			3		Uttak av kjemi og geologiprøve.
St. Bar 3 31.05.11	Raudsunda 64°37.387 N 11°14.673 Ø	274	1	11,72	Leire og silt, lys farge. Ingen lukt. Børstemark og sjøstjerne i prøven. Uttak av faunaprøver.
			2	11,72	Leire og silt, lys farge. Ingen lukt. Børstemark og sjøstjerne i prøven. Uttak av faunaprøver.
			3		Uttak av kjemi og geologiprøve.

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 sedimentoverflaten, og lukte råttent (H₂S). 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 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 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 ₂ /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"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	<ul style="list-style-type: none"> - 5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²
Miljøtilstand 4 (uakseptabelt)	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

2.3 Produksjon

Lokaliteten hadde ikke vært i bruk siden i 2002 på undersøkelsestidspunktet.

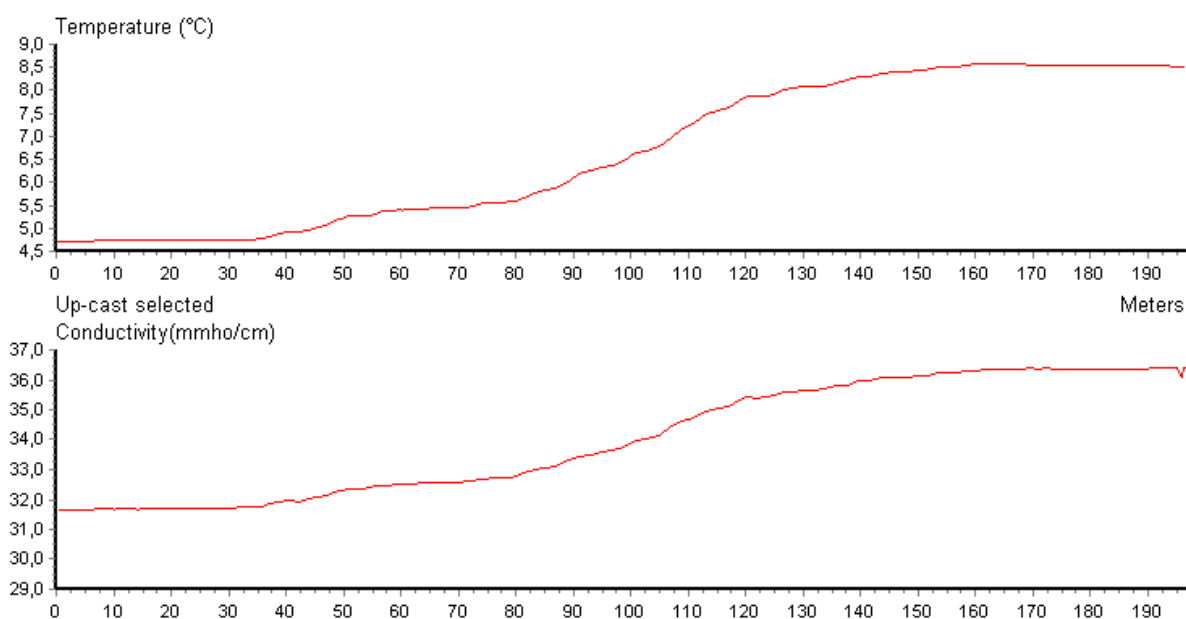
3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Resultatet fra den hydrografiske målingen ved stasjon Bar 3 er vist i figur 3.1 og 3.2. Et kaldere og ferskere vannlag er markant i de øverste 40 meterne av vannsøylen. Temperaturen ligger på cirka 4,7 °C, mens saliniteten ligger på rundt 31,7 ‰. Videre nedover i dypet stiger temperaturen og saliniteten gradvis til henholdsvis 8,5 °C og 36,0 ‰.

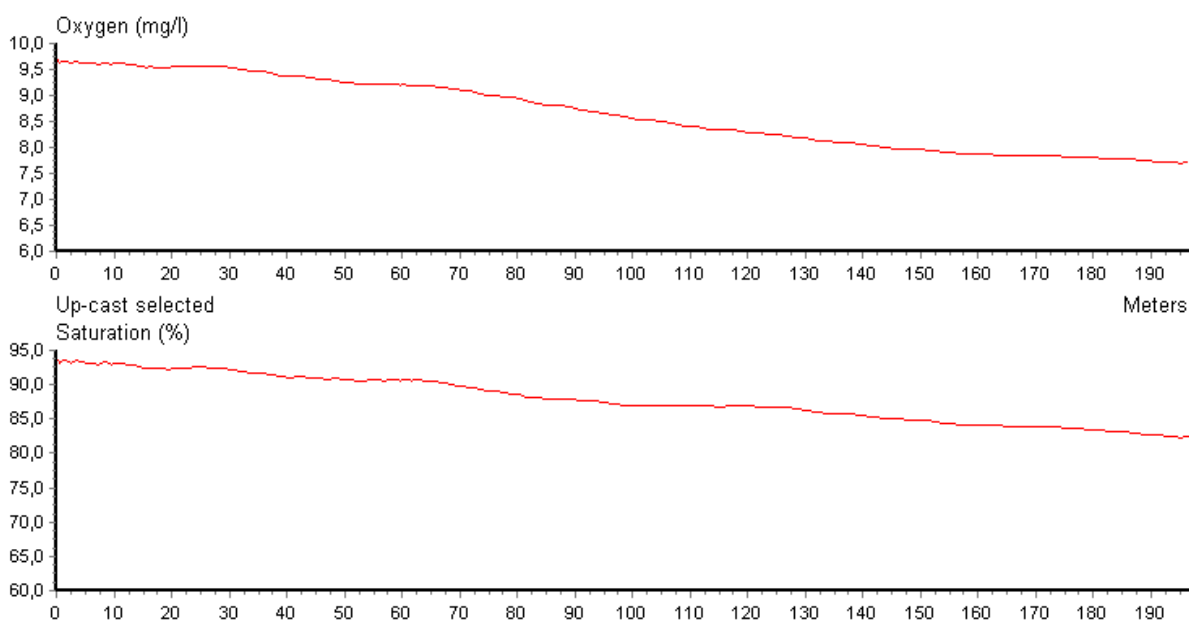
Oksygenkonsentrasjonen synker gradvis nedover i dypet fra cirka 9,7 mg/l i de øverste meterne til rundt 7,8 mg/l ved bunnen. Etter KLIF's tilstandsklassifisering av oksygenkonsentrasjon i bunnvann tilsvarer 7,8 mg O₂/l en meget god tilstand (Molvær et al. 1997). Oksygenmetningen synker også gradvis fra rundt 93 % i de øverste meterne til rundt 83 % i bunnvannet. Såpass homogene oksygenverdier tyder på at det er god omrøring i hele vannsøylen.

File name: salmar baroya febr 2012.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 3 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 13:25:04 - 14.Feb-12 (No. 9598) To: 13:37:18 - 14.Feb-12 (No: 9965)



Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 200 meters dyp på stasjon Bar 3 den 14. februar 2012.

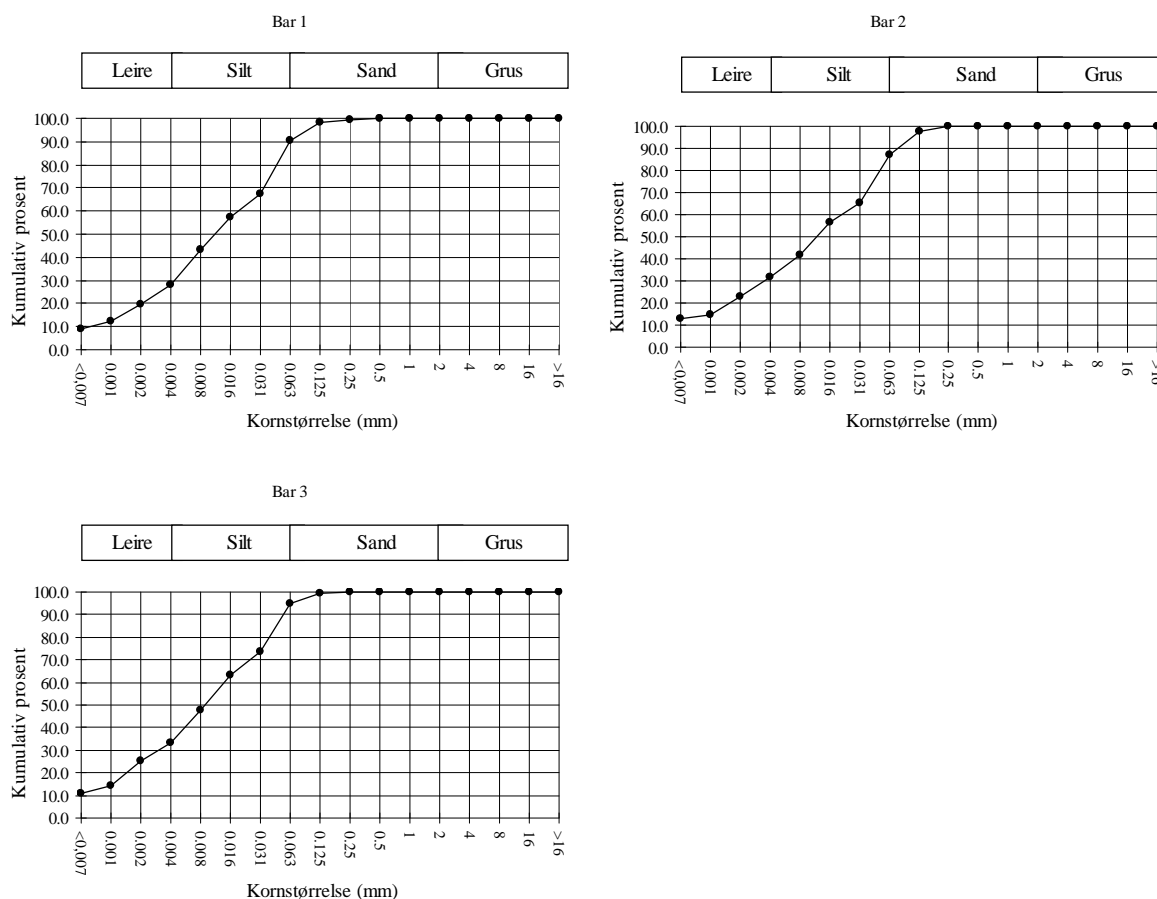
File name: salmar baroya febr 2012.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 3 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 13:25:04 - 14.Feb-12 (No. 9598) To: 13:37:18 - 14.Feb-12 (No: 9965)



Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 200 meters dyp på stasjon Bar 3 den 14. februar 2012.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.3 og Tabell 3.2. Alle de tre prøvetakingsstasjonene innehar en høy andel finpartikulært materiale. Andelen leire og silt utgjorde over 85 % ved alle stasjoner. Sedimentet ved Bar 1 besto av 28 % leire, 63 % silt, og 9 % sand. Bar 2 hadde 32 % leire, 56 % silt, og 13 % sand. Fjernsonestasjonen Bar 3 hadde 33 % leire, 61 % silt, og 5 % sand.



Figur 3.3. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Barøya i 2011.

Tabell 3.2. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Barøya i 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Bar 1	275	7.32	28	63	91	9	0
Bar 2	277	7.17	32	56	87	13	0
Bar 3	274	7.54	33	61	95	5	0

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Barøya er vist i Tabell 3.3 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). I dette tilfellet var glødetapet moderat på samtlige stasjoner. Dette gjenspeiles også i TOC som får tilstand II (God) på Bar 1 og Bar 2 og tilstand III (Mindre god) på Bar 3. Nivået av fosfor var noe høyt, og høyest på fjernstasjonen, Bar 3. Ellers var konsentrasjonen av sink og kobber lave på alle de tre stasjonene som ble undersøkt.

Tabell 3.3. Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Barøya 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 Karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Bar 1	11	23,8	II	730	91	I	15	I	53
Bar 2	13	25,4	II	780	110	I	15	I	53
Bar 3	17	28,7	III	850	120	I	17	I	51

3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.4-3.6, Figurene 3.4-3.6 og Vedleggstabell 1.

Bar 1 ligger på 275 m dyp et lite stykke fra anlegget og kan derfor ikke kalles nærsone. Her ble det funnet 409 individer og 48 arter. Dette indikerer ifølge MOM-standarden, en meget god miljøtilstand (Tilstand 1). Diversiteten var på 3,95 og KLIFs klassifisering beskriver derfor diversiteten som "Svært god". I tillegg beskriver Vanndirektivets klassifiseringsindekser (NQI1 og NQI2) et svært godt artsmangfold. Den mest individrike arten var slangestjernen *Amphilepis norvegica*, som utgjorde 26 % av total individmengde. Ellers fantes det fem molluskarer, tre børstemarkarter og en pølseormart blant de ti mest individrike artene. Dette indikerer en variert faunasammensetning. Fordelingen av arter innen geometriske klasser indikerer moderate forhold på Bar 1, ellers tyder resultatene på svært gode bunnforhold.

I overgangssonen, på 277 m dyp, ligger Bar 2. Her ble det funnet 572 individer fordelt på 49 arter og en diversitet på 4,34. KLIFs og Vanndirektivets klassifiseringsindekser (NQI1 og NQI2) tyder på en "Svært god" faunadiversitet og -mangfold. Det samme indikerer MOM-klassifiseringen ("Meget god"). Slangestjernen *Amphilepis norvegica* var også her den mest individrike arten og utgjør 20 % av total mengde individer. Ellers fantes det fem molluscarter, tre børstemarkarter og en pølseormart blant de ti mest individrike artene, hvilket indikerer en variert faunasammensetning. Fordelingen av arter innen geometriske klasser indikerer moderate forhold, ellers peker alle parametre mot svært gode bunnforhold.

I fjernsonen, på 274 m dyp, ligger Bar 3. På denne stasjonen ble det funnet 560 individer og 45 arter. Dette gir en diversitet på 3,68 og dermed tilstanden "God". Vanndirektivets klassifiseringsindekser (NQI1 og NQI2) tyder på en "Svært god" faunadiversitet og -mangfold. Fordelingen av arter innen geometriske klasser indikerer gode forhold. Også her var slangestjernen *Amphilepis norvegica* den mest individrike arten, med 26 % av alle individer. De resterende ni mest individrike artene inkluderte en pølseormart, fem molluscarter og tre børstemarkarter. Dette tyder på en variert faunasammensetning.

Det er stor likhet mellom de tre stasjonene undersøkt. Blant de ti mest individrike artene, var ni like for alle tre stasjoner. Det samme sees i cluster- og MDS-figurene, som viser at det var i overkant av 60 % likhet mellom stasjonene. Dette kommer trolig av at alle ligger omtrent på samme dyp og at ingen av stasjonene ligger spesielt tett på anlegget.

Alle stasjonene hadde svært gode forhold på det undersøkte tidspunktet.

Tabell 3.4. Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve fra Barøya 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')	KLI F TK	MOM TK	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Bar 1	1	186	36	4.12			0.80			
	2	223	36	3.52			0.68			
	Sum	409	48	3.95		1	0.71	0.91	0.83	0.76
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Bar 2	1	298	45	4.51			0.82			
	2	274	33	3.87			0.77			
	Sum	572	49	4.34		1	0.77	1.23	0.80	0.77
TK					Svært god	Meget god			Svært god	Svært god
Bar 3	1	287	35	3.81			0.74			
	2	273	26	3.32			0.71			
	Sum	560	45	3.68			0.67	0.82	0.82	0.75
TK					God				Svært god	Svært god

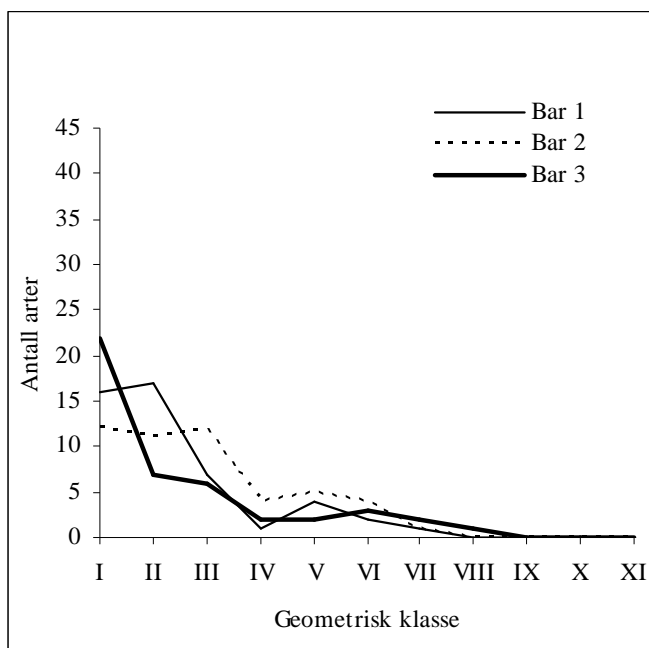
Tabell 3.5. De mest tallrike artene/gruppene fra Barøya i 2011.

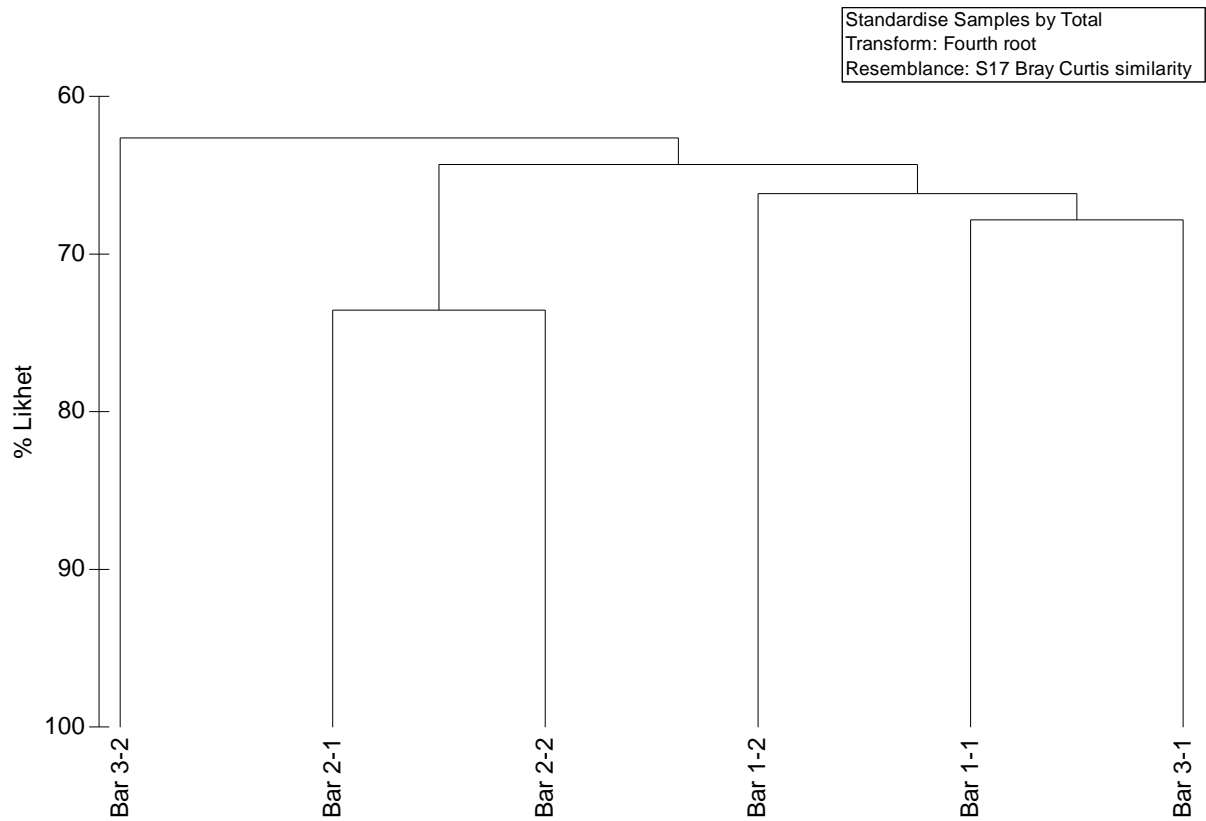
Bar 1	Antall individer	%	Kum.%	Bar 2	Antall individer	%	Kum.%
<i>Amphilepis norvegica</i>	108	26	26	<i>Amphilepis norvegica</i>	112	20	20
<i>Kelliella abyssicola</i>	55	13	40	<i>Myriochele heeri</i>	58	10	30
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	52	13	53	<i>Kelliella abyssicola</i>	51	9	39
<i>Thyasira equalis</i>	29	7	60	<i>Mendicula feruginosa</i>	50	9	47
<i>Caudofoveata indet.</i>	22	5	65	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	34	6	53
<i>Mendicula feruginosa</i>	22	5	70	<i>Thyasira equalis</i>	30	5	59
<i>Heteromastus filiformis</i>	20	5	75	<i>Caudofoveata indet.</i>	27	5	63
<i>Nucula tumidula</i>	9	2	78	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	5	68
<i>Galathowenia oculata</i>	7	2	79	<i>Pholoe pallida</i>	23	4	72
<i>Pholoe pallida</i>	6	1	81	<i>Nucula tumidula</i>	20	3	76

Bar 3	Antall individer	%	Kum.%
<i>Amphilepis norvegica</i>	143	26	26
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	94	17	42
<i>Kelliella abyssicola</i>	68	12	54
<i>Heteromastus filiformis</i>	40	7	62
<i>Mendicula feruginosa</i>	35	6	68
<i>Caudofoveata indet.</i>	33	6	74
<i>Thyasira equalis</i>	30	5	79
<i>Pholoe pallida</i>	25	4	84
<i>Nucula tumidula</i>	14	3	86
<i>Diplocirrus glaucus</i>	8	1	88

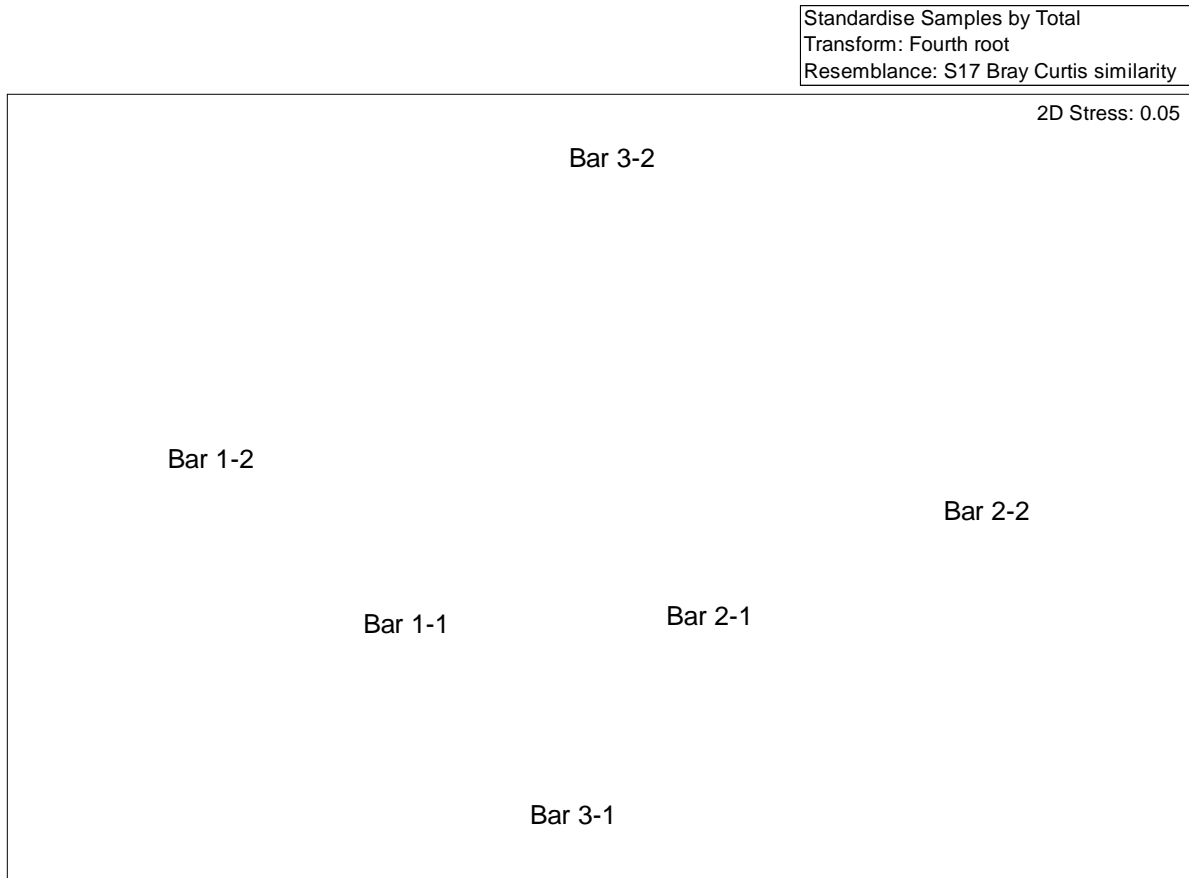
Tabell 3.6. Geometriske klasser fra Barøya i 2011.

Geom.kl.	Bar 1	Bar 2	Bar 3
I	16	12	22
II	17	11	7
III	7	12	6
IV	1	4	2
V	4	5	2
VI	2	4	3
VII	1	1	2
VIII	0	0	1
IX	0	0	0
X	0	0	0

**Figur 3.4.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Barøya i 2011.



Figur 3.5 Dendrogram fra clusteranalyse av bunnfaunaresultatene fra Barøya i 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m². Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Bar 3-2 betyr stasjonen Bar 3, hugg 2.



Figur 3.6. MDS-plott av bunnfaunaresultatene fra Barøya i 2011. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m². Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Bar 3-2 betyr stasjonen Bar 3, hugg 2.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en MOM C- undersøkelse i sjøen ved et oppdrettsanlegg i Raudsunda i Namsos kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 31. mai 2011, og hydrografisk måling av vannsøylen utført den 14. februar 2012. Det ble tatt bunnprøver fra tre stasjoner og registrert hydrografi på én stasjon.

De hydrografiske målingene viste høye verdier av oksygen (tilstand I) og normale verdier av salinitet i hele vannsøylen. KLIF's tilstandsklassifisering gir oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet tilstand 'meget god' (Molvær et al. 1997). Dette tyder på at det jevnlig er god omrøring i vannsøylen i undersøkelsesområdet.

Sedimentundersøkelsen viste et svært finkornet sediment ved alle prøvetakingsstasjonene. Andelen leire og silt utgjorde over 85 % prosent ved alle stasjonene, der siltandelen var størst. Dette kan indikere en noe svak bunnstrøm. Et finkornet sediment indikerer ofte også en høyere andel organisk materiale. Glødetapet var moderat på samtlige stasjoner, mens TOC fikk tilstand II (god) på Bar 1 og Bar 2, og tilstand III (mindre god) på Bar 3. Nivået av fosfor var noe høyt, og høyest ved fjernsonestasjon Bar 3. Ellers var nivåene av sink og kobber var lave på samtlige stasjoner. De bentiske miljøforholdene i området rundt lokaliteten viste svært gode forhold på det undersøkte tidspunktet.

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
Bar 1	275	I	I	I	I	II
Bar 2	277	I	I	I	I	II
Bar 3	274	II	-	I	I	III

5 TAKK

Vi takker Torstein fra Salmar Farming AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på hans båt. På toktet deltok Fredrik R Staven fra Aquakompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. 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: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet.

7 VEDLEGG

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

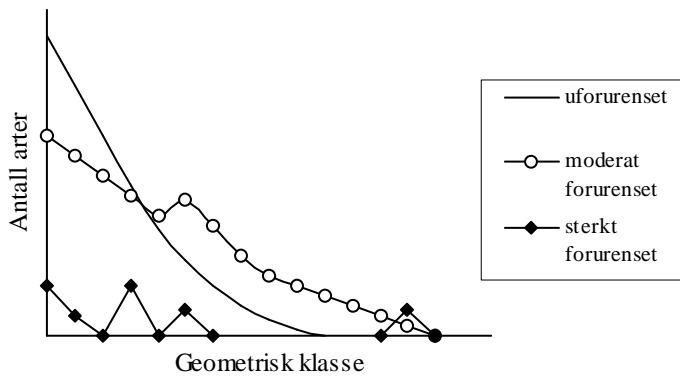
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



Figur v1. Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurensset, moderat forurensset og for et sterkt forurensset 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 ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og Ni 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 formlene:

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

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

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 miljøgrader. 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 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:

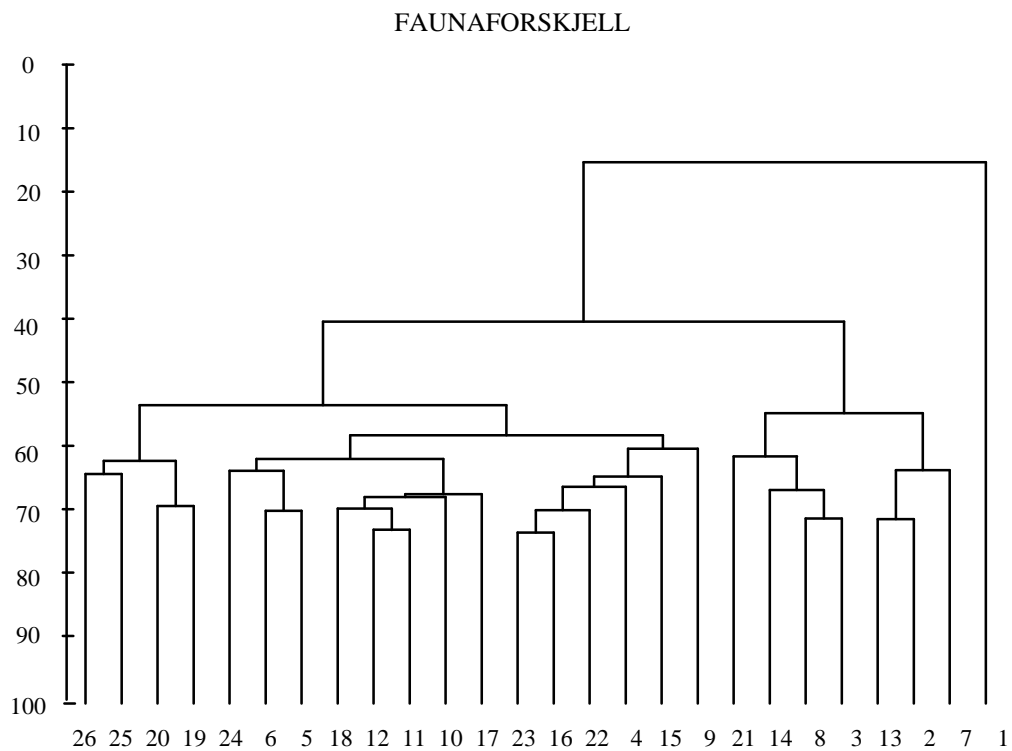
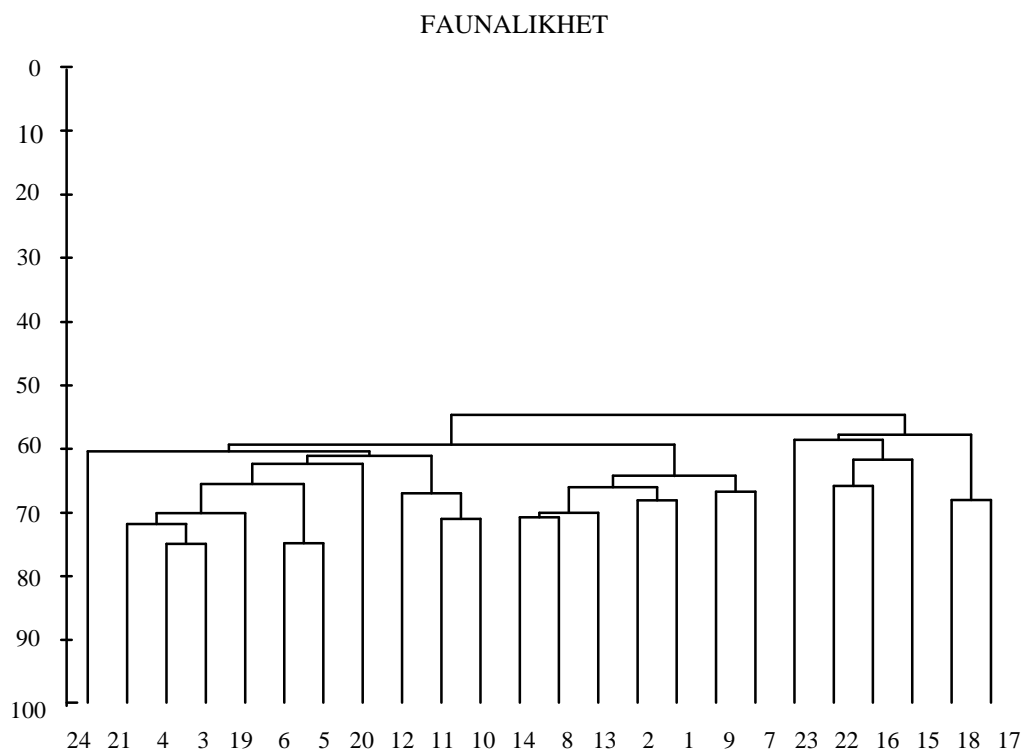
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

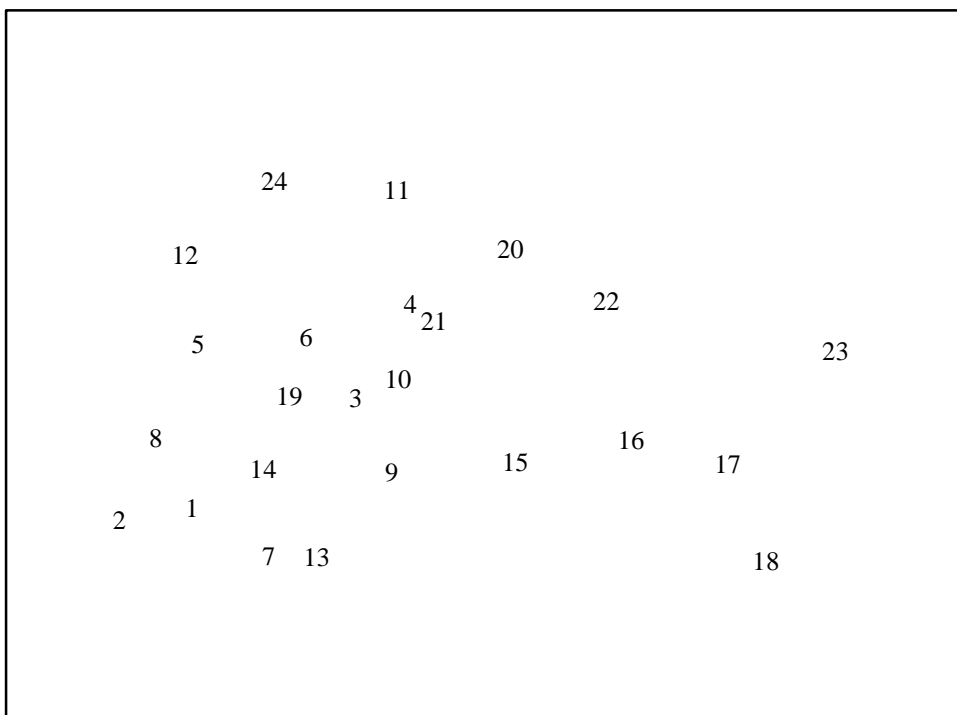
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget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

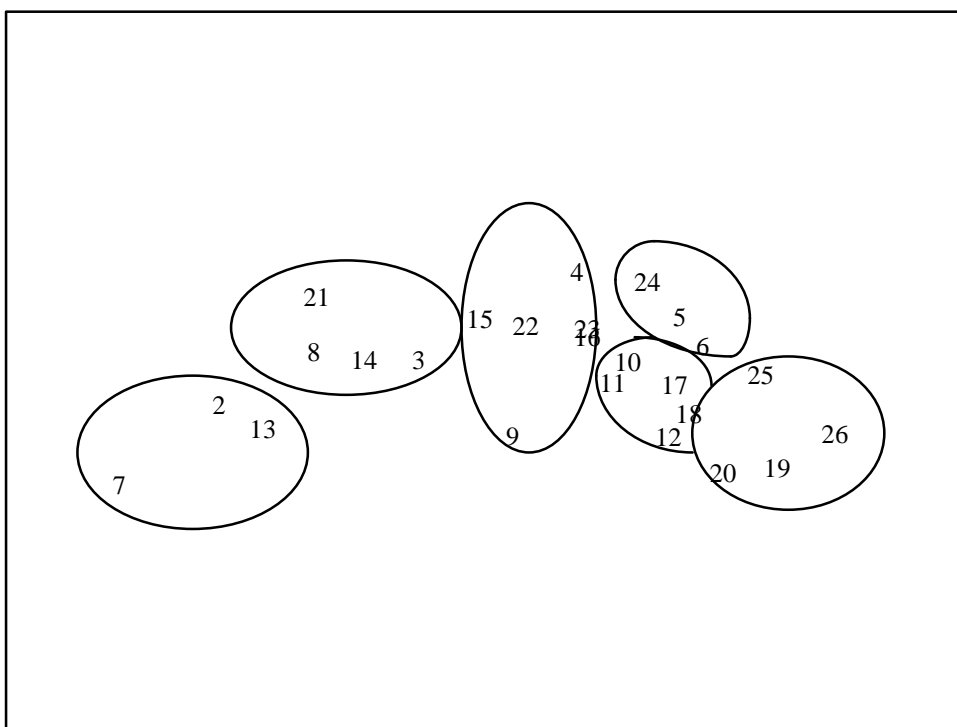


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

Vedleggstabell 1. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Kompetanse AS
Prosjekt nr.: 805823
Prøvetakingssted (område): Barøya i Raudsunda
Dato for prøvetaking: 31.05.2011
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aque Kompetanse AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Per Johannessen

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO 5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO 5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av:2 sider.

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

Signatur:.....
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

31.5.2011	Område	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya
Art	Stasjon	St.1	St.1	St.2	St.2	St.3	St.3
Hugg nr		1	2	1	2	1	2
* ANTHOZOA							
Anthozoa indet.				1			
Stylatula elegans					1		
* NEMERTINI indet.		4	2	+	2	4	2
* NEMATODA indet.				1		2	4
POLYCHAETA							
Abyssoninoe sp			1				
Paramphinome jeffreysii		5				1	2
Aphrodita aculeata			0/1				
Laetmonice filicornis			0/1				
Pholoe baltica		1		2			1
Pholoe pallida		3	3	12	11	12	13
Protomystides exigua							1
Ophiodromus flexuosus		0/1	1	2		0/1	
Pilargis sp.		1					
Exogone sp.				1		1	
Ceratocephale loveni		1	0/1	1			1
Nephtys hystericis		0/3		0/3	1	0/1	
Nephtys paradoxa							0/1
Paradiopatra quadricuspis			1	1			1
Lumbrineridae indet.				6		1	
Phylo norvegica		1	1				
Prionospio dubia		1/1		1	0/1	1	
Spiophanes kroeyeri		0/3		1/1	1/1	0/1	
Spiochaetopterus bergensis				1			
Levinsenia gracilis		1	1			5	1
Aphelochaeta sp.			1	1	1	1	
Chaetozone sp.				1			
Brada villosa				2	0/1		
Diplocirrus glaucus		1	1/1	2		4/4	
Ophelina norvegica					2	1	
Dasybranchus caducus			1				
Heteromastus filiformis		7	13	10	17	26	14
Notomastus latericeus						0/1	
Clymenura borealis			1	5/2	2	0/1	
Asychis biceps				2/2	1	1/3	
Rhodine loveni		2	2	1			
Maldanidae indet.		2	1			4	
Myriochele heeri				39	19		
Galathowenia fragilis						1	
Galathowenia oculata		5	2	7	1	1	2
Pectinaria belgica		2		3	2	2	1
Anobothrus gracilis						0/2	
Amythasides macroglossus			2				
Melinna cristata		1	2	0/1	6/2		2
Melinna albicineta		1					
Paramphitrite tetrabanchia			1	1			
Streblosoma intestinale				0/1			
Terebellides stroemi		0/1	0/2	0/2	2/3	1	
SIPUNCULA							

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

31.5.2011	Område	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya	Barøya
	Stasjon	St.1	St.1	St.2	St.2	St.3	St.3
Art	Hugg nr	1	2	1	2	1	2
Onchnesoma steenstrupi		10/1	38/3	22/2	8/2	35/3	53/3
Onchnesoma squamatum			1	2		0/1	
Nephasoma cf. minutum			1	1	1		
CRUSTACEA							
* Calanus finmarchicus							1
* Macrocypris minna		1					
* Eudorella emarginata				4		2	
* Diastylodes serrata					1	2	2
* Tanaidacea indet.		2	1				
Eriopisa elongata					1		
* Nicippe tumida			1			1	
MOLLUSCA							
Caudofoveata indet.		11	11	8	19	19	14
Haliella stenostoma		0/1		0/2			
Cylichna umbilicata							1
Nucula tumidula		2/2	1/4	4/5	6/5	5/2	5/2
Yoldiella lucida				2	0/2		1
Thyasira obsoleta			1	1/1	2/1	2/1	1/1
Thyasira equalis		13/7	7/2	17/4	8/1	11/4	11/4
Axinulus eumyaria		1					
Mendicula feruginosa		14/2	4/2	16/5	27/2	21/1	13
Adontorhina similis		2				1	
Parvicardium minimum				1/1	0/2		
Abra nitida		1/1	0/1	3	2/2	2/1	1
Kelliella abyssicola		9/12	19/15	10/12	15/14	16/6	37/9
Tropidomyia abbreviata		2/1	0/1	2/1		0/2	3/2
Entalina tetragona		2/1	0/1	5/1	1		2
ECHINODERMATA							
Astropecten irregularis					0/1		
Amphiura chiajei		0/2	1/2	1/8	2/2	2/1	
Amphilepis norvegica		10/32	26/40	8/33	23/48	20/54	19/50
Ophiura carnea		2		4/1	1/1		0/1
ENTEROPNEUSTA indet.		1	1				
* VARIA						+	

Vedleggstabell 2. Analyserapport 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-000256-01



EUNOBE-00000283

Prøvemottak: 22.08.2011
Temperatur:
Analyseperiode: 24.08.2011-20.09.2011
Referanse: 805823 ref nr 30/2011

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2011-0824-029	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	1	Analysestartdato:	24.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	53	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	15	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	91	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	730	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	11.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-0824-030	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	2	Analysestartdato:	24.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	53	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	15	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	110	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	780	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	13.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	441-2011-0824-031	Prøvetakingsdato:	22.08.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	3	Analysestartdato:	24.08.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	51	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	17	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	120	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	850	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	17.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

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-000256-01



EUNOBE-00000283



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

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