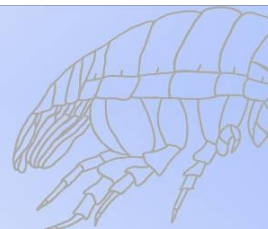


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø





e-rapport nr: 5 – 2012

MOM-C undersøkelse ved lokalitet Kyrøyan Vikna kommune i 2012

Vidar Strøm
Nasir El Shaikh
Ragni Torvanger
Per-Otto Johansen





	SAM-Marin	
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 oppdrettslokalitet Kyroyan i Vikna kommune i 2012.	Dato: Dato: Felt: 29.08.2012 Rapport: 06.03.2013 Antall sider og bilag: 42
Forfatter(e): Vidar Strøm, Nasir El Shaikh, Ragni Torvanger, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Vidar Strøm Prosjektnummer: 806940

Oppdragsgiver: Midtnorsk Havbruk AS	Tilgjengelighet: Åpen
-------------------------------------	-----------------------

Abstract: On assignment from Midtnorsk Havbruk AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the marine area by the fish farm Kyroyan, which is located in Vikna, Nord-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; Kyr1, which is located in the near zone in close proximity to the fish farm, Kyr2, which is located in the transition zone to the fish farm, and Lismås3, which lies in the remote zone further north east of the farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority (KLIF). The results show that the levels of phosphorus, zinc, and cobber were low (class I, very good) on all three stations. The hydrographical data showed normal conditions in the water column. The total organic carbon (TOC) showed high levels on all stations, and gave class IV (bad) at Kyr1, and class V (very bad) at Kyr2 and Kyr3. The organic content expressed as % volatile total solids also indicated a somewhat high organic level at Kyr2 and Kyr3, while it indicated a low organic content at Kyr1. The sediment from the near zone station consisted mainly of gravel, while the sediment from the two other stations consisted mainly of fine-grained particles (silt and clay). This indicates a somewhat low current velocity at the ocean bottom in the deep water area. The soft bottom macrofauna investigation showed a low species diversity at Kyr1. The diversity at Kyr2 was good, while it was moderate at Kyr3. To summarize, this study reveal some organic influence to the marine environment in the deep water areas east of Kyroyan. This can be due to both natural sources (rotting seaweed) and the fish farm. Future investigations after increased production will give better answers to this question.

Keywords: Kyroyan, MOM C, Fish farm, Recipient, Benthos, Sediment	Emneord: Kyroyan, MOM C, Fiskeoppdrett, Resipient, Bunndyr, Sediment	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 5-2013
---	--	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	06.03.2013	
Prosjektet / undersøkelsen:	29.08.2012	

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

Følgende er utført akkreditert:

Sortering av sediment utført av: SAM-Marin

Identifikasjon av marin fauna utført av: SAM-Marin

Rapportering utført av: SAM-Marin og Aqua Kompetanse

Kornfordelingsanalyser utført av: SAM-Marin

Ikke akkreditert:

Glødetapsanalyser utført av: SAM-Marin

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: Aqua Kompetanse

LEVERANDØRER

Toktfartøy: arbeidsbåten på Kyrøyan, Midtnorsk Havbruk AS

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

Akkreditert: 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	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr.....	10
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	17
3.3 Kjemi	18
3.4 Bunndyr	19
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	24
5 TAKK	25
6 LITTERATUR	26
7 VEDLEGG	27
Generell vedleggsdel	27
Generelt	27
Geometriske klasser	27
Univariate metoder	28
Ømfintlighet	29
Sammensatte indekser	29
Referansetilstand og klassegrenser.....	29
Multivariate analyser.....	30
Dataprogrammer.....	32
Litteratur til Generelt Vedlegg	35
Vedleggstabell 1. Artsliste	36
Vedleggstabell 2. Geometriske klasser	40
Vedleggstabell 3. Analysebevis	41

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Kyrøyan ved et øyområde, sør i Vikna kommune. Innsamlingene ble gjennomført 29. august 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Kyrøyan. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

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

Undersøkelsen er utført av Aquakompetanse AS etter avtale med Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra Midt-Norsk Havbruk AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Research AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

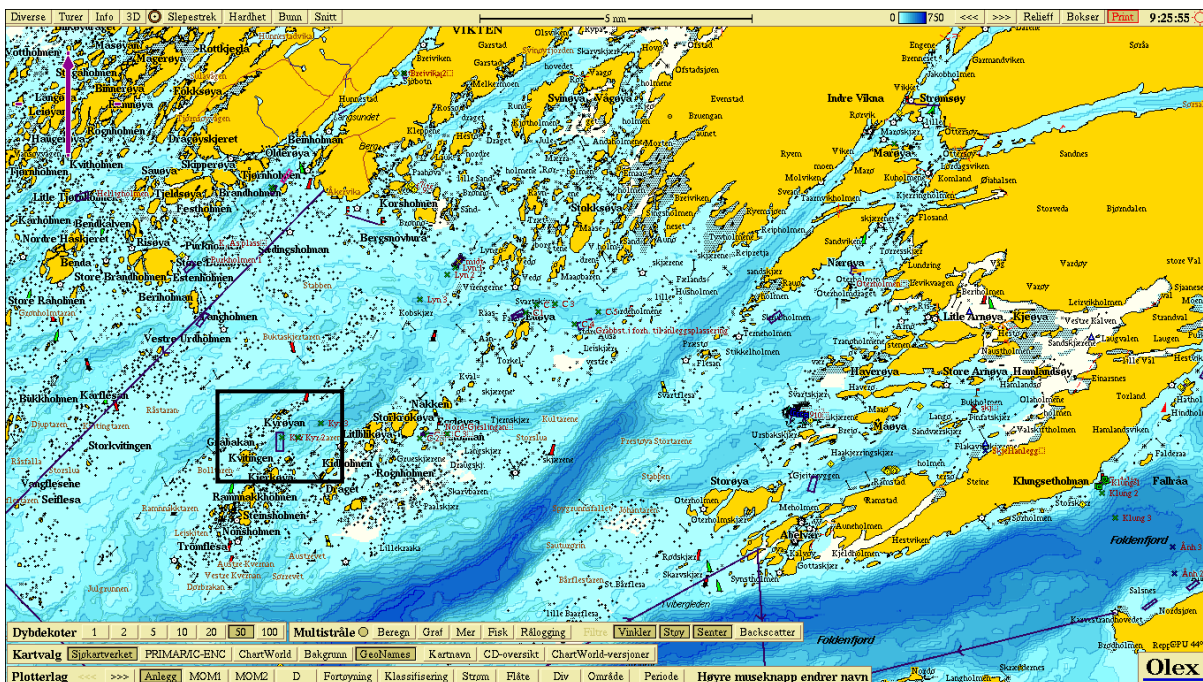
2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger vest for Nærøysundet, Vikna kommune. Havdybden på lokaliteten varierer fra 60-145 meter. (Figur 2.1, 2.2). Lokaliteten ligger mot åpent hav i nordøst. I sørvest har man et trangt og grunt sund. Vest-, sør- og østenfor lokaliteten har man øyområder. Havbunnen under anlegget består av en undersjøisk fjellrygg der man finner skjellsand innimellom. I nordøstlig retning er havbunnen relativt flat, men skrå og blir gradvis dypere når man beveger seg nordøstover bort fra anlegget. På bakgrunn av en måling av spredningsstrømmen ved lokaliteten i 2008, der hovedretningen på vannstrømmen var nordøstlig, valgte vi å legge prøvetakingsstasjonene i nordøstlig retning i forhold til anlegget (Kilde: Vannstrømrappport fra juli 2008 av Marin Konsulent i Nord-Trøndelag). Nærsonestasjonen, Kyr 1, er tatt like innenfor anleggsramma. Overgangssonestasjonen, Kyr 2, er tatt cirka 500 meter øst for anlegget. Fjernsonestasjonen, Kyr 3, er tatt nesten halvannen kilometer i dypvannsområdet nordøst for anlegget (Figur 2.2).

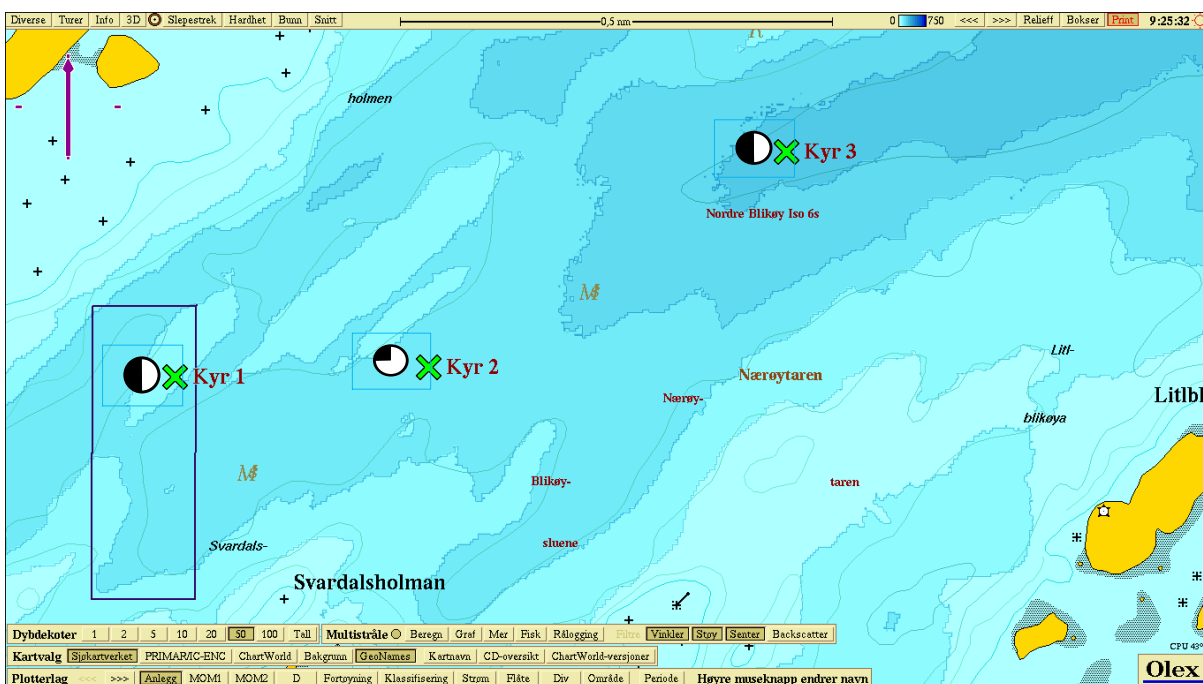
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 29. august, 2012. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Vidar Strøm og Nasir El Shaikh fra Aquakompetanse AS.

Det ble også tatt en hydrografisk profil fra stasjonene. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet. På grunn av en feil med oksygensonden foreligger det ikke oksygenmåling fra stasjon Kyr 3.



Figur 2.1: Oversiktskartet viser Nærøysundet med omkringliggende områder. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Kyrøyen. Kart kilde: Olex.



Figur 2.2: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Kyrøyen i august, 2012. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0,1 m² Van Veen grabb (full grabb = 17 liter).

SAM-Marin

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone 29.08.12	Kyrøyan 64° 45.897'N 10° 48.524'Ø	90	1	11,7	Sand og litt silt, noe misfarging på toppen, litt fôrrester samt noe lukt. Børstemark observert i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	9,5	Sand og litt silt, noe misfarging på toppen, litt fôrrester samt noe lukt. Børstemark observert i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	-	Uttak til kjemisk og geologisk prøve.
Overgangssone 29.08.12	Kyrøyan 64° 45.909' N 10° 49.210'Ø	136	1	17,0	Silt, lys grå farge, ingen lukt. Børstemark og pigghuder observert. Uttak til faunaprøver.
			2	17,0	Silt og leire, lys grå farge, ingen lukt. Børstemark observert i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	17,0	Uttak til kjemisk og geologisk prøve.
Fjernsone 29.08.12	Kyrøyan 64° 46.158'N 10° 50.180'Ø	214	1	17,0	Silt, lys grå farge, ingen lukt. Børstemark observert i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	17,0	Silt og leire, lys grå farge, ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	-	Uttak til kjemisk og geologisk prøve.

2.2.1 Hydrografi

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

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hullet hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser.

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan, 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om 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 strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 17294-2. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter EN 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter EN 14346. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2).

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 bløtbunns-artene 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 få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet 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 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 8 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sediment-restene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

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 gjennomføring av vanddirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann, Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIF's veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og ømfintlighetsindeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederene. Klassegrensene for Shannon–Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 01:2009, Direktoratets-gruppen Vanddirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Bakgrunn/ Meget god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	97:03	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	97:03	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	01:2009		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	3-4	2-3	1-2	<1
	NQI1	01:2009		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2	01:2009		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

*Omregningsfaktoren til mgO₂ /l er 1,42

** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6⁰C

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

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Kyrøyen startet produksjonen i 2009. Anlegget har ligget i nåværende posisjon i cirka 2 år. Anlegget er 600x250 meter og består av 12 ringer. Det er produksjon i hele anlegget. Biomassen ved undersøkelsestidspunktet (29. august, 2012) var 3.009.134 kg. Fisken er av vår-11 årgang og ble utslaktet 07.11.2012. Anlegget blir deretter brakklagt fram til april/13.

Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

	Utfôret mengde	Produsert mengde
Siste år	5.103 tonn	ca. 4.700 tonn
Siste 3 år	11.049 tonn	ca. 10.180 tonn

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved prøvetakingsstasjonene den 29. aug, 2012. På grunn av en feil med oksygensonden foreligger det ikke oksygenmåling fra Kyr 3. Resultatene fra de hydrografiske målingene er presentert i figurene 3.1 til 3.5.

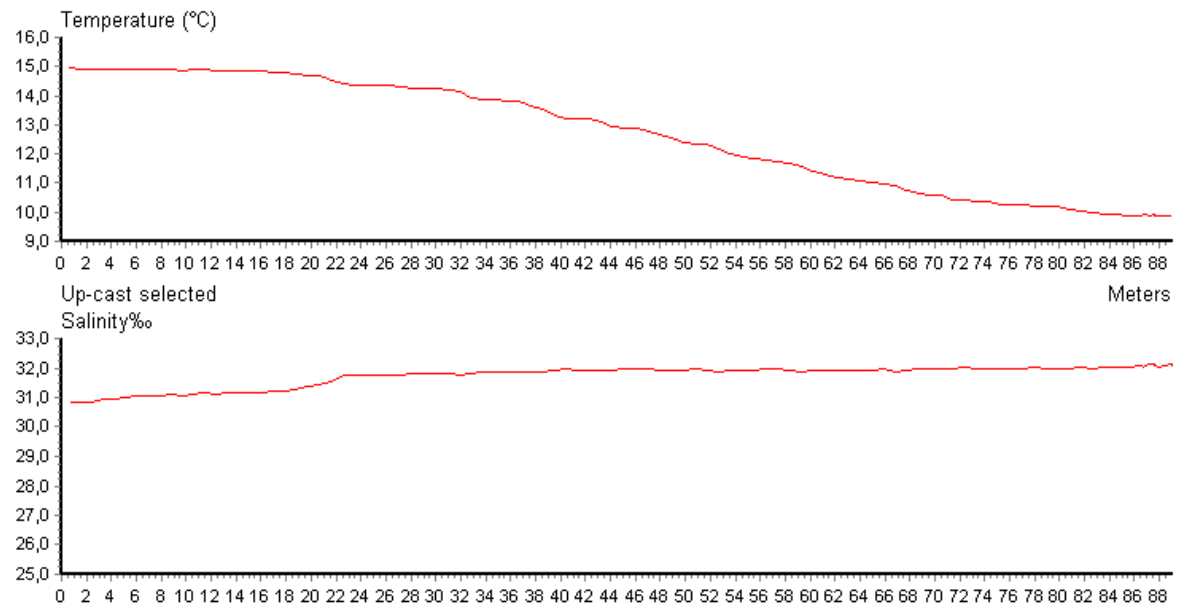
Ved nærsone-stasjonen Kyr 1 er sjøtemperaturen 15 °C i overflatevannet, ved 40 meters dybde begynner den å synke videre nedover i vannsøylen. I bunnvannet er temperaturen på 10,1 °C. Saliniteten ligger stabil mellom 31-32 ‰ i hele vannsøylen. Oksygenkonsentrasjonen ligger rundt 8,0 mg/l i overflatevannet, metningen i underkant av 100 %. Oksygenverdiene er forholdsvis stabile gjennom hele vannsøylen. I bunnvannet er konsentrasjonen 7,1 mg/l, mens metningen er 78 %. 7,1 mg O₂/l tilsvarer 5,0 ml O₂/l med en omregningsfaktor på 1,42. Dette gir tilstand 'Meget god' etter klassifiseringen for oksygen i dypvann i Molvær et. al 97 (se tabell 2.2).

I overgangssonestasjonen, ved Kyr 2, er sjøtemperaturen 14,8 °C ved overflaten, mens saliniteten er 30,8 ‰. Temperaturgrafene avtar ned mot 10 °C ved 70 meters dyp, hvor den flater ut og ligger stabil ned mot havbunnen. Saliniteten er 30,8 ‰ i overflatevannet, ned mot 30 meters dyp har den steget til 31,8 ‰. Videre nedover i dypet flater saltholdighetsgrafene ut og ligger stabil i underkant av 32 ‰. Oksygenkonsentrasjonen ligger på 8,2 mg O₂/l i overflatevannet, den avtar gradvis nedover i vannsøylen, til 6,5 mg O₂/l ved 90 meters dyp. I sjiktet 90-110 meters dyp er det mindre oksygen i vannet, og ved 100 meters dyp har konsentrasjonen sunket ytterligere, og er 5,5 mg O₂ /l. Ned mot havbunnen stiger konsentrasjonen til over 6,5 mg O₂/l. Metningen er 100 % i overflatevannet, og 60 % ved 100 meters dyp. I bunnvannet er den cirka 70 %. 5,5 mg O₂/l tilsvarer 3,9 ml O₂/l og gir tilstanden 'God' etter klassifiseringen i Molvær et al 97.

Ved fjernsonestasjonen Kyr 3 er sjøtemperaturen 14,7 °C ved overflaten, saliniteten er 30,7 ‰. Ved 80 meters dyp har temperaturen sunket til 10 °C. Videre nedover i vannsøylen ligger den stabil like i underkant av 10 °C. Saliniteten er forholdsvis stabil nedover i dypet, og er 32 ‰ i bunnvannet.

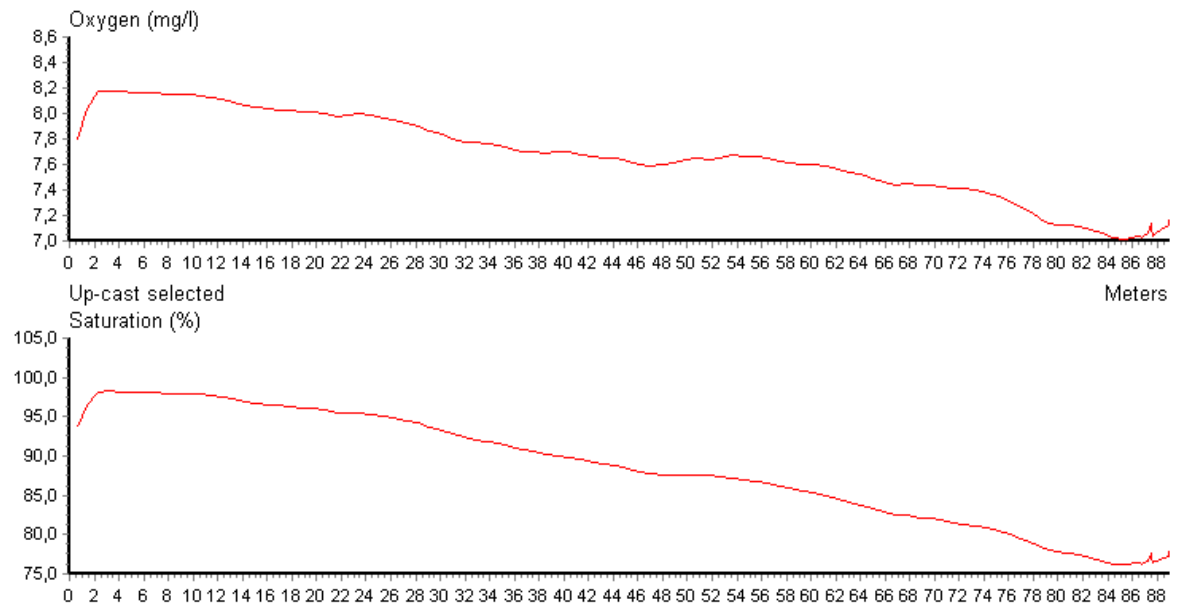
SAM-Marin

File name: Kyr1MOM-C29.SD2 Interval: 2 seconds
Measurement series number: 1 SD204, Serial No: 382
Data displayed from: 13:28:55 - 29.Aug-12 (No. 20) To: 13:34:23 - 29.Aug-12 (No: 184)



Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 88 meters dyp på stasjon Kyr 1 den 29. aug 2012.

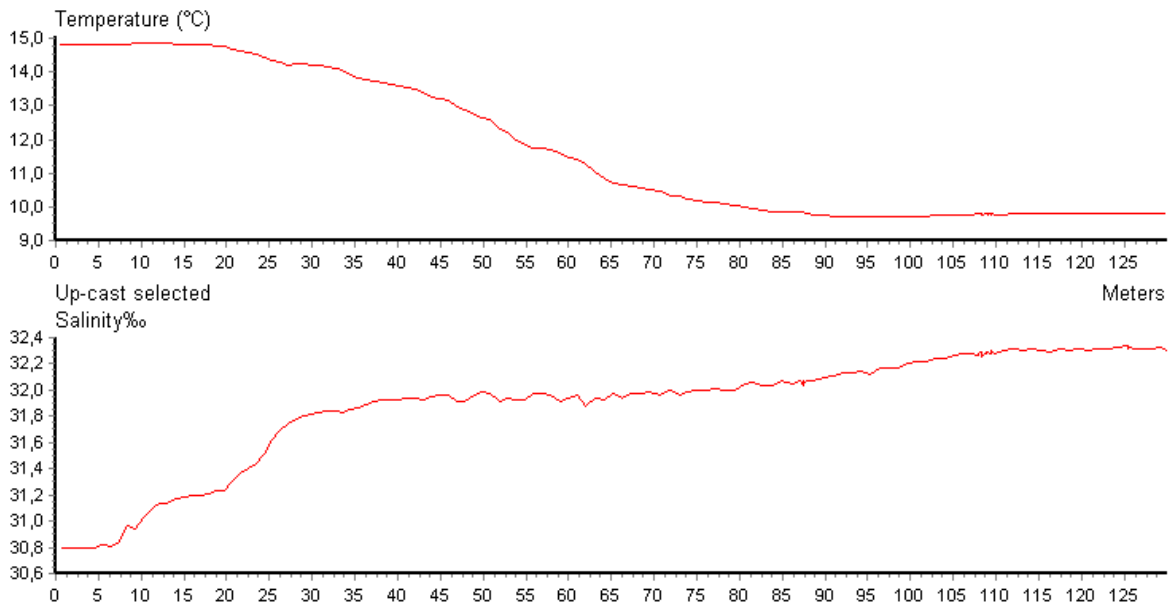
File name: Kyr1MOM-C29.SD2 Interval: 2 seconds
Measurement series number: 1 SD204, Serial No: 382
Data displayed from: 13:28:55 - 29.Aug-12 (No. 20) To: 13:34:23 - 29.Aug-12 (No: 184)



Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 88 meters dyp på stasjon Kyr1 den 29. aug 2012.

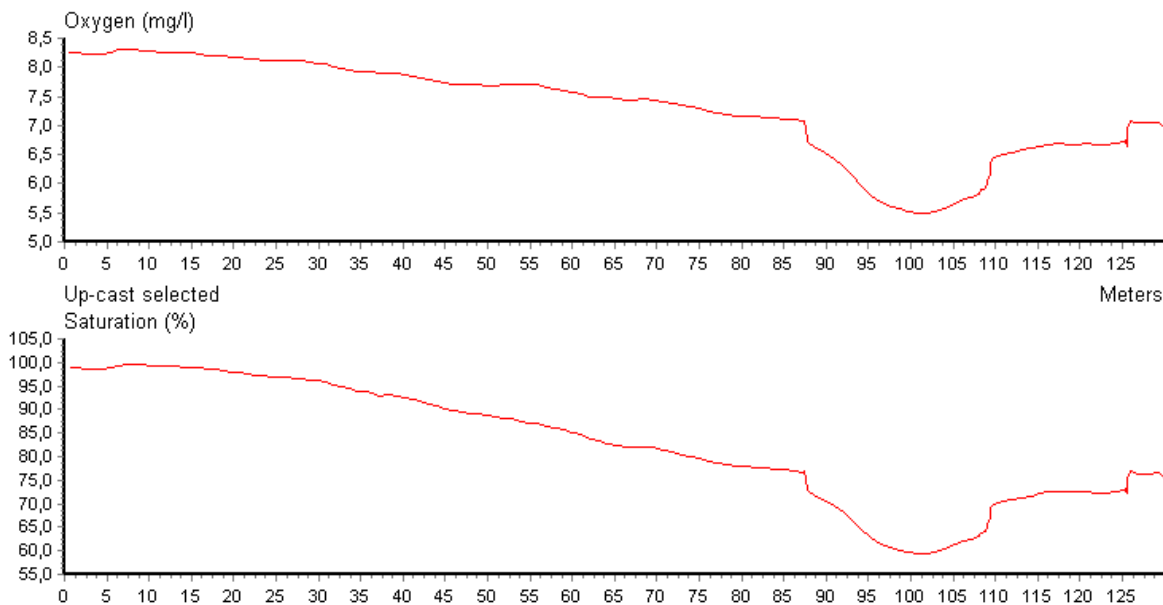
SAM-Marin

File name: Kyr2MOM-C29.SD2 Interval: 2 seconds
Measurement series number: 2 SD204, Serial No: 382
Data displayed from: 11:10:59 - 29.Aug-12 (No. 75) To: 11:18:33 - 29.Aug-12 (No. 302)

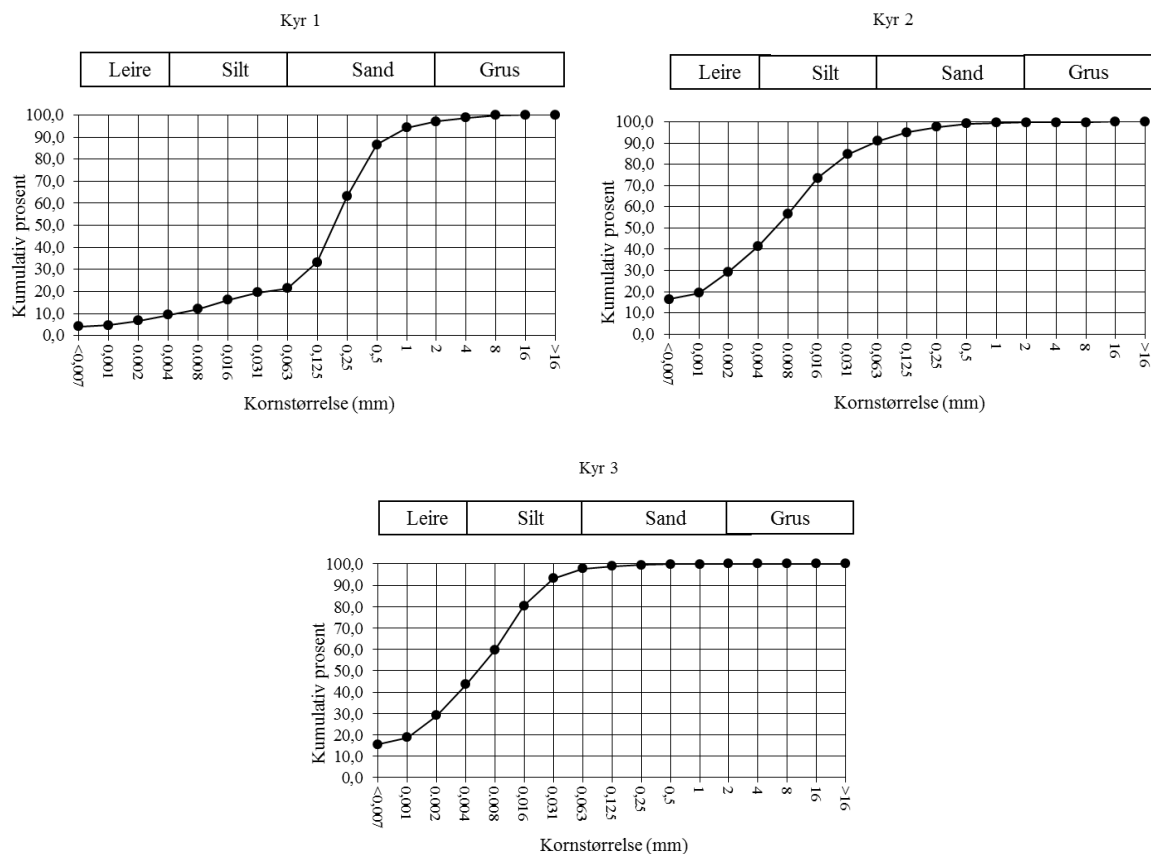


Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 125 meters dyp på stasjon Kyr 2 den 29. aug 2012.

File name: Kyr2MOM-C29.SD2 Interval: 2 seconds
Measurement series number: 2 SD204, Serial No: 382
Data displayed from: 11:10:59 - 29.Aug-12 (No. 75) To: 11:18:33 - 29.Aug-12 (No. 302)



Figur 3.4. Oksygeninnhold fra overflaten og til 125 meters dyp på stasjon Kyr 2 den 29. aug 2012.



Figur 3.6: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Kyr 1, Overgangssonen: Kyr 2 og Fjernsonen: Kyr 3.

I nærsonen, Kyr 1, dominerte sand og utgjorde 75,7 % av sedimentet. Ellers besto sedimentet av 9,3 % leire, 12,1 % silt, og 2,9 % grus. Det organiske innholdet var kun 8,2 %.

Overgangssonen, Kyr 2, hadde et mer finkornet sediment med en jevn blanding av leire og silt, der de utgjorde henholdsvis 41,5 og 49,4 %. Ellers besto det av 8,7 % sand, og 0,4 % grus. Her var glødetapet 15,3 % og det organiske innholdet kan dermed karakteriseres som moderat.

Fjernstasjon, Kyr 3, ute i dypet av fjorden hadde et finkornet sediment bestående av 97,8 % leire og silt mens det var bare 2,2 % sand og ingen grus. Glødetapet var 17,8 %. Dette er å betrakte som en moderat til høy mengde organisk materiale.

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet i undersøkelsesområdet er vist i Tabell 3.2 og i Vedleggstabell 3. 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 nærsonestasjon Kyr 1 var nivået av fosfor, sink, og kobber lavt (TK I, 'Meget god'). Nivået av TOC var høyt, og gav tilstand 'Dårlig' etter KLIFs klassifisering. Ved Kyr 2 var nivået av fosfor, sink, og kobber lavt (TK I, 'Meget god'), mens nivået av TOC var høyt og gav tilstand 'Meget dårlig'. Ved fjernsonestasjonen Kyr 3 fant man også lave nivå av fosfor, sink og kobber (TK I, 'Meget god'), mens nivået av TOC var høyt og gav tilstand 'Meget dårlig'.

Tabell 3.2: Innholdet av undersøkte kjemiske parametre i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke *et. al.*, 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	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) %
1	22	36,2	IV	1100	57	I	13	I	55,8
2	57	58,6	V	920	110	I	30	I	34,5
3	64	64,4	V	850	130	I	35	I	35,7

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.3-3.4, Figur 3.7-3.9, og i Vedleggstabellene 1-2. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i august 2012. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra Kyr 1 like ved anlegget, ble det funnet kun 6 arter med til sammen 161 individer. Diversiteten ble beregnet til 1,73 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse IV (Dårlig). I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem

for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 2 (God) (Tabell 2.3). Flere punkt indikerer at man her har en påvirket stasjon. For eksempel finner man her et høyt antall individer av børstemarken *Capitella capitata*. Med et individantall på 82 utgjorde den hele 51 % av alle individene i prøven. Dette er en art som tåler forhold med mye tilført organisk materiale der andre arter ikke kan leve. Indeksene (NQI1 og NQI2) som indikerer jevnhet og fordelingen av arter havnet henholdsvis i tilstandsklasse V (Svært dårlig) og IV (Dårlig), som også støttes av AMBI-verdien (ømfintlighet) som indikerer en sterkt forstyrret fauna. De geometriske klassene tyder også at man her har påvirkning fra anlegget på stasjonen, med en relativt ujevn fordeling av artene.

På Kyr 2 i overgangssonen, ble det funnet 87 arter med til sammen hele 2455 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,8 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse II (God). Også for stasjoner i overgangssonen bedømmes bunnfaunaen i henhold til klassifiseringssystemet i MOM standarden. Kyr 2 ble klassifisert til Miljøtilstand 1 (Meget god). Blant de ti mest tallrike artene fant man arter fra slekten *Polydora* (børstemark) sammen med syv andre arter av børstemark og to muslinger fra slekten *Thyasira*. Børstemarkslekten *Polydora* var mest tallrik med 36 % av alle individene i prøven. Den nest mest tallrike arten var børstemarken *Heteromastus filiformis* med 13 %, og på tredje plass børstemarken *Paramphinoe jeffreysii* med 9 %. Indeksene (NQI1 og NQI2) som indikerer jevnhet og fordelingen av arter havnet henholdsvis i tilstandsklasse II (God). AMBI-verdien tyder på at det er lett faunaforstyrrelse, noe som støttes av fordelingen av de geometriske klassene på stasjonen.

Ute i dypet på Kyr 3 fant man 52 arter med til sammen 1001 individer. Diversiteten ble beregnet til 2,97 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse III (Moderat). Blant de ti mest tallrike artene finner man to arter bløtdyr og resten var børstemarker. De tre mest tallrike artene var børstemarken *Heteromastus filiformis* (40 %), børstemarkslekten *Polydora* (22 %) og børstemarken *Spiophanes kroyeri* (8 %). Indeksene (NQI1 og NQI2) som indikerer jevnhet og fordelingen av arter havnet i tilstandsklasse III. AMBI-verdien tyder også her på at det er lett faunaforstyrrelse, noe som støttes av fordelingen av de geometriske klassene på stasjonen.

De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom huggene fra samme stasjon. Huggene på Kyr 1 hadde 63 % likhet, Kyr 2 hadde 72 % likhet og Kyr 3 hadde 63 % likhet. Det var størst forskjell mellom den grunne stasjonen og de dype stasjonene (Figur 3.8 og 3.9).

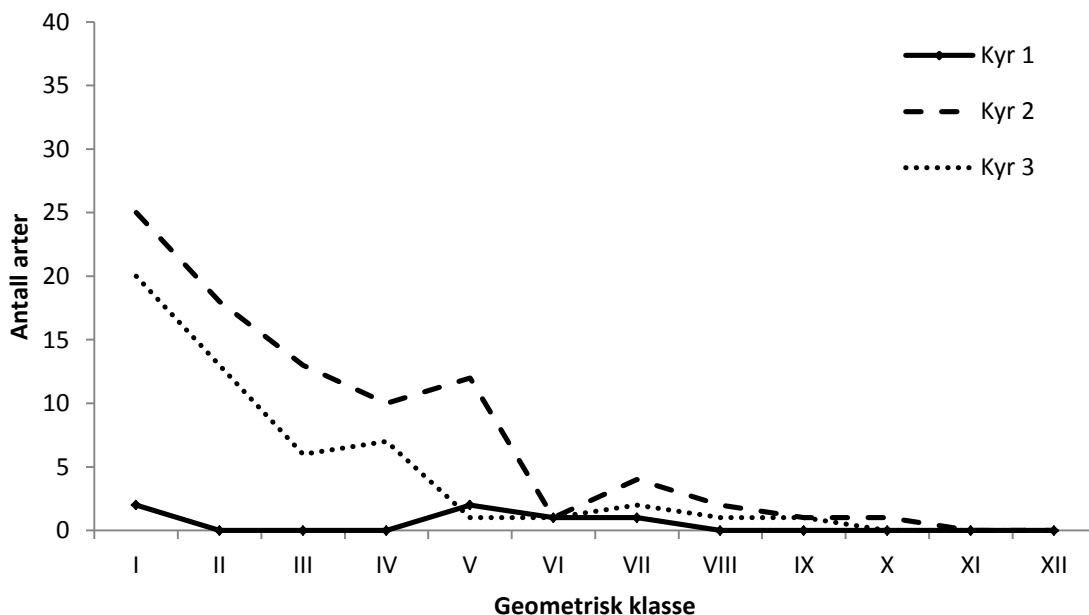
Det var 49 % likhet mellom Kyr 2 og Kyr 3, mens det kun var 0,5 % likhet mellom Kyr 1 og de to andre stasjonene.

Det topografiske kartet fra lokaliteten (Figur 2.2) viser at der er et dypvannsbasseng på stasjonene Kyr 2 og Kyr 3, noe som kan forklare det relative høye organiske innholdet på stasjonene (henholdsvis 15,3 % og 17,8 %, Tabell 3.1) og også forstyrrelsene på faunasammensetningen.

Tabell 3.3: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhugnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet H'	Jevnhet J	H'- max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
Kyr 1 <i>Nærsone</i>	1	23	6	1,94	0,75	2,58	4,75	0,40	0,32	2-God	
	2	138	4	1,52	0,76	2,00	6,00	0,23	0,20		
	SUM	161	6	1,82	0,70	2,58					
	Snitt	81	5	1,73	0,76	2,29	5,38	0,31	0,26		
Kyr 2 <i>Overgangs- sone</i>	1	1079	64	4,07	0,68	6,00	3,32	0,66	0,60	1-Meget god	
	2	1376	72	3,54	0,57	6,17	3,61	0,64	0,54		
	SUM	2455	87	3,89	0,60	6,44					
	Snitt	1228	68	3,80	0,63	6,08	3,46	0,65	0,57		
Kyr 3 <i>Fjernsone</i>	1	495	33	3,05	0,60	5,04	3,78	0,58	0,48		
	2	506	41	2,89	0,54	5,36	3,78	0,60	0,47		
	SUM	1001	52	3,08	0,54	5,70					
	Snitt	501	37	2,97	0,57	5,20	3,78	0,59	0,48		

I – Meget god II - God III – Mindre god IV – Dårlig V – Meget dårlig



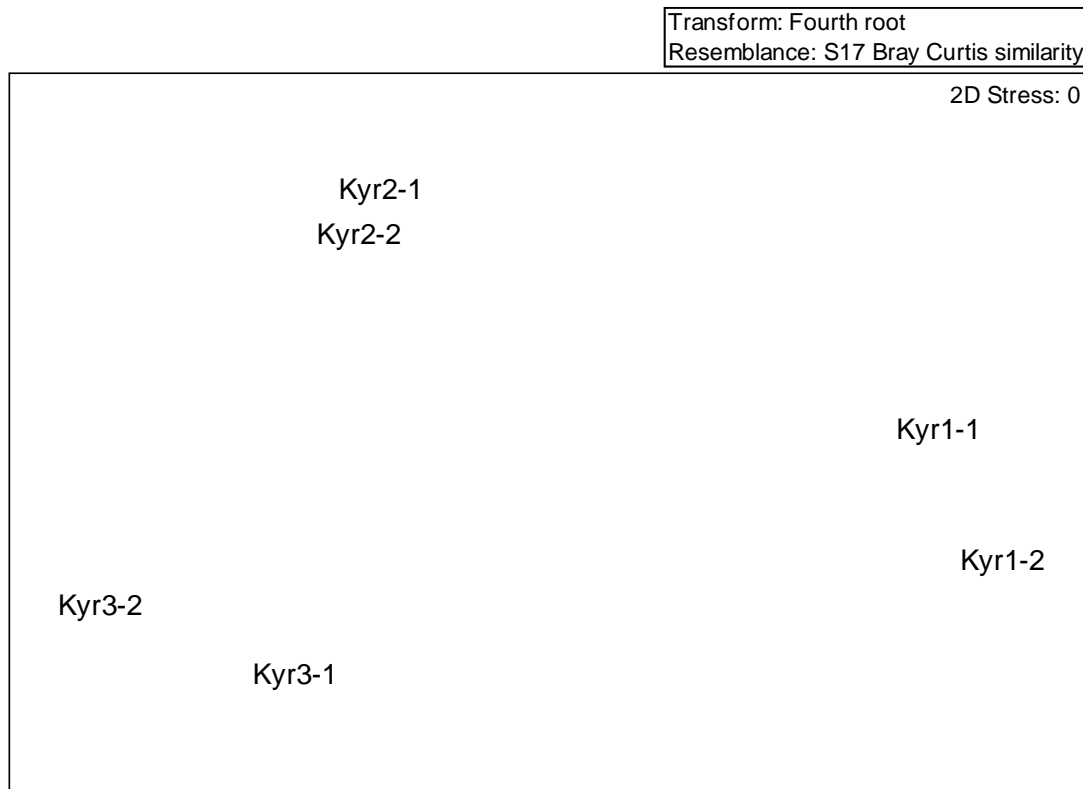
Figur 3.7: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

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

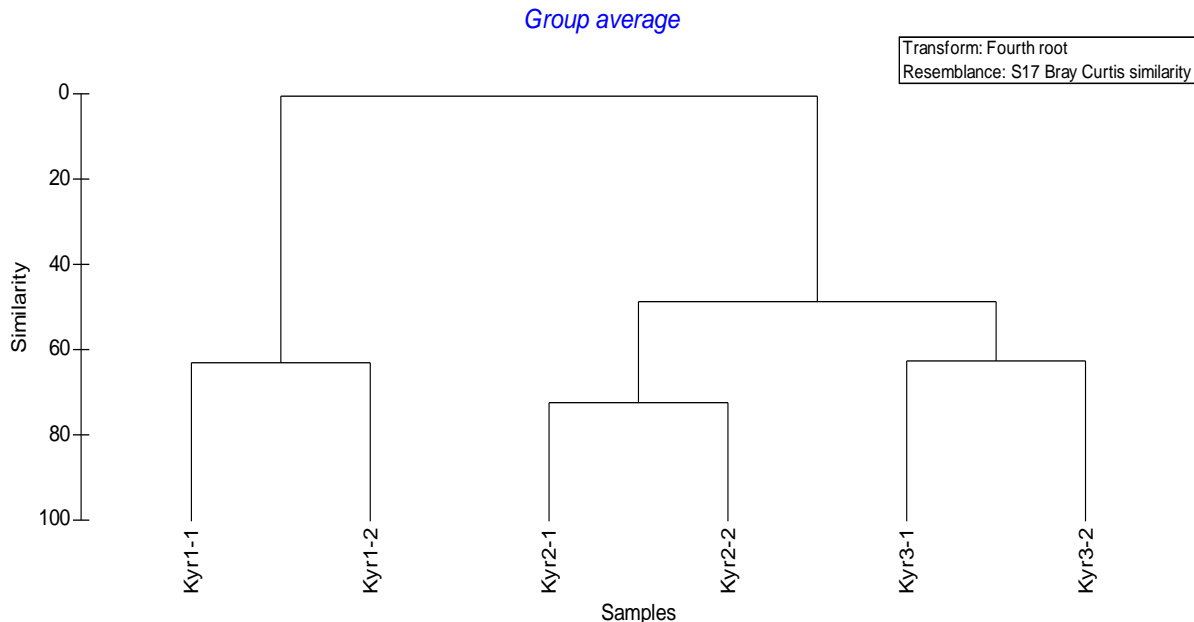
Kyr 1 Arter	Antall	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	82	51	51
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	35	22	73
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	26	16	89
<i>Mytilidae spp.</i>	16	10	99
<i>Chaetozone sp.</i>	1	1	99
<i>Pusillina cf. Inconspicua</i>	1	1	100

Kyr 3 Arter	Antall	%	Kum. %
<i>Heteromastus filiformis</i>	400	40	40
<i>Polydora sp.</i>	225	22	62
<i>Spiophanes kroyeri</i>	83	8	71
<i>Thyasira equalis</i>	64	6	77
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	56	6	83
<i>Thyasira sarsii</i>	17	2	84
<i>Ceratocephale loveni</i>	15	1	86
<i>Prionospio cirrifera</i>	11	1	87
<i>Scalibregma inflatum</i>	10	1	88
<i>Praxillella gracilis</i>	10	1	89
<i>Terebellides stroemi</i>	10	1	90

Kyr 2 Arter	Antall	%	Kum. %
<i>Polydora sp.</i>	875	36	36
<i>Heteromastus filiformis</i>	308	13	48
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	215	9	57
<i>Aphelochaeta sp.</i>	128	5	62
<i>Thyasira equalis</i>	118	5	67
<i>Thyasira sarsii</i>	84	3	70
<i>Spiophanes kroyeri</i>	82	3	74
<i>Pista cristata</i>	77	3	77
<i>Praxillella gracilis</i>	38	2	78
<i>Sabellidae indet.</i>	31	1	80



Figur 3.8: MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



Figur 3.9: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Kyrøyan, i Vikna kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 29. august, 2012. Det ble samlet prøver fra tre påvirkningssoner til anlegget Kyrøyan.

Den hydrografiske undersøkelsen tyder på at det er god omrøring i vannmassene i undersøkelsesområdet, da man fant relativt jevne verdier av salinitet og temperatur. Oksygeninnholdet var høyt gjennom hele vannsøylen ved nærsonestasjonen. Ved overgangssonestasjonen var oksygeninnholdet høyt i de øvre vannlag, men sank noe når man kom ned på rundt 100 meters dyp. Ved fjernsonestasjonen fant man jevne verdier av temperatur og salinitet.

Analysen av partikkelstørrelse viste at man hadde mye sandpartikler i nærsonen, og et mer finkornet materiale i overgangs- og fjernsonestasjonen. En stor andel finkornede partikler i undersøkelsesområdet indikerer en noe svak bunnstrøm ved havbunnen i dypvannsområdene nordøst for anlegget.

Den kjemiske analysen av sedimentet viste lave verdier av tungmetallene sink og kobber, og lave nivåer av næringssaltet fosfor. Parameteren TOC indikerte høye nivå av organisk karbon i sedimentet, noe som understøttes av glødetapet ved stasjon Kyr 2 og Kyr 3, som viser forhøyede verdier av organisk materiale i sedimentet. Da det ikke er tatt tilsvarende analyser fra disse områdene tidligere, er det vanskelig å konkludere om hvorvidt det organiske materialet stammer fra avfallspartikler fra produksjonen ved Kyrøyan eller ikke. Basert på tidligere erfaring med TOC, vet man at denne parameteren kan vise dårlig tilstand i et område der havbunnen er upåvirket (Sandnes, 2004). Kornfordelingsanalysene viser at Kyr 2 og 3 er typisk sedimenteringsbunn. Det er således grunn til å anta at de høye verdiene for organisk stoff er naturtilstanden i dette området.

Faunaundersøkelsen indikerte en skjev artsfordeling ved Kyr 1, der den opportunistiske børstemarken *Capitella capitata* dominerte med 51 % av det totale individantallet. Ved Kyr 2 fant man en god artsdiversitet (KLIF-tilstand II), mens AMBI-verdien indikerte en lett faunafortsyrrelse, noe som understøttes av de geometriske klassene som viser et noe hakkete kurveforløp. I fjernsonen, ved Kyr 3, fant man en moderat artsdiversitet (KLIF-tilstand III).

AMBI-verdien og de geometriske klassene indikerte også her en lett forstyrret marin fauna. Oppsummert tyder denne undersøkelsen på at det marine miljøet nordøst for oppdrettslokalitet Kyrøyen er noe preget av høye organiske verdier. Da disse verdiene er lavere under anlegget, er det liten grunn til å anta at de høye organiske verdiene nord-øst for anlegget skyldes oppdrettsvirksomheten. Oppfølgende undersøkelser etter noe tids drift vil kunne bekrefte/avkrefte denne antakelsen. Dette indikeres ved at man har en god artsdiversitet på havbunnen når man kommer cirka 500 meter unna anlegget, mens diversiteten blir dårligere i dypvannsområdet halvannen kilometer nordøst for Kyrøyen.

Det er ellers en kjent sak at gryter og renner ut mot åpne havet, som her, får tilført store mengder organisk stoff i form av avrevet tang og tare i forbindelse med høst- og vinterstormer.

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	T. kl. O ₂ i bunnvann
Kyr 1	90		II	I	I	IV	I
Kyr 2	136	II	I	I	I	V	II
Kyr 3	214	III	-	I	I	V	-*

*Ingen miljøtilstand på oksygen grunnet feil med oksygensonde

5 TAKK

Vi takker de de ansatte ved Kyrøyen for god hjelp og hyggelig tokt om bord på deres arbeidsbåt. På toktet deltok Vidar Strøm, Nasir El Shaikh og Alexander Lindseth fra Aquakompetanse AS. Sediment-analysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Frøydis Lygre.

6 LITTERATUR

- 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.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Sandnes, O. 2004. Bonitetsprosjektet i HASUT. Utvikling av kartleggingsmetode for lokalisering av marin matfiskoppdrett. Rapport 42-10-4 (Aqua Kompetanse AS rapp.) 60 s.

7 VEDLEGG

Generell vedleggsdel

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

Geometriske klasser

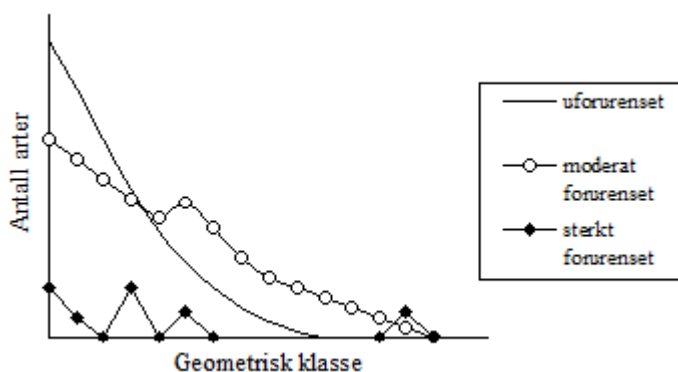
På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer,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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
-------------------	-----------------	--------------

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



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

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktoratetsgruppe Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

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.

Diversitetsindekse SN er beskrevet som:

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

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

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig) (Tabell v2 og v3)

Tabell v2 : Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 01:2009:*

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.

Tabell v3 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna. Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Artsmangfold bløtbunnsfauna	Hulberts indeks	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Shannon-Wiener indeks	>4	4-3	3-2	2-1	<1

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av 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:

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

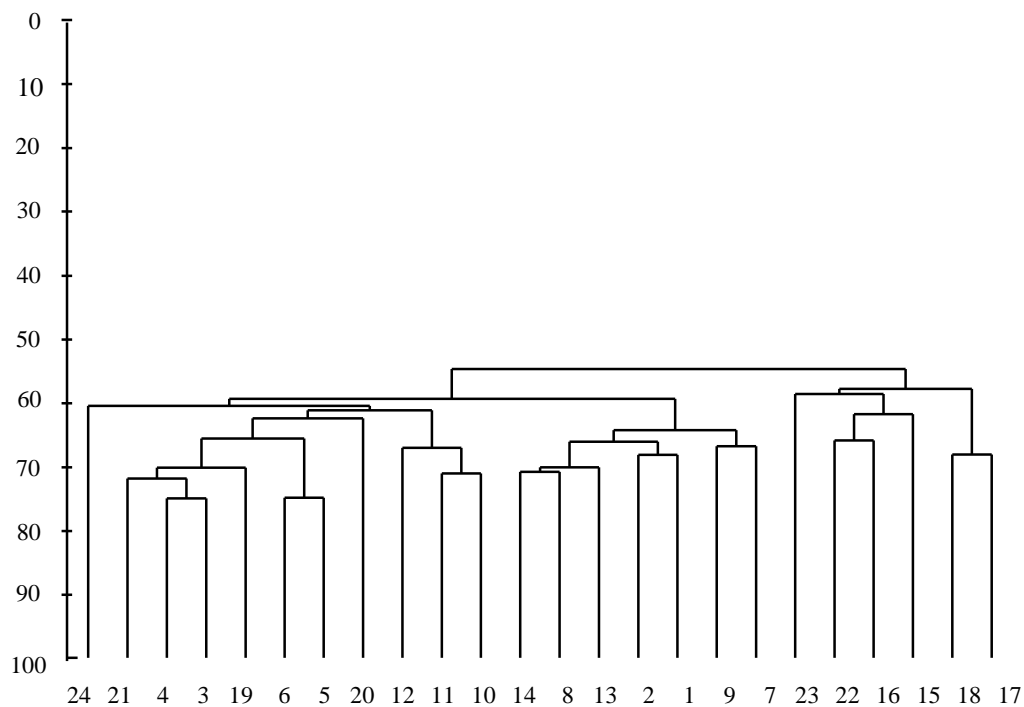
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

Dataprogrammer

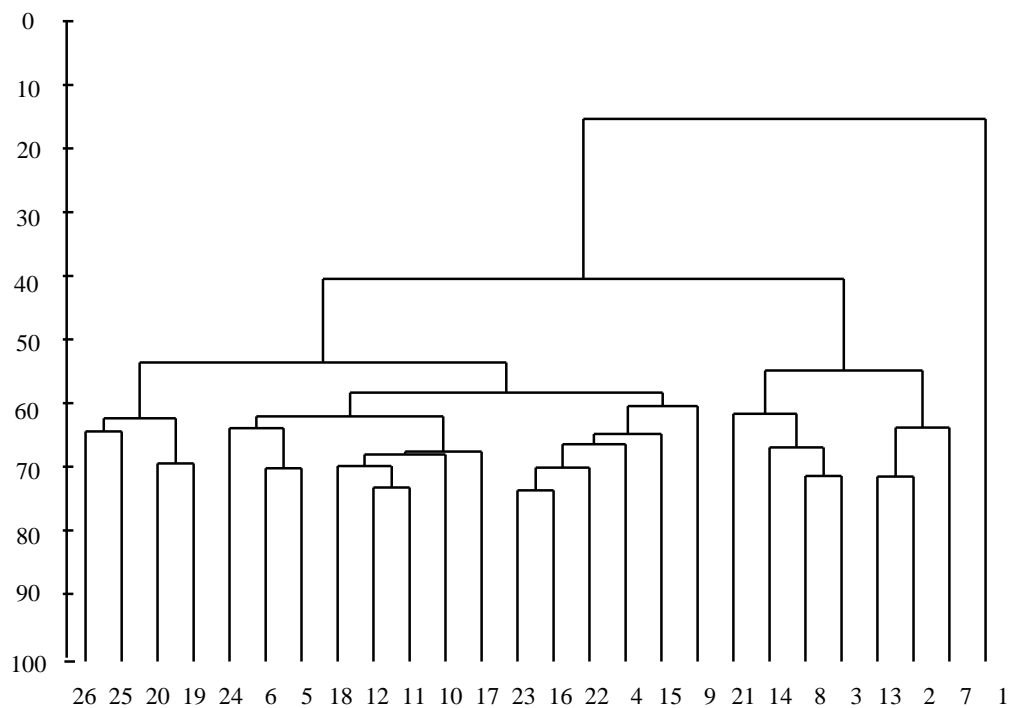
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget 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. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

FAUNALIKHET

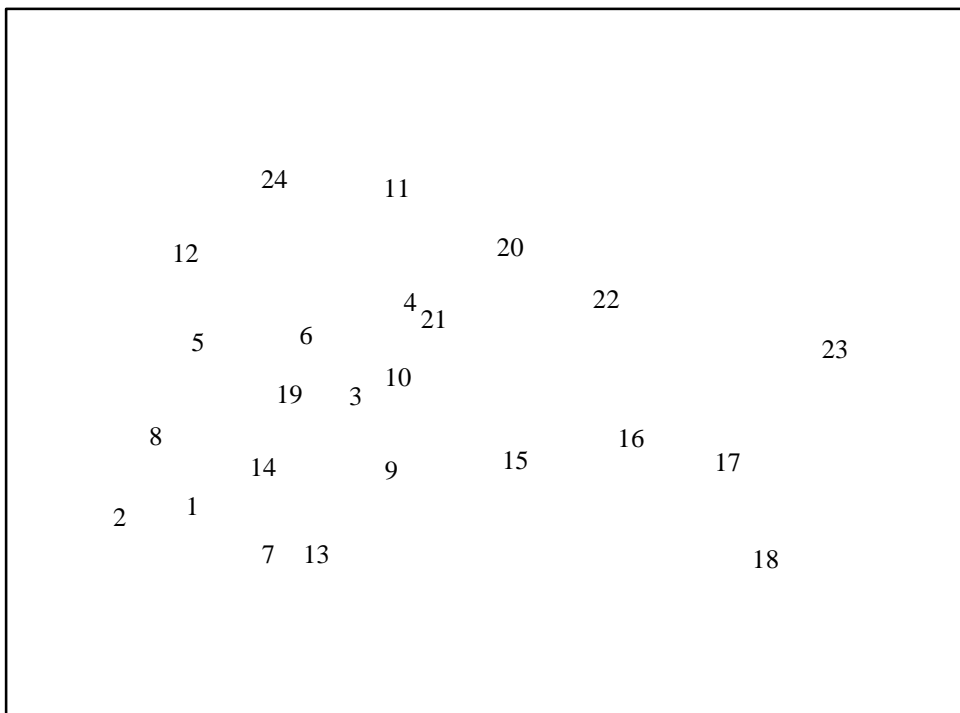


FAUNAFORSKJELL

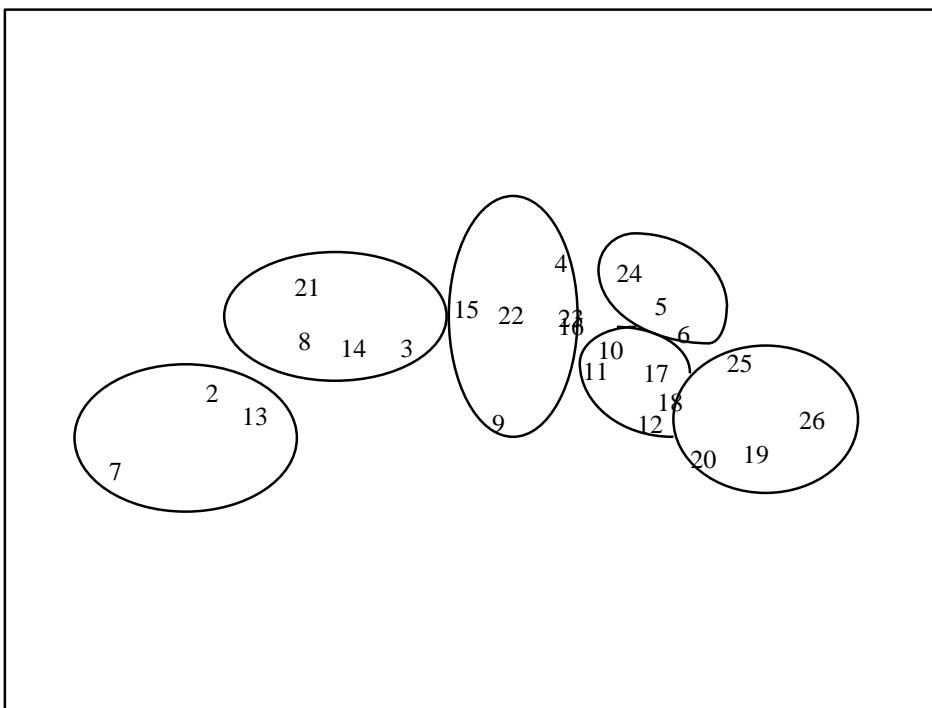


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

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

Vedleggstabell 1. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Midt Norsk Havbruk AS, Rørvik
Prosjekt nr.: 806940
Prøvetakingssted (område): Kyrøyan
Dato for prøvetaking: 29.08.2012
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Frøydis Lygre

	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:

Før 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:.....*Frøydis Lygre*.....
Godkjent taksonom

SAM-Marin

s.1/3	Stasjon Dato	Kyr 1	Kyr 1	Kyr 2	Kyr 2	Kyr 3	Kyr 3
		29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012
Arter	Dyp(m) Hugg nr	90	90	136	136	214	214
		1	2	1	2	1	2
* HYDROZOA							
* Hydrozoa indet.		+	+	+	+		
* ANTHOZOA							
Cerianthus lloydii				0/1			
* PLATYHELMINTES indet.							1
* NEMERTINI indet.				1	17	3	3
* NEMATODA indet.					1	1	
* POLYCHAETA							
Amaeana trilobata				3	3		
Ampharete falcata				3	1	1	
Amythasides macroglossus				9	4		
Aphelochaeta sp.				88	40		
Aphrodita aculeata					0/1		
Bylgides sp.						2	4
Capitella capitata		3	79				
Caulleriella killariensis							1
Ceratocephale loveni				0/1	1/8	1/9	3/2
Chaetoparia nilssoni					1	0/1	1/1
Chaetozone sp.		1		11	12		
Diplocirrus glaucus				1/3	0/3	2/1	
Drilonereis filum				8/6	2		
Eclysippe vanelli					1		
Eteone longa				1	1		
Euchone sp.				1	3	3	
Eupolymnia nesidensis					0/1		
Exogone sp.				6	19	1	2
Galathowenia oculata				2	10		
Glycera lapidum					0/1		0/1
Glycera rouxii				1			
Glyphanostomum pallescens					1		
Goniada maculata						1	
Heteromastus filiformis				193	115	174	226
Jasmineira sp.					5		1
Laonice sarsi				3	1		1
Leaena ebranchiata				6	5		1
Levinsenia gracilis					1		1
Lumbrineridae indet.				5	1		
Malacoceros fuliginosus		1	34				
Maldane sarsi							0/4
Maldanidae indet.						2	5
Melinna cristata				1	1/1	2/2	0/1
Melinna elisabethae				7	12/3		
Neoleanira tetragona					1/1	0/2	0/7
Nephtys paradoxa					0/1		
Nereimyra cf. woodsholea					1		
Nothria conchylega				23/2	3		
Notomastus latericeus				3	6		1
Ophiodromus flexuosus					1/1		
Ophryotrocha lobifera		5	21				
Owenia borealis							0/1
Paramphinome jeffreysii				83	132	52	4
Paramphitrite birulai				2/1	2		
Paranaitis wahlbergi				1			
Paraonis sp.				1	4		
Pectinaria koreni					3		
Pholoe baltica				9	5		
Pholoe pallida				1	4		
Phyllodoce groenlandica							0/1

SAM-Marin

s.2/3	Stasjon Dato Dyp(m) Hugg nr	Kyr 1	Kyr 1	Kyr 2	Kyr 2	Kyr 3	Kyr 3
		29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012
Arter		90	90	136	136	214	214
		1	2	1	2	1	2
Phylo norvegica				1/3	1/1		2
Pista cristata				33/12	21/11		1/2
Polycirrus plumosus				1			
Polydora sp.				255	620	120	105
Polynoidae indet.				6	12		1
Praxillella gracilis				4/10	6/18	6	4
Prionospio cirrifera						9	2
Protomystides exigua				1			
Rhodine loveni					3	3	0/2
Sabellidae indet.				7	24	1	
Scalibregma inflatum				4/5	8/4	0/1	0/9
Scolelepis korsuni					2		
* Siboglinum ekmani							+
Sige fusigera				1	3/6		
Sosanopsis wireni					1		
Sphaerodoropsis minuta					1		
Spiophanes kroyeri				8/29	3/42	2/26	4/51
Spiophanes wigleyi					1		
Streblosoma bairdi				0/1			
Streblosoma intestinale				1			
Syllidae indet.					1		
Terebellides stroemi				4/7	9/10	5/1	4
Trichobranchus roseus				1	1	1	
ECHIURA							
SIPUNCULA							
Sipuncula indet.				3		1	1
Phascolion strombus				2/1			
CRUSTACEA							
* Amphipoda indet.				12	19		2
* Calanus finmarchicus			1	4	1		4
* Campylaspis costata				1	3		
* Candacia armata					1		
* Cypridina norvegica				15	10		2
* Diastylodes biplicata				1		1	
* Eudorella emarginata					1	1	
* Euphausiacea indet.					2		
* Gnathia sp.				1	4		
* Leucon sp				2	1		
* Macrocypris minna				2			
* Munida sarsi				0/1			
* Munna sp.					1		
* Tanaidacea indet.				6	4		
MOLLUSCA							
Abra nitida				6/10	3/3	1/1	
Adontorhina similis				9	6	1	1
Antalis agilis						1	
Bathyarca pectunculoides							0/2
Caudofoveata indet.				8	12	6	1/1
Cuspidaria obesa							2/1
Entalina tetragona				2	4		1
Euspira montagui				2			0/2
Kelliella abyssicola				4	1		1
Mendicula feruginosa				1	2		
Mytilidae spp.		0/12	0/4				
Nucula tumidula						1	
Parvicardium minimum				1			
Philine quadrata				0/1	0/1	0/1	
Pusillina cf. Inconspicua		1					

SAM-Marin

s. 3/3	Stasjon Dato Dyp(m) Hugg nr	Kyr 1	Kyr 1	Kyr 2	Kyr 2	Kyr 3	Kyr 3
		29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012	29.08.2012
Arter		90	90	136	136	214	214
		1	2	1	2	1	2
Roxania utriculus				1			
Taranis moerchi					1/2		
Thyasira equalis				41/22	42/13	16/18	24/6
Thyasira sarsii				43/12	25/4	0/14	0/3
Tropidomya abbreviata				0/1	1		
Yoldiella lucida				5/3	6/4	1/1	0/2
Yoldiella nana					0/1	0/1	
* BRYOZOA							
* Bryozoa indet grenet		+			+		
ECHINODERMATA							
Asteroidea indet. juv					1		
OPHIUROIDEA							
Amphipholis squamata				3			
Amphiura chiajei				0/2	0/1		
Amphiura filiformis				0/1			
Amphilepis norvegica					8/2		
Ophiocten affinis							0/2
Ophiura carnea				1/1	1		
HOLOTUROIDEA							
Labidoplax buskii				13			
* CHAETOGNATHA indet.					3		
* VARIA		+			+		

Vedleggstabell 2. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Kyr 1	Kyr 2	Kyr 3
I	2	25	20
II	0	18	13
III	0	13	6
IV	0	10	7
V	2	12	1
VI	1	1	1
VII	1	4	2
VIII	0	2	1
IX	0	1	1
X	0	1	0
XI	0	0	0
XII	0	0	0

Vedleggstabell 3. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42
Fax:
bergen@eurofins.no

AR-12-MX-002858-01



EUNOBE-00004829

Prøvemottak: 22.10.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 22.10.2012-07.11.2012
Referanse: 806940/07/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-1022-020	Prøvetakingsdato:	29.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver			
Prøvemerkning:	Kyr 1, 90 m Hugg 3	Analysedato:	22.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	1100	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	13	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	57	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	22	mg/g tv		EN 13137	0,1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	55,8	% (v/v)		EN 14348	0,1	

Prøvenr.:	441-2012-1022-021	Prøvetakingsdato:	29.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver			
Prøvemerkning:	Kyr 2, 138 m Hugg 3	Analysedato:	22.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	920	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	30	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	110	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	57	mg/g tv		EN 13137	0,1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	34,5	% (v/v)		EN 14348	0,1	

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-12-MX-002858-01



EUNOBE-00004829



Prøvenr.:	441-2012-1022-022	Prøvetakingsdato:	29.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver			
Prøvemerkning:	Kyr 3, 214 m Hugg 3	Analysedato:	22.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	860	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	35	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	130	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	64	mg/g tv		EN 13137	0,1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	35,7	% (v/v)		EN 14348	0,1	

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), OT Tuttendorf, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 07.11.2012

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