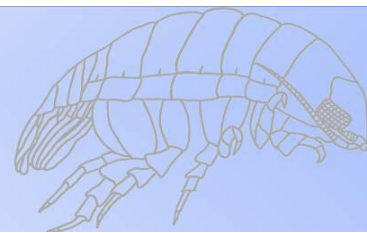


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 17 – 2013

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Fuglåsen, Smøla kommune August 2012



Rune Haugen

Kristin Hatlen

Ragni Torvanger

Stian Ervik Kvalø



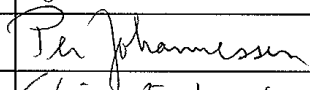
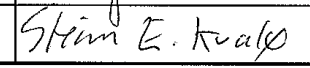
	SAM-Marin	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Fuglåsen, Smøla kommune August 2012	Dato: 02.05.13
	Antall sider og bilag: 38
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Torvanger, Kristin Hatlen, Stian Ervik Kvalø	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalø
	Prosjektnummer: 806915

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

Abstract: A recipient survey was conducted at the aquaculture facility at Fuglåsen, Smøla municipality to see whether the aquaculture facility has any influence on the recipient. In general the conditions were good with regards to the parameters studied; fauna, phosphorous, copper, organic matter in sediment for all stations included in this survey and it can be concluded that the aquaculture facility has no negative effects on its recipient.

Keywords: Benthos, Chemistry, sediment, recipient	Emneord: Fauna, kjemi, sediment, recipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 17-2013
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------------

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Per Johannessen	
Prosjektet / undersøkelsen:	Stian Ervik Kvalø	

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:

Prøvetaking til Bunnfauna, kjemi og geologi analyser, samlet av: Rune Haugen og Christian Bøe

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Nargis Islam, Natalia Korableva.

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad og Frøydis Lygre

Rapportering utført av: Rune Haugen, Ragni Torvanger, Kristin Hatlen og Stian Ervik Kvalø

Glødetapsanalyser utført av: Helge Grønning

Kornfordelingsanalyser utført av: Helge Grønning

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, Eurofins Umwelt Ost GmbH
(Freiburg akkrediteringsnummer Test 003, D-PL-14081-01-00

Akkreditert: kobber, sink, fosfor, TOC

Ikke akkreditert: -

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
2.2.4 Bunndyr	9
3. Resultater	12
3.1 Hydrografi	12
3.2 Sediment.....	13
3.3 Kjemi.....	15
3.4 Bunndyr	15
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	19
5 TAKK	19
6 LITTERATUR.....	20
7 VEDLEGG.....	21
Generell vedleggsdel	22
Vedleggstabell 1. MOM-B parametre	30
Vedleggstabell 2. Artsliste	31
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser	36
Vedleggstabell 4. Analysebevis.....	37

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Fuglåsen, på østsiden av Smøla i Ramsøyfjorden, Smøla kommune. Innsamlingene ble gjennomført 13. august 2012.

Fuglåsen er en ny lokalitet, og har ikke vært i bruk tidligere. Nabolokaliteten Reiråklakken, som ligger like ved og har samme resipient har vært i bruk siden 2008. Målingene som ble gjennomført viser at alle stasjonene er noe til relativt mye påvirket av organisk materiale, som kan skyldes oppdrettsvirksomheten. Andre tegn til påvirkning ble ikke påvist hverken ift. bunnfauna, tungmetaller eller fosfor.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til Fuglåsen. 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 Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) og Havbrukstjenesten AS på oppdrag fra Salmar Farming AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Reserach 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. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 22 år og utført miljøundersøkelser i 12 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

2 MATERIALE OG METODER

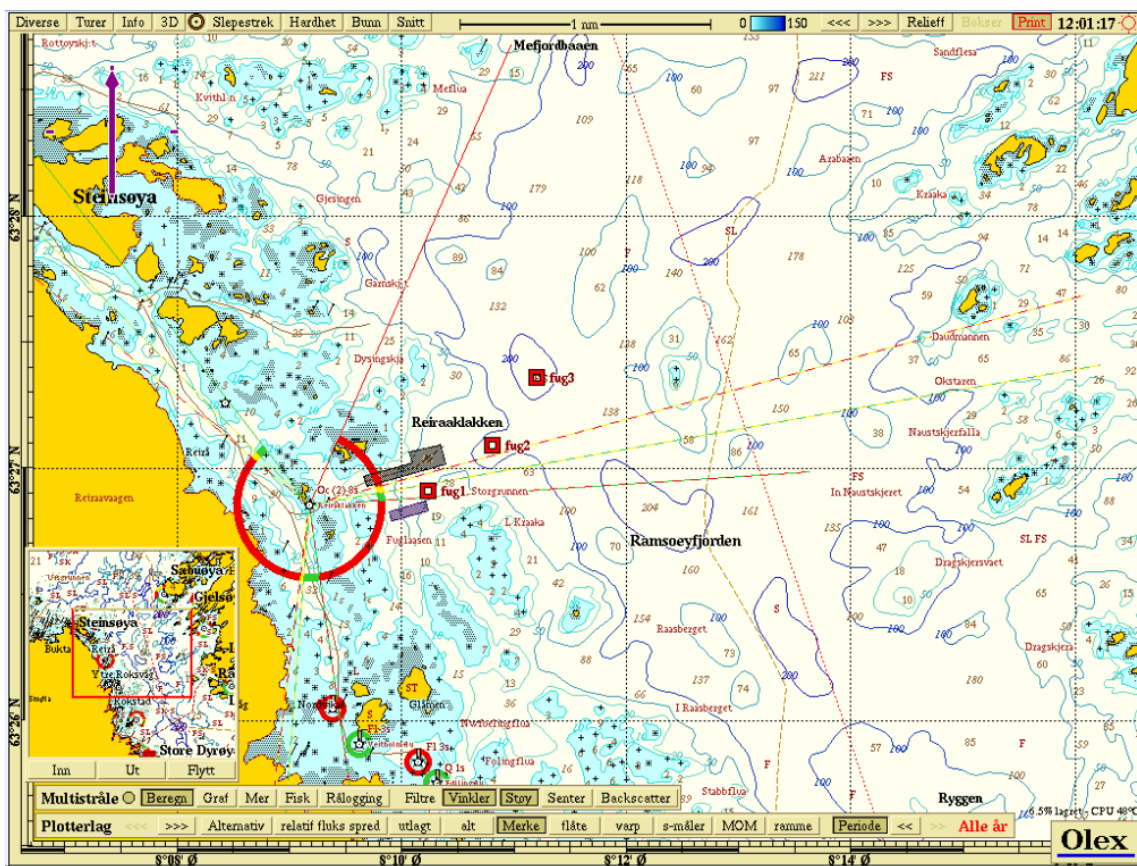
2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger i Ramsøyfjorden, rett øst av Smøla, i Smøla kommune, på ca. 70 meters dyp. (Figur 2.1 og 2.2). Anlegget ligger mellom holmer og skjær på nord og sørsiden, mens bunnen skråner ut i dypet av Ramsøyfjorden i øst. Her ligger fjerntasjonen, Fug 3 i en dypere grop på 199 m. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1

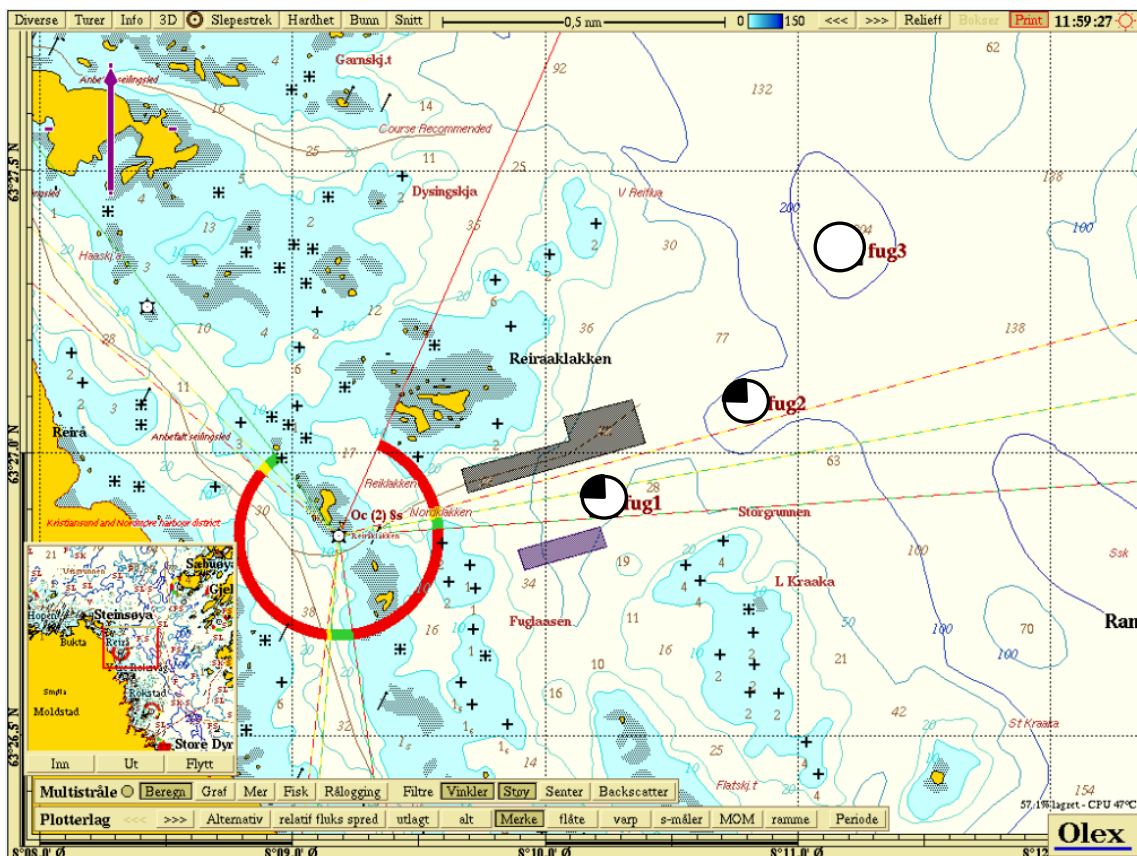
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Bunnprøveinnsamlingene ble gjort 13.08.2012. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av Ramsøyfjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Christian Bøe og Rune Haugen fra Havbruktstjenesten AS.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Fug 3). Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor den 14. mars 2013. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w benyttet.



Figur 2.1: Oversiktskart over Øst-Smøla og Ramsøyfjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Fuglåsen.



Figur 2.2: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i område og navn. Posisjonering ved hjelp av GPS. Det ble benyttet en van Veen- grabb, som brukes til biologi-, kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Fug1	Område	67	1	9,5	Kjemi, geologi og pH & Eh
Nærsonen	63° 26.910 N		2	7,5	Biologi
13.08.12	08.10.235 Ø		3	8,5	Biologi
					Alle huggene bestod i hovedsak av sand
Fug 2	Område	117	1	12	Kjemi, geologi og pH & Eh
Overgangs-	63° 27.088 N		2	14	Biologi
sonen	08° 10.802 Ø		3	13	Biologi
13.08.12					Alle huggene relativt like med sand og silt
Fug3	Område	199	1	8,5	Kjemi, geologi og pH & Eh
Fjernsonen	63° 27.358 N		2	7,0	Biologi
13.08.12	08° 11.201 Ø		3	7,5	Biologi
					Alle huggene bestod i hovedsak av sand og silt

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 %.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget 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 strømmer 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 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. 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).

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

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste 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 van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra 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 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede 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 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 veilederne. 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 Vanndirektivet 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

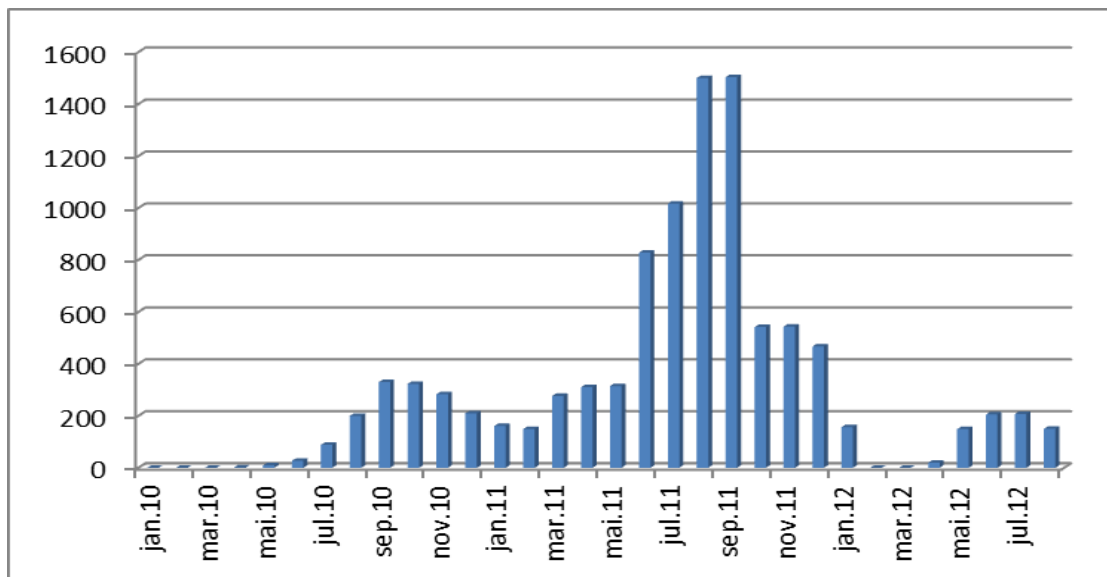
** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6⁰C

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

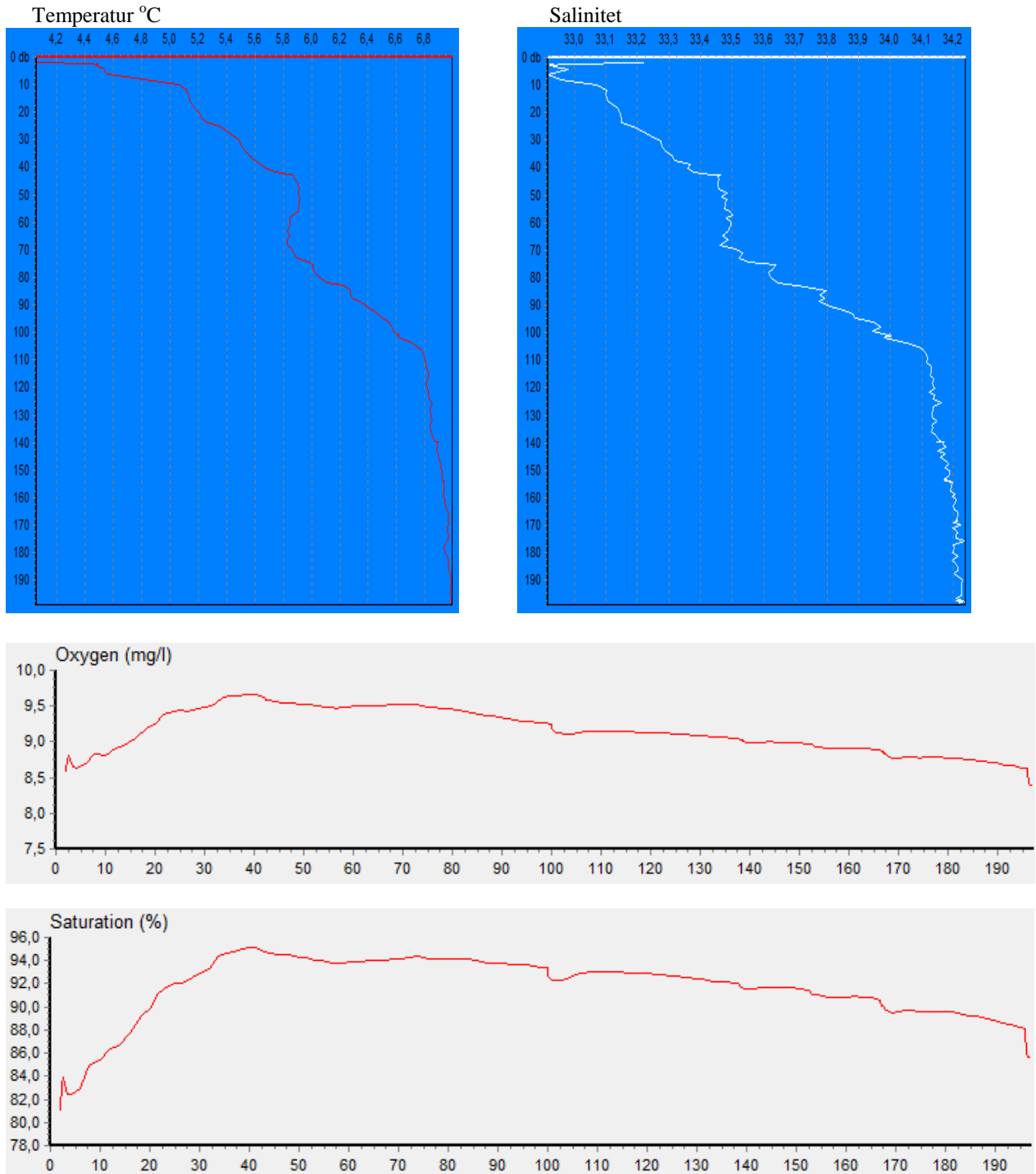
Fuglåsen er en ny lokalitet, og har ikke vært i bruk tidligere. Nabolokaliteten Reiråklakken, som ligger like ved og har samme resipient har vært i bruk siden 2008.

Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år, frem til prøvetakingstidspunkt i august 2012:

3. Resultater

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Fug 3 den 14.03.13. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



Figur 3.1: Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og mg/l på Fug 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 199 meter den 14.03.13. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på Stasjonsnavn den dato var 4,5 C i overflatelaget ned til 5 meter. Deretter steg temperaturen jevnt mot 7.0 °C på ca. 105 meters dyp for så å holde seg stabil på rundt 7,0grader ned til bunnen på 199 meter. Saliniteten var i underkant av 33 i de øverste meterne, for så å stige litt ned mot bunnen. Fra rundt 100 m og ned var den jevn fra 34 til 34,2. Ingen spesielle sikting i vannlag iht salinitet. De mindre endringene i temperatur og salinitet er mer eller mindre sammenfallende.

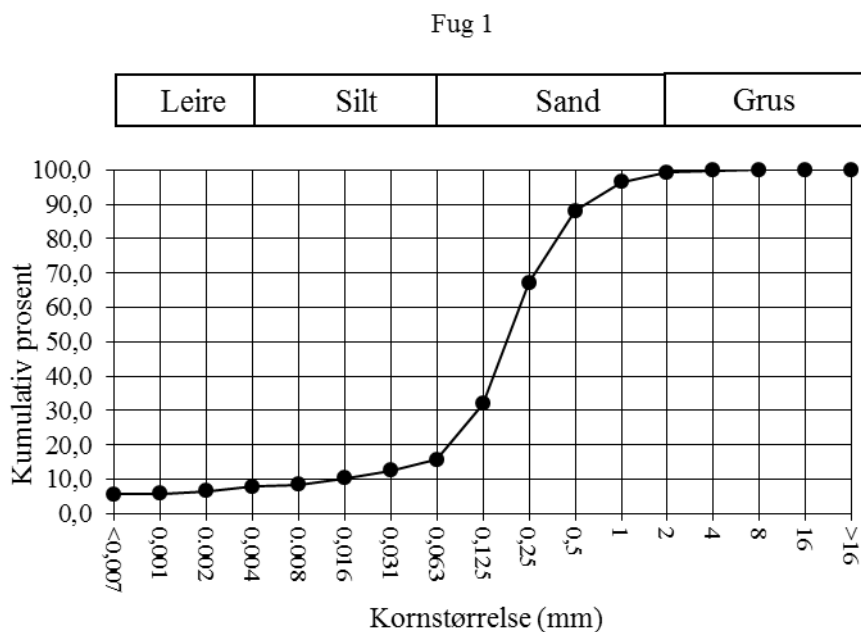
Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom hele vannsøylen, varierende mellom 8,5 mg/l og 9,5 mg/l. Ved den dypeste målingen på 196 m var oksygeninnholdet 5,9 ml/l som plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

3.2 Sediment

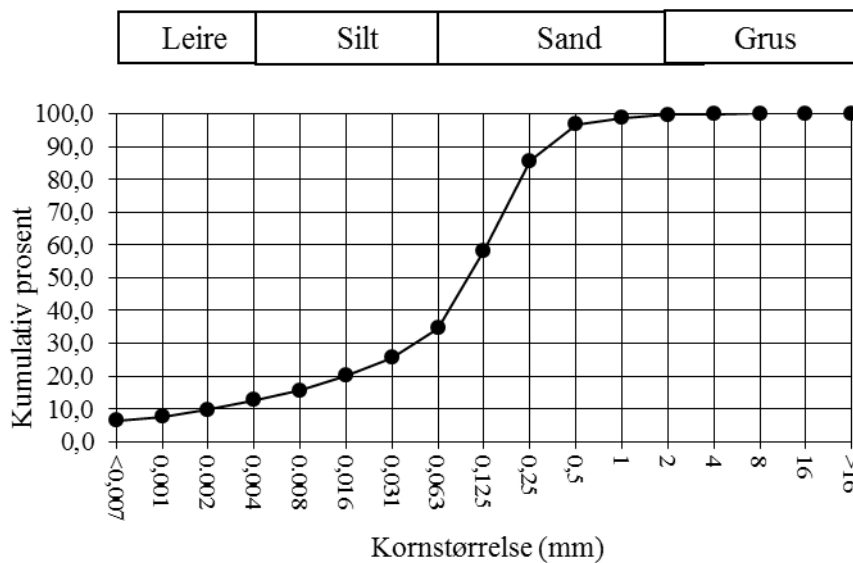
Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Fuglåsen, august 2012

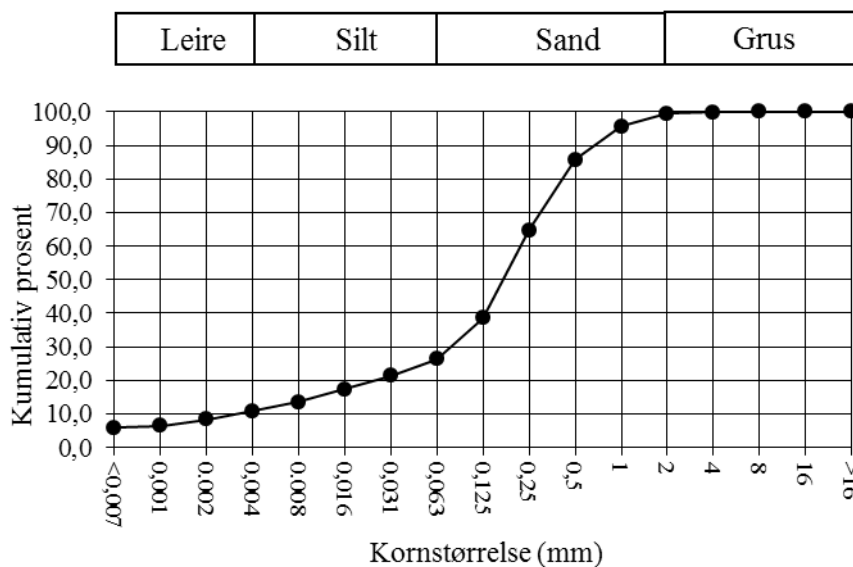
Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Fug 1	67	6	8	8	16	84	1
Fug 2	117	8	13	22	35	65	0
Fug 3	199	7	11	16	26	73	0



Fug 2



Fug 3



Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sediment prøver fra stasjonene ved Fugelåsen, august 2012.

På alle stasjonene dominerte sand, og på nærstasjonen Fug 1, den grunneste var sandandelen hele 84 %. Det resterende sedimentet på Fug 1 bestod av like andeler av silt og leire på 8 % hver, og 1 % grus. De andre to stasjonene Fug 2 og Fug 3 bestod av henholdsvis 65 % og 73 % sand. Det resterende sedimentet bestod også her av en blanding av silt og leire, men med en noe høyere silt- andel enn leire. Kort sagt var sedimentet relativt likt på de tre stasjonene. Glødetapet var og nesten likt på de tre stasjonene, fra 6 til 8 %, noe som er relativt lavt og normalt glødetap.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

På alle stasjonene var det lave naturlige verdier for tungmetallene sink og kobber, og alle fikk beste tilstandsklasse I. Likeledes var verdiene for fosfor normalt lave på alle stasjonene. Totalt organisk karbon (TOC) var forhøyet ved alle tre stasjonene, og Fug 1 og Fug 3 fikk tilstandsklasse III (moderat/mindre god), mens mellomstasjonen Fug 2 fikk TK IV (dårlig). Det må nevnes at metoden for beregning av TOC ikke er tilpasset dette området og at glødetapet vil gi en mer riktig indikasjon på den faktiske organiske belastningen. Glødetapet var relativt lavt og høyest med 8 % på Fug 2.

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) %
Fug 1	18	33,2	III	770	32	I	7	I	55,9
Fug 2	24	35,8	IV	660	37	I	11	I	48,8
Fug 3	18	31,2	III	460	36	I	10	I	53,3

Måling av pH og redokspotensialet (E_h)

Resultatene fra pH og redokspotensialet sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1.

Målingen av pH og E_h på nærstasjonen viste en normalt god pH og god redokspotensiale på alle tre stasjonene, og de får beste tilstandsklasse, tilstand 1.

Tabell 3.3: Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon	/			
Parameter	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
Nærsone	7,73	63	0	1
Overgangssone	7,69	45	0	1
Fjernsone	7,69	-72	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. 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 bunndyrprøvene fra Fug 1 like ved anlegget(67m), ble det funnet 62 arter med til sammen hele 1107 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,26 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse II (God). 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 1 (Meget god) (Tabell 2.3). Med et individantall på 534 dominerte børstemakken *Capitella capitata* på denne stasjonen, og utgjorde 48,2 % av alle individene i prøven. AMBI-verdien indikerer moderate forhold på stasjonen, noe som støttes av den relative ujevne fordelingen av de geometriske klassene på stasjonen.

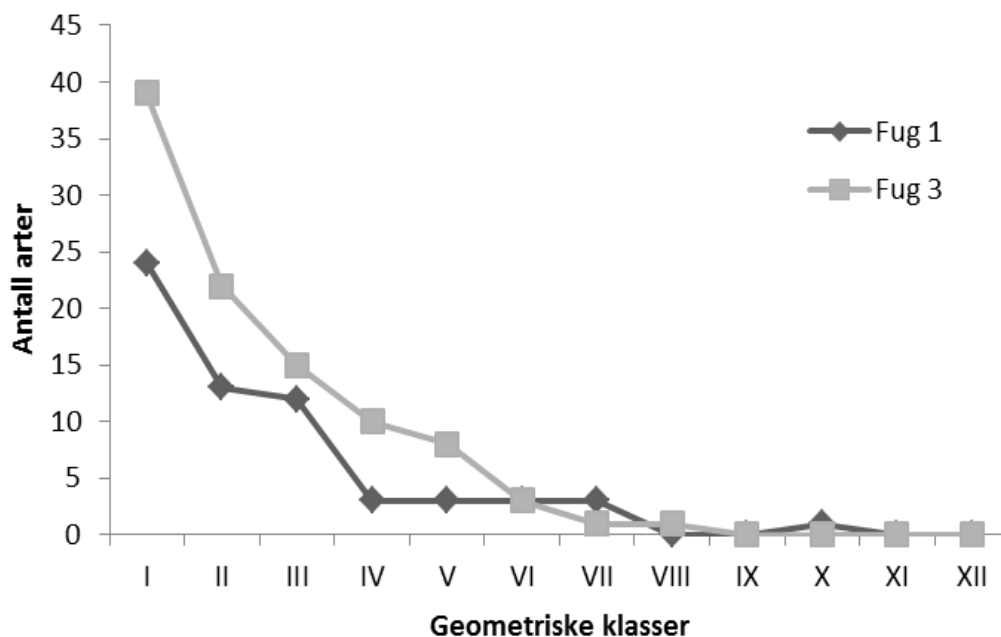
Ute i fjernsonen på Fug 3 (på 199m) fant man 99 arter med til sammen 809 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,9 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse I (Svært god). Blant de ti mest tallrike artene fant man 2 arter bløtdyr, 2 arter slangestjerner og resten børstemarker. Indeksene(NQI1 og NQI2) som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter havnet begge i tilstandsklasse I (Svært god). AMBI-verdien indikerer lett faunaforstyrrelse på stasjonen. De geometriske klassene indikerer at man har gode forhold på stasjonen, noe som også støttes av faunasammensetningen.

De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom huggene fra samme stasjon. På Fug 1 var likheten 66 % og på Fug 3 var likheten 65 %. Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (26 % likhet) (Figur 3.4 og 3.5). Dette er forventet og naturlig ettersom stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter og dyp.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. 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
Fug 1	2	680	45	3,07	0,56	5,49	4,47	0,55	0,44		
Nærsonen	3	427	45	3,44	0,63	5,49	4,13	0,59	0,49		
	SUM	1107	62	3,29	0,55	5,95					
	SNITT	554	45	3,26	0,59	5,49	4,30	0,57	0,46		I-Meget god
Fug 3	1	450	70	4,82	0,79	6,13	1,82	0,80	0,77		
Fjernsonen	3	359	76	4,98	0,80	6,25	1,48	0,84	0,81		
	SUM	809	99	5,05	0,76	6,63					
	SNITT	405	73	4,90	0,79	6,19	1,65	0,82	0,79		I-Svært god

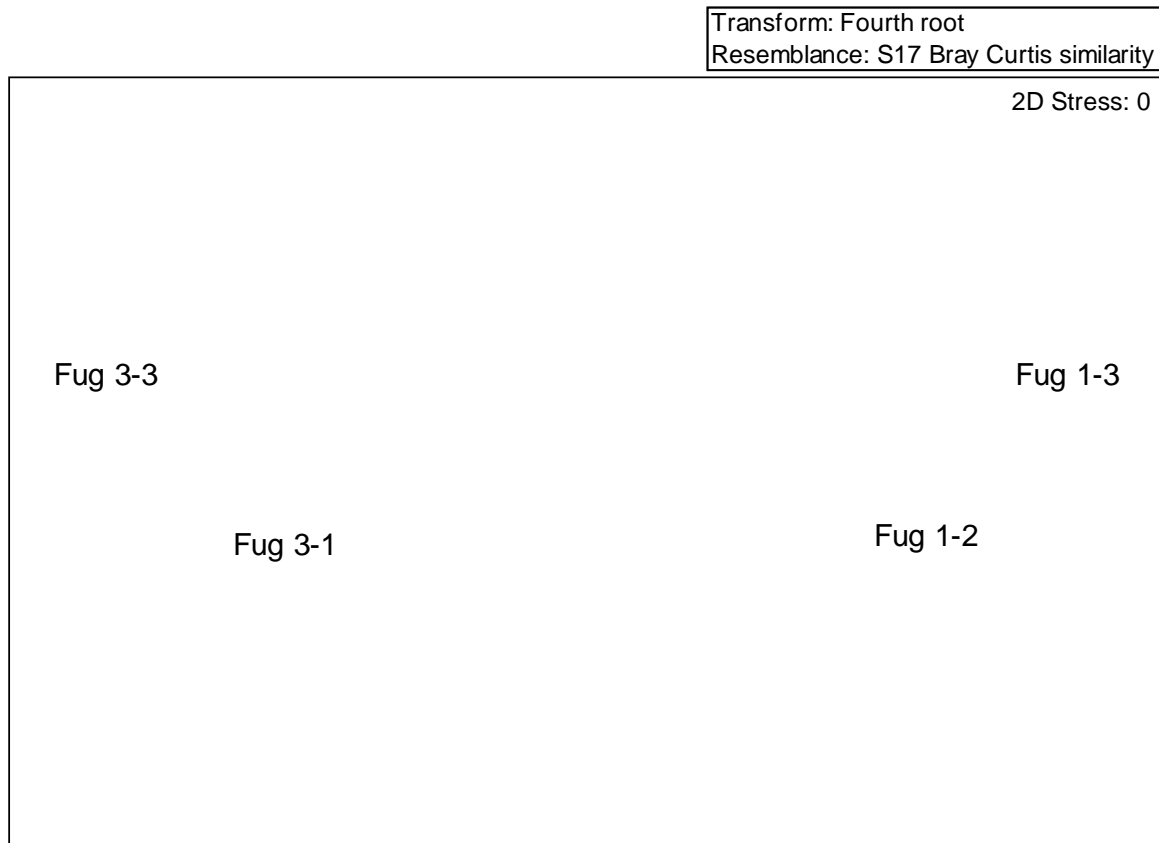
I – Meget god II - God III – Mindre god IV – Dårlig V – Meget dårlig



Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Fug 1	Antall individ	%	Kum. %	Fug 3	Antall individ	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	534	48,2	48,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	159	19,7	19,7
<i>Chaetozone sp.</i>	74	6,7	54,9	<i>Sabellidae indet.</i>	84	10,4	30,0
<i>Ophelina acuminata</i>	68	6,1	61,1	<i>Pseudothyone raphanus</i>	51	6,3	36,3
<i>Scoloplos armiger</i>	66	6,0	67,0	<i>Pholoe baltica</i>	38	4,7	41,0
<i>Pholoe baltica</i>	59	5,3	72,4	<i>Notomastus latericeus</i>	33	4,1	45,1
<i>Thyasira flexuosa</i>	52	4,7	77,1	<i>Caudofoveata indet.</i>	28	3,5	48,6
<i>Thyasira sarsii</i>	44	4,0	81,0	<i>Chaetozone sp.</i>	27	3,3	51,9
<i>Levinsenia gracilis</i>	23	2,1	83,1	<i>Mendicula ferruginosa</i>	27	3,3	55,3
<i>Phyllodoce mucosa</i>	21	1,9	85,0	<i>Melinna albicincta</i>	23	2,8	58,1
<i>Syllidae indet.</i>	16	1,4	86,4	<i>Labidoplax buskii</i>	17	2,1	60,2
				<i>Myriochele heeri</i>	17	2,1	62,3



Figur 3.4: 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 3.5: 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 Fuglåsen i Ramsøyfjorden, Smøla kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 13.08.12. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Sedimentet var relativt likt på alle tre stasjonene med en høy sand- andel på 65 % til 84 %. Høyest sand-andel hadde Fug 1. Resterende sediment var en relativt lik blanding av leire og silt på alle stasjonene.

For tungmetallene kobber og sink var verdiene lave ved alle stasjonene, og de fikk beste tilstand. Likeledes var fosforinnholdet lavt på alle tre.

TOC- innholdet var forhøyet på alle tre stasjonene, og Fug 1 og Fug 3 fikk TK III, mens Fug 2 falt dårligst ut med TK IV. Det må nevnes at metoden for beregning av TOC ikke er tilpasset dette området og at glødetapet vil gi en mer riktig indikasjon på den faktiske organiske belastningen. Glødetapet var normalt for alle tre stasjonene, høyest var Fug 2 med 8 %.

Faunaen var normalt god på både Fug 1 og Fug 3. Etter MOM- standarden fikk Fug 1, beste tilstand, 1, og etter KLIF fikk Fug 3 TK I. Artssammensetningen på Fug 1 viser at det er en del tilførsel av næringsstoffer fra anlegget til sedimentet. Fug 2 ble ikke analysert i detalj grunnet de gode forholdene ved nær- og fjern- stasjonen.

Oksygenmålingen på den dypeste stasjon ga beste tilstandsklasse I, etter KLIF.

5 TAKK

På toktet deltok Christian Bøe og Rune Haugen fra Havbrukstjenesten AS. Sediment- analysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Natalia Korableva og Nargis Islam. Bunndyrene ble identifisert av Frøydis Lygre og Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa 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. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<u>Generell vedleggsdel</u>	22
<u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</u>	30
<u>Vedleggstabell 2. Artsliste</u>	31
<u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u>	36
<u>Vedleggstabell 4. Analysebevis</u>	37

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.

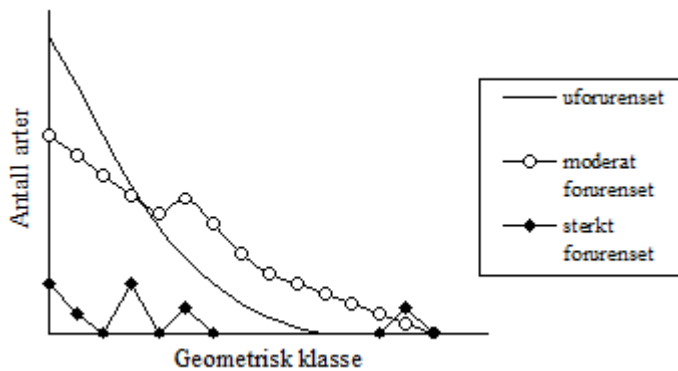
Geometriske klasser

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 toppe 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 Direktoratsgruppa 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:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

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	Hulberts indeks	>26	26-18	18-11	11-6	<6
bløtbunnsfauna	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:

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

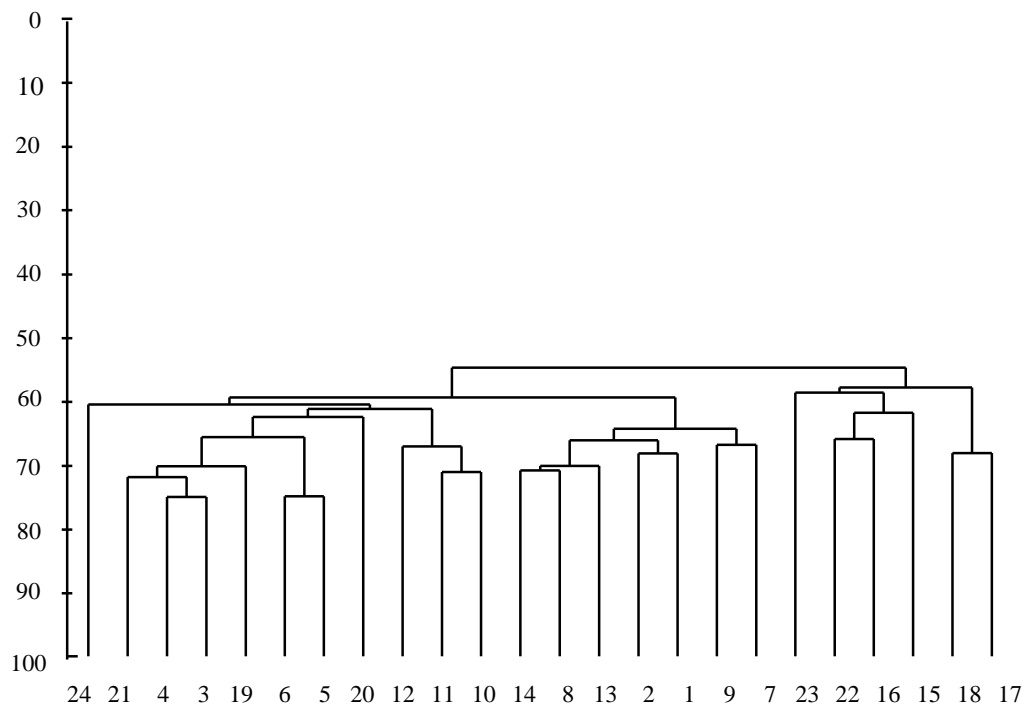
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

Dataprogrammer

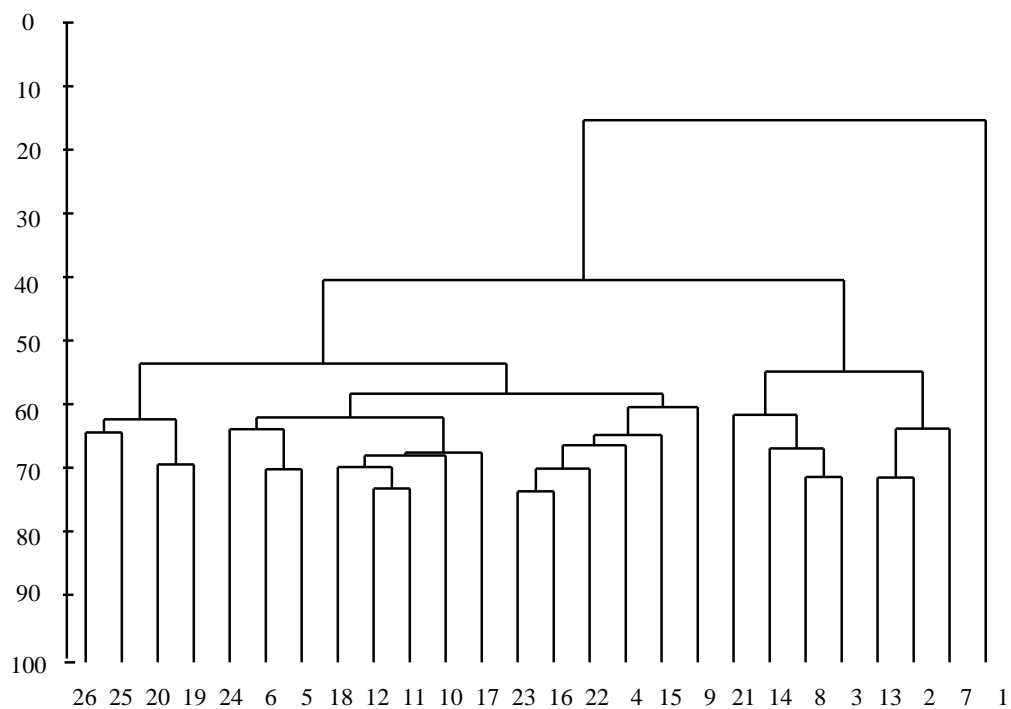
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget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

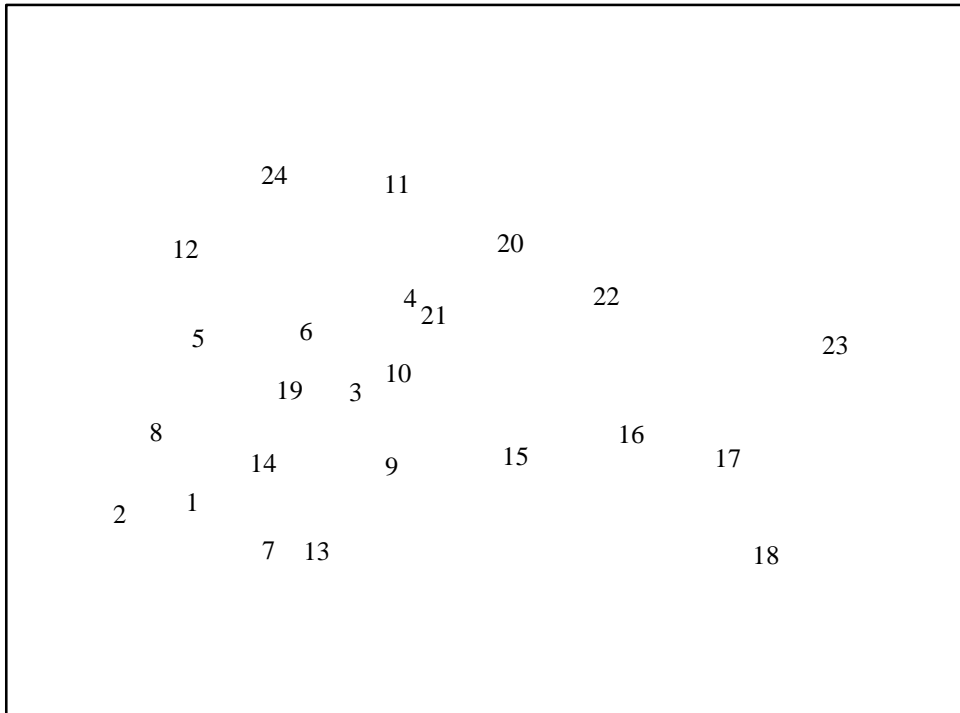


FAUNAFORSKJELL

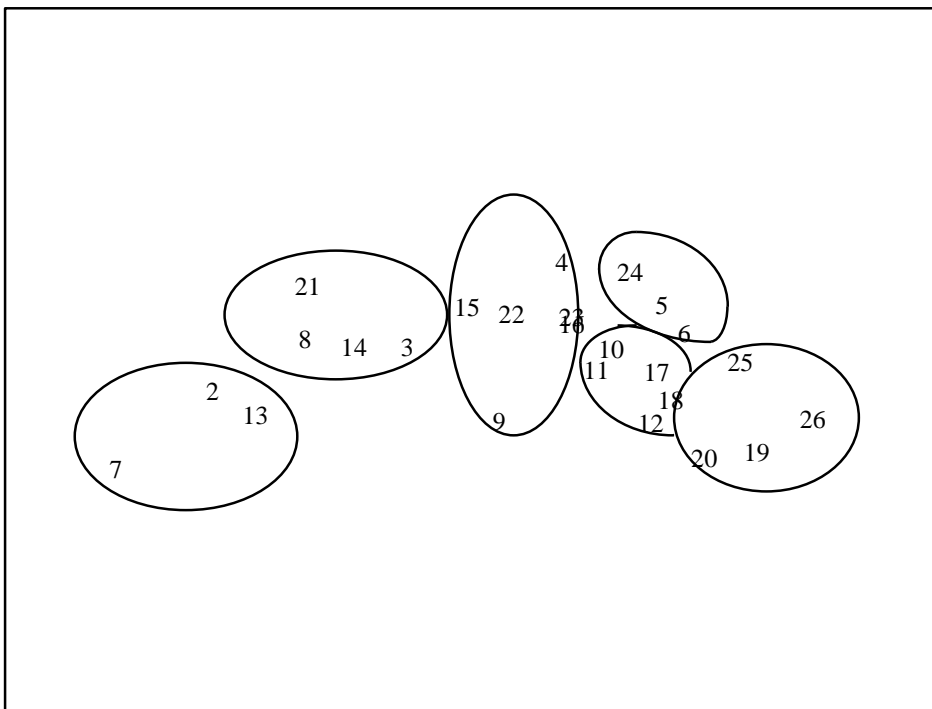


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS									
Firma: Salmar Farming AS									
Lokalitet: Fuglåsen									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Fug 1	Fug 2	Fug 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
II	pH	Målt verdi	7,73	7,69	7,69				
	Eh (mV)	Målt verdi	63	45	-72				
		plus ref. potensial	294	276	159				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0				0,00
		Tilstand (prøve)	1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II)		1						
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0				
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0				
		Brun/sort (2)							
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0				
		Noe (2)							
		Sterk (4)							
	Konsistens	Fast (0)			0				
		Myk (2)	1	2					
		Løs (4)							
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1		1				
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)		2					
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0				
		$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)							
		$t \geq 8$ cm (2)							
	Sum	2	4	1					
	Korr. Sum (0.22)	0,44	0,88	0,22				0,51	
	Tilstand (prøve)	1	1	1					
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)	0,22	0,44	0,11				0,26	
	Tilstand (prøve)	1	1	1					
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand							
	<1,1	1							
	1,1 - <2,1	2							
	2,1 - <3,1	3							
	$\geq 3,1$	4							
	Tilstand								
	Gruppe 1		Gruppe II og						
	A		1,2,3,4						
	4		1,2,3						
	4		4						
	Tilstand		1						

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Salmar Farming AS
Prosjekt nr.: 806915
Prøvetakingssted (område): Reiråklakken, Smøla Kommune
Dato for prøvetaking: 13.08.2012
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbrukstjenesten 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 checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input 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:4 sider.

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

Signatur: 
Godkjent taksonom

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

s.1/4	Stasjonsnavn	Fug 1	Fug 1	Fug 3	Fug 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	67	67	199	199
	Hugg	2	3	2	3
	HYDROZOA				
*	<i>Hydrozoa indet.</i>	+			
	ANTHOZOA				
	<i>Cerianthus lloydii</i>			0/1	
	<i>Actiraria indet.</i>		1		
	<i>Edwardsia sp.</i>	1			
	NEMATODA				
*	<i>Nematoda indet.</i>	2	2	21	9
	POLYCHAETA				
	<i>Enipo kinbergi</i>	0/1			
	<i>Polynoidae indet.</i>	4		1	1
	<i>Pholoe baltica</i>	34	25	15	23
	<i>Pholoe pallida</i>				4
	<i>Pholoe assimilis</i>	1	2		
	<i>Sthenelais limicola</i>	0/1			
	<i>Nereiphylla lutea</i>			1	
	<i>Paranaitis whalbergi</i>				1
	<i>Paranaitis sp.</i>				1
	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	3/7	2/1		
	<i>Phyllodoce mucosa</i>	10	11		
	<i>Eteone foliosa</i>	1	0/1		
	<i>Eteone longa</i>	2/1	1/1		
	<i>Eteone barbata</i>	1			
	<i>Pterocirrus nidarosiensis</i>				1
	<i>Glycera lapidum</i>			0/6	0/4
	<i>Goniada maculata</i>	1	2	2	1
	<i>Sphaerodorum flavum</i>		0/1	1	
	<i>Syllidae indet.</i>	9	7	3	2
	<i>Nephtys hombergii</i>	3	2/1		0/1
	<i>Nephtys hystericis</i>	0/3	0/1		
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	1	102	57
	<i>Hyalinoecia tubicola</i>		1		
	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>			1/1	2
	<i>Nothria conchylega</i>			1	1
	<i>Lumbrineridae indet.</i>			7	3
	<i>Phylo kupfferi</i>				1
	<i>Scoloplos armiger</i>	38	28		
	<i>Aricidea sp.</i>	2			
	<i>Levinsenia gracilis</i>	17	6	1	
	<i>Paraonis sp.</i>		1	2	1
	<i>Poecilochaetus serpens</i>			4	0/2
	<i>Aonides paucibranchiata</i>			1	

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

s.2/4	Stasjonsnavn	Fug 1	Fug 1	Fug 3	Fug 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	67	67	199	199
	Hugg	2	3	2	3
	<i>Laonice sarsi</i>			1	0/1
	<i>Malacoceros sp.</i>			5	
	<i>Polydora sp.</i>			1	
	<i>Prionospio cirrifera</i>		5	1	1
	<i>Prionospio dubia</i>			2/8	0/3
	<i>Spiophanes kroyeri</i>			1/1	3/2
	<i>Spiophanes bombyx</i>	1			
	<i>Aphelochaeta sp.</i>	1		9	6
	<i>Caulleriella sp.</i>				1
	<i>Caulleriella killariensis</i>		1	1	7
	<i>Chaetozone sp.</i>	41	33	15	12
	<i>Pherusa flabellata</i>				0/2
	<i>Diplocirrus glaucus</i>	1/1	0/1	1	
	<i>Brada villosa</i>		0/1		
	<i>Ophelina acuminata</i>	35/15	16/2		
	<i>Scalibregma inflatum</i>		1		
	<i>Capitella capitata</i>	350	184		
	<i>Mediomastus fragilis</i>	7	5		
	<i>Notomastus latericeus</i>	0/2	0/3	17/7	7/2
	<i>Arenicola marina</i>	0/3			
	<i>Heteroclymene robusta</i>			2	
	<i>Maldane sarsi</i>			2	
	<i>Maldanidae indet.</i>			1	
	<i>Myriochele danielsseni</i>			3	1
	<i>Galathowenia oculata</i>	3			1
	<i>Myriochele heeri</i>			8	9
	<i>Owenia borealis</i>	0/6	0/3	1	1
	<i>Pectinaria koreni</i>		0/1		
	<i>Ampharete falcata</i>			2	
	<i>Ampharete lindstroemi</i>	1/2	0/1	0/1	
	<i>Sabellides octocirrata</i>	2		4	5
	<i>Anobothrus gracilis</i>	1	0/2		
	<i>Lysippides fragilis</i>				1
	<i>Amphicteis gunneri</i>				0/1
	<i>Eclysippe vanelli</i>			6/1	3
	<i>Samytha sexcirrata</i>				1
	<i>Amage auricula</i>			3	2/1
	<i>Melinna albicincta</i>			6/3	12/2
	<i>Terebellidae indet.</i>			1	
	<i>Pista cristata</i>			1	
	<i>Pista lornensis</i>			1	
	<i>Streblosoma intestinale</i>			0/4	0/5

SAM-Marin/Havbrukstjenesten

s.3/4	Stasjonsnavn	Fug 1	Fug 1	Fug 3	Fug 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	67	67	199	199
	Hugg	2	3	2	3
	<i>Polycirrus norvegicus</i>		1		
	<i>Trichobranchus roseus</i>				0/1
	<i>Terebellides stroemi</i>		1		
	<i>Euchone spp.</i>			4	1
	<i>Jasmineira sp.</i>		3		
	<i>Sabellidae indet.</i>		1	42	42
	<i>Siboglinum fjordicum</i>			+	+
	SIPUNCULA				
	<i>Phascolion strombus</i>			3	1
	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>			8	2
	CRUSTACEA				
*	<i>Cylindroleberis mariae</i>				1
*	<i>Cypridina norvegica</i>			4	2
*	<i>Calanus finmarchicus</i>		1	1	
*	<i>Decapoda juv indet larve</i>	0/2	0/1	0/2	0/1
*	<i>Paguridae indet.</i>	1			
*	<i>Amphipoda indet.</i>	11	7	12	12
*	<i>Caprellidae indet</i>	1			
*	<i>Diastylis cornuta</i>				1
*	<i>Diastylodes biplicatus</i>				2
*	<i>Eudorella truncatula</i>	1			
*	<i>Natatolana borealis</i>			1	1
*	<i>Gnathia sp.</i>			1	
	PYCNOGONIDA				
	<i>Pycnogonida indet.</i>	5		3	
	MOLLUSCA				
	<i>Caudofoveata indet.</i>			13/5	6/4
	<i>Eulima bilineata</i>			1	
	<i>Oenopota trevelliana</i>	1		1	
	<i>Philine quadrata</i>			1/1	
	<i>Philine scabra</i>	2/1	0/2		
	<i>Cylichna cylindracea</i>	1/1	0/1		
	<i>Scaphander lignarius</i>			1	
	<i>Ledella messanensis</i>				1
	<i>Yoldiella cf. lenticula</i>				1
	<i>Mytilidae indet.</i>	0/5		0/1	0/1
	<i>Lucinoma borealis</i>		4		
	<i>Thyasira equalis</i>				5/1
	<i>Thyasira flexuosa</i>	24	28	14	2
	<i>Thyasira obsoleta</i>			6	3/2
	<i>Thyasira sarsii</i>	10/11	9/14	0/2	0/1
	<i>Thyasira sp.</i>				1

SAM-Marin/Havbrukstjenesten

s4/4	Stasjonsnavn	Fug 1	Fug 1	Fug 3	Fug 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	67	67	199	199
	Hugg	2	3	2	3
	<i>Axinulus croulinensis</i>			6	
	<i>Mendicula ferruginosa</i>			17/3	7
	<i>Adontorhina similis</i>				1
	<i>Tellimya ferruginosa</i>				1
	<i>Kurtiella bidentata</i>	1			
	<i>Astarte montagui</i>		0/1		
	<i>Parvicardium minimum</i>		0/1	2	
	<i>Phaxas pellucida</i>	0/2	0/4		
	<i>Gari fervensis</i>		1		
	<i>Abra nitida</i>				1
	<i>Corbula gibba</i>	1	1		
	<i>Hiatella sp.</i>	1			
	<i>Cuspidaria rostrata</i>				2
	<i>Antalis entalis</i>				1
	<i>Entalina tetragona</i>				2
	<i>Pulsellum lofotense</i>			1	2
	ECHINODERMATA				
	<i>Luidia sarsi</i>			0/1	
	OPHIUROIDEA				
	<i>Ophiuroidea indet.</i>				0/1
	<i>Amphipholis squamata</i>			1	1/1
	<i>Amphiura chiajei</i>			10	4/2
	<i>Amphiura filiformis</i>			1	2/1
	<i>Ophiocten affinis</i>	1		2	0/1
	<i>Ophiura carnea</i>			5	1
	<i>Spatangoida indet.</i>				0/1
	<i>Brissopsis lyrifera</i>				1
	<i>Echinocardium flavescens</i>			1	3/2
	<i>Pseudothyone raphanus</i>			14/1	33/3
	<i>Labidoplax buskii</i>	3		10	7
	ENTEROPNEUSTA				
	<i>Enteropneusta indet.</i>				1
	ASCIDIACEA				
	<i>Polycarpa fibrosa</i>			1/1	1
*	VARIA	+		++	++

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Fug 1	Fug 3
I	24	39
II	13	22
III	12	15
IV	3	10
V	3	8
VI	3	3
VII	3	1
VIII	0	1
IX	0	0
X	1	0
XI	0	0
XII	0	0

Vedleggstabell 4. 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-002848-01



EUNOBE-00004820

Prøvemottak: 19.10.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 19.10.2012-08.11.2012
Referanse: 806915 09/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-1019-019	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Fug 1, 67m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi:
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	770	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	7	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	32	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	18	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	55.9	% (v/v)		EN 14346	0.1	

Prøvenr.:	441-2012-1019-020	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Fug 2, 117m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi:
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	660	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	11	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	37	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	24	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	48.8	% (v/v)		EN 14346	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-002848-01



EUNOBE-00004820

Prøvenr.:	441-2012-1019-021	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Fug 3, 199m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi:
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	460	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	10	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	36	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	18	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	53.3	% (v/v)		EN 14346	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 06.11.2012

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 målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2