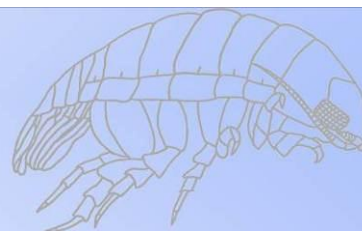


# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Miljø



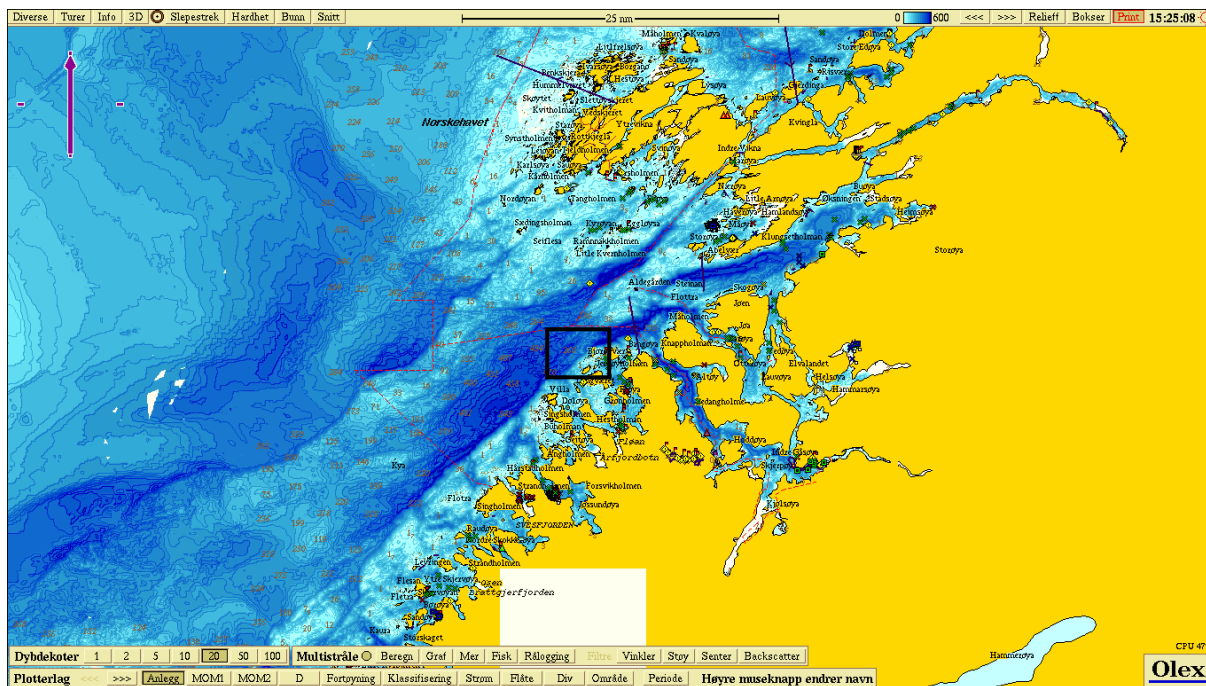
e-rapport nr: 46 – 2014

## **MOM-C undersøkelse fra lokalitet Kråkholmen i Rekkøyråsa, Flatanger kommune, februar 2014**

Vidar Strøm

Øydis Alme

Per-Otto Johansen





## SAM-Marin



Uni Research Miljø  
SAM-Marin  
Thormøhlensgt. 55  
5008 Bergen, Norway

Tlf: 55 58 44 05  
E-post: [Sam-marin@uni.no](mailto:Sam-marin@uni.no)  
Internet: [www.uni.no](http://www.uni.no)  
Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Kråkholmen i Rekkøyråsa, Flatanger kommune, februar 2014	Dato: 17.10.14 Antall sider og bilag: 48
Forfatter(e): Vidar Strøm, Øydis Alme, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Øydis Alme Prosjektnummer: 807956
Oppdragsgiver: Bjørøya Fiskeoppdrett AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: On assignment from Bjørøya Fiskeoppdrett AS, SAM-Marin, in cooperation with Aqua Kompetanse AS, was hired to investigate the marine area by the fish farm Kråkholmen (Flatanger, Nord-Trøndelag) in order 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. Three stations were chosen for sampling; Rekkøy 1, in the near zone of the farm, Rekkøy 2, 600 m south of the fish farm, and Rekkøy 3, 1,4 km to the south, in the remote zone. The environmental quality is assessed according to the classification system of Miljødirektoratet (Norwegian Pollution Control Authority). The results show low levels of copper, zinc and phosphorous at all three stations. The total organic carbon (TOC) showed high levels at all stations (V - Very bad). However, the organic content expressed as % volatile total solids indicated low organic content on Rekkøy 1 and 2, and a somewhat higher level on Rekkøy 3. The sediment from Rekkøy 1 consisted mainly of sand (79 %), the sediment from Rekkøy 2 consisted of an equal mix of silt/clay and sand, while the sediment from Rekkøy 3 was more fine grained, with 87 % silt and clay. The hydrographical data shows that the bottom water at Rekkøy 3 had a high oxygen concentration, which gave the classification II - 'Good'. The soft bottom macrofauna investigation showed good conditions at Rekkøy 1 and 2, while the conditions were moderate at the remote zone station Rekkøy 3. This survey shows some organic influence on the marine environment close to Kråkholmen. However, the bottom fauna is still considered as 'Good'/'Very good' after the MOM standard at Rekkøy 1 and 2, while the conditions at Rekkøy 3 are classified as III (Moderate) according to Miljødirektoratet.

Keywords: MOM C, recipient, fish farm, benthos, sediment

Emneord: MOM C, resipient, fiskeoppdrett, bunndyr, sediment

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 46 - 2014

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	13.10.2014	<i>P-O Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	17.10.2014	<i>Øydis Alme</i>

**Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av  
sammendrag SAM e-rapport**

---

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 10.10.2014 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 10.10.2014 ( Silje Hadler-Jacobsen )

---

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

**Følgende er utført akkreditert ved SAM-marin:**

**Prøvetaking til sediment analyser, samlet av:** Vidar Strøm, Kai-Erling Staven

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Ragna Tveiten, Ingrida Petrauskaite

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Tom Alvestad, Lenka Nealova, Per Johannessen

**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per-Otto Johansen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Fartøy fra oppdragsgiver

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environment Testing Norway AS og Eurofins Umwelt Ost GmbH  
**akkrediteringsnummer** Test 003 og D-PL-14081-01-00

Akkreditert: P, Cu, Zn, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

**Geologiske analyser utført av:** MoLab AS **akkrediteringsnummer** Test 032

Akkreditert: Kornfordeling, glødetap (TOM)

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

# INNHOLD

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER .....</b>	<b>6</b>
2.1 Undersøkelsesområdet .....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget.....	13
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>14</b>
3.1 Hydrografi .....	14
3.2 Sediment.....	16
3.3 Kjemi.....	17
3.4 Bunndyr .....	18
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....</b>	<b>23</b>
<b>5 TAKK.....</b>	<b>24</b>
<b>6 LITTERATUR .....</b>	<b>25</b>
<b>7 VEDLEGG .....</b>	<b>26</b>
Generell vedleggsdel .....	26
Vedleggstabell 1. Artsliste .....	37
Vedleggstabell 2. Geometriske klasser .....	43
Vedleggstabell 3. Analysebevis Kjemi.....	44
Vedleggstabell 4. Analysebevis Geologi.....	45
Vedleggstabell 5. MOM B, B1 og B2 skjema.....	47

## 1 INNLEDNING

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Kråkholmen i Rekkøyråsa, Flatanger kommune i Sør-Trøndelag. Lokaliteten eies av Bjørøya Fiskeoppdrett AS. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS den 6. februar 2014. Det ble foretatt en undersøkelse etter MOM-C-metodikken ved denne lokaliteten i 2007 (Arnkværn *et al.*, 2008) og resultatene vil sammenlignes med denne undersøkelsen.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere de marine miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten. 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 Miljødirektoratets tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Veileder 02:2013, Molvær *et al.*, 1997 og Bakke *et al.*, 2007) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) i samarbeid med Aqua Kompetanse AS på oppdrag fra Bjørøya Fiskeoppdrett 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

Undersøkellesområdet ligger ved Rekkøyråsa i Flatanger kommune. Oppdrettsanlegget ligger like sør for en terskel ut mot storhavet (Folla). Basert på erfaringer vi har gjort oss gjennom flere MOM B-undersøkelser samt én MOM C-undersøkelse (Arnkværn *et al.*, 2008), vet vi at havbunnen fra sørdelen av anlegget og nordover er preget av mye hardbunn. Det ble derfor besluttet å legge MOM C-stasjonene sørover, da det ikke ville ha latt seg gjøre å få nok prøvemateriale i grabb nord for anlegget. Nærsonestasjonen ligger derfor ikke helt opp til anleggsrammen, men 80 meter unna, ved den foten av skråningen der havbunnen flater ut.

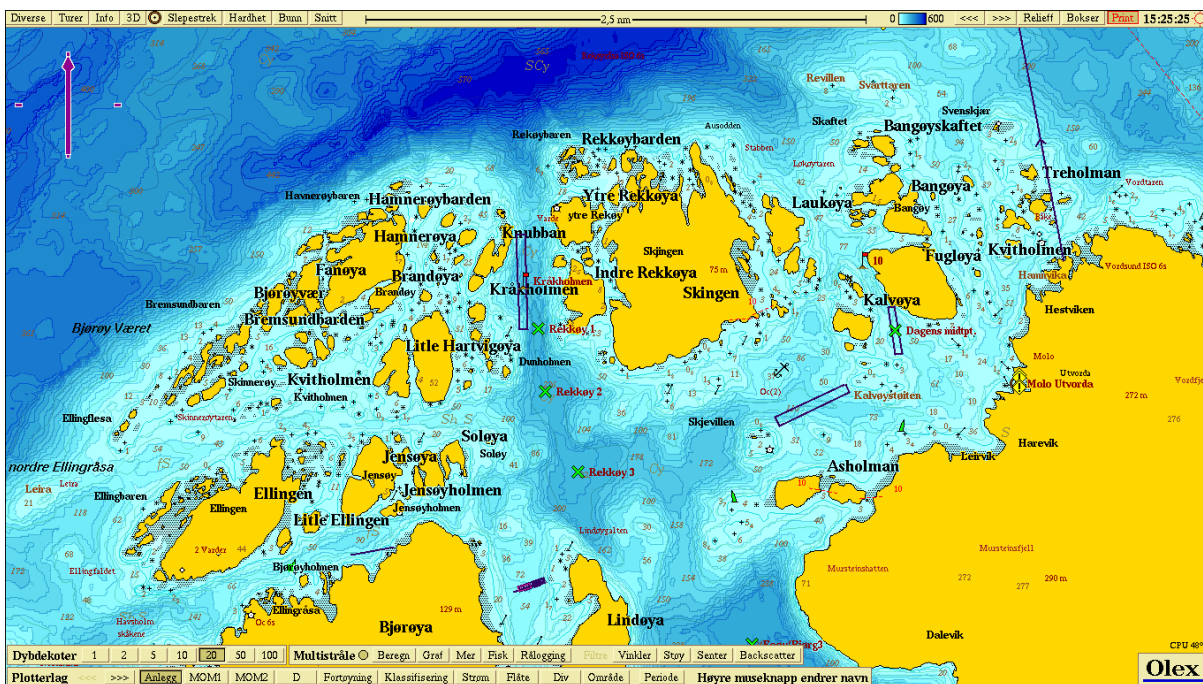
Det ble tatt prøver fra totalt tre stasjoner. Nærsonestasjonen Rekkøy 1 ligger 80 meter sørøst for anlegget, overgangsstasjonen Rekkøy 2 ligger 600 meter sør for anlegget, mens fjernsonestasjonen Rekkøy 3 ligger cirka 1,4 km sør for anlegget. Overgangsstasjonen ble også undersøkt i 2007 og resultatene sammenliknes med denne.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

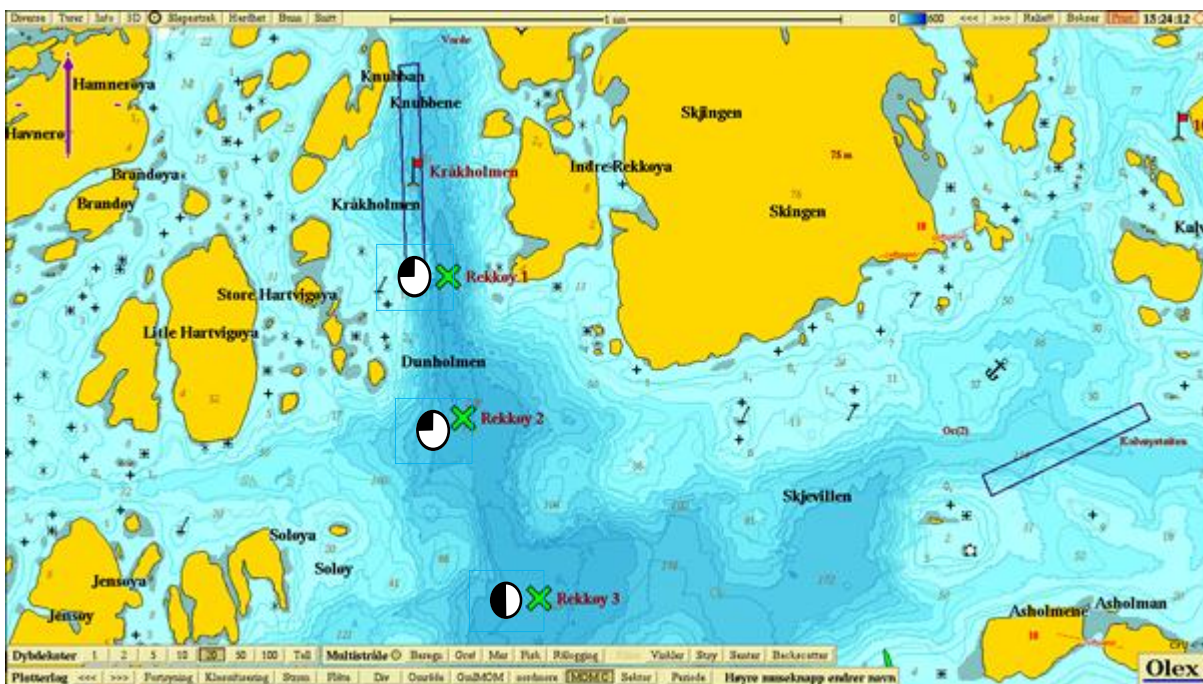
Prøveinnsamlingen av sediment og fauna ble gjort fra innleid båt 6. februar 2014. Undersøkelsen ble gjennomført av Kai-Erling Staven og Vidar Strøm fra Aqua Kompetanse AS.

Det ble også gjennomført hydrografiske målinger nedover vannsøylen ved fjernstasjonen. Måling av temperatur, saltholdighet og oksygen ble utført med en STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS innstilt for måling hvert 2. sekund når den senkes og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land, og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. All data er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.

Detaljerte opplysninger om prøvetakingsstasjonene er gitt i tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktsskart over øyriket rundt undersøkelsesområdet. Lokalitet Kråkholmen og prøvetakingsstasjonene ses midt i kartet. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2: Detaljskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Grønne kryss angir stasjonsplassering, og eksakt plassering av disse er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved lokalitet Kråkholmen i Rekkøyråsa, Flatanger kommune. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en Van Veen grabb (0,1 m<sup>2</sup>), med et maksimalvolum på 16,3 liter.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg-nummer	Prøve-volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Rekkøy 1 6.2.2014	Rekkøyråsa 64° 35.898'N 10° 51.391'Ø	207	1	5,4	Silt, normal lukt. Lysegrå sedimentoverflate. Børstemark og sjømus registrert. Uttak til faunaprøver.
			2	6,4	Silt, normal lukt. Lysegrå sedimentoverflate. Børstemark og sjømus registrert. Uttak til faunaprøver.
			3	5,4	Silt, lysegrå sedimentoverflate. Børstemark registrert. Uttak til kjemisk og geologisk prøver.
Overgangs- sone Rekkøy 2 6.2.2014	Rekkøyråsa 64° 35.585' N 10° 51.473'Ø	220	1	16,3	Silt og skjellsand, lysegrå sedimentoverflate. Normal lukt. Børstemark og slangestjerner observert. Uttak til faunaprøver.
			2	16,3	Silt og skjellsand, lysegrå overflate. Normal lukt. Børstemark og slangestjerne registrert. Uttak til faunaprøver.
			3	16,3	Silt og skjellsand. Lysegrå farge, normal lukt. Børstemark og pigghuder. Uttak til kjemi og geologi.
Fjernsone Rekkøy 3 6.2.2014	Rekkøyråsa 64° 35.186'N 10° 51.860'Ø	223	1	16,3	Silt hovedsakelig. Normal lukt, lysegrå farge. Børstemark og sjømus. Uttak til faunaprøver.
			2	16,3	Silt hovedsakelig. Normal lukt, lysegrå farge. Børstemark. Uttak til faunaprøver.
			3	16,3	Silt, lysegrå farge og normal lukt. Observerte børstemark. Uttak til kjemi og geologi.

### 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, da 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<sub>2</sub>S), 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 (% TOM) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser. Analysene ble gjennomført av MoLab AS. Prøvene ble delvis tint under transport, men dette skal ikke ha noen innvirkning på resultatene i følge analyselaboratoriet.

Analysene av kornfordelingen i sedimentet ble utført etter NS-9423. Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap (totalt organisk innhold, TOM), og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med NS 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.

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.

### 2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det tredje hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. 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 parameterne som inngår i Miljødirektoratets manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2). Prøvene ble delvis tint under transport, men dette skal ikke ha noen innvirkning på resultatene i følge analyselaboratoriet.

Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) i sedimentprøvene ble målt med et 2-kanals multimeter av typen HQ40D levert av Hach Lange gjennom firmaet Prosess-Styring AS.

### 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 m<sup>2</sup>. 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

m<sup>2</sup> grabb har et volum på 16,3 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 en sikt med hull diameter 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 conserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet blir oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 3 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede 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 i Veileder 02:2013 – «Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver». Denne veilederen skal på sikt erstatte Miljødirektoratets veiledere 01:2009 og 97:03 (TA 1467/1997). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til

Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ), NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. 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 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er til stede i prøvene. For denne rapporten er inndeling i tilstandsklasser for indekser brukt gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.2). Klassifisering er i denne rapporten gitt for både sum av grabbhugg og for gjennomsnittet som beskrevet i Veileder 02:2013. Indeksverdiene normaliseres til en 0-1 skala (nEQR) for enklere sammenlikning, og tilstandsklassen bestemmes av gjennomsnittet av de normaliserte indeksverdiene. For en grundigere gjennomgang av indeksene og beregning av tilstandsklasse, se Generell vedleggsdel. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.3).

**Tabell 2.2:** Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2014). Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig	
<b>Dypvann</b>	Oksygen*	97:03	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn.**	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
<b>Sediment</b>	Shannon-Wiener indeks. ( $H'$ )	02:2013		5,7-4,8	3,0-4,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,63-0,82	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	$ES_{100}$	02:2013		50-34	17-34	10-17	5-10	<5
	NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
	ISI <sub>2012</sub>	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,2-4,5	4,5-0
	DI	02:2013		0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Kobber	TA 2229/2007	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Sink	TA 2229/2007	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500	

\*Omregningsfaktoren til mgO<sub>2</sub> /l er 1,42

\*\* Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C

**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 <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup> . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup>
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Produksjonen ved Kråkholmen startet i 2004, og anlegget har ligget i nåværende posisjon siden 2007. Anlegget består av elleve 160 m plastringer. Det var produksjon ved anlegget på prøvetakingstidspunktet.

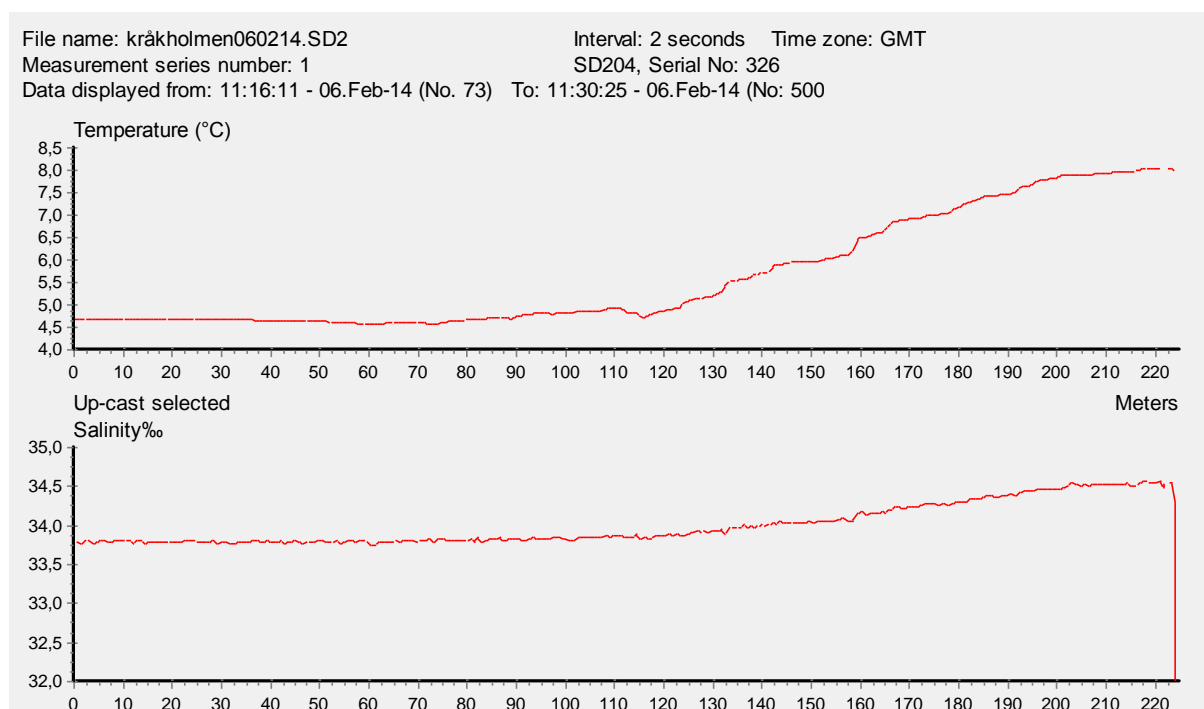
**Tabell 2.4.** Fôrforbruk og produksjon på Kråkholmen de siste 2 år forut for prøvetakingsdato (6. februar 2014):

	Utfôret mengde	Produsert mengde
Siste år	679 kg	620 kg
Siste 2 år	8914 kg	8181 kg

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

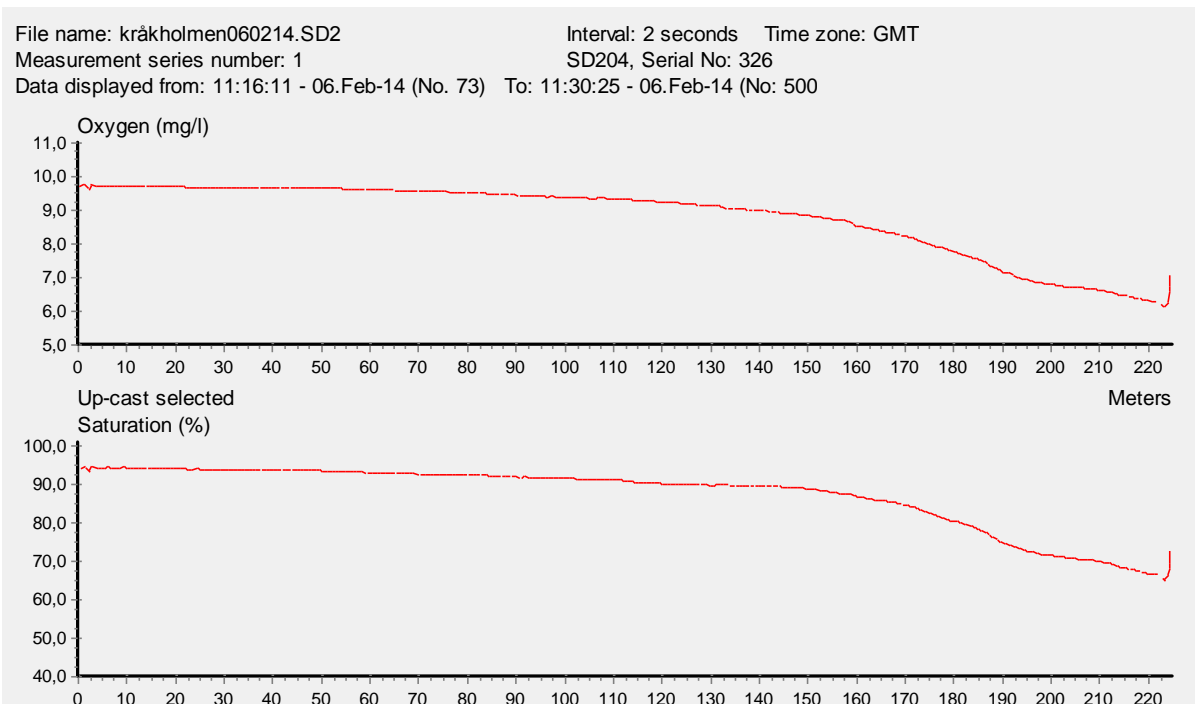
#### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til like over bunnen ved fjernstasjonen Rekkøy 3. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i figurene 3.1-3.2.



**Figur 3.1:** Temperatur (°C) og salinitet (‰) fra overflaten og ned til 224 meters dyp ved fjernstasjonen Rekkøy 3 den 6. februar, 2014.

Vannmassene ved havoverflaten holdt på undersøkelsestidspunktet en temperatur på 4,6 °C, mens saltholdigheten var 33,8 ‰. Ved rundt 120 meters dyp og videre nedover stiger temperaturen gradvis, og ved bunnen har den nådd 8,0 °C. Saltholdigheten er forholdsvis jevn gjennom hele vannsøylen, men stiger noe med økende dybde, og ved bunnen er den 34,5 ‰.

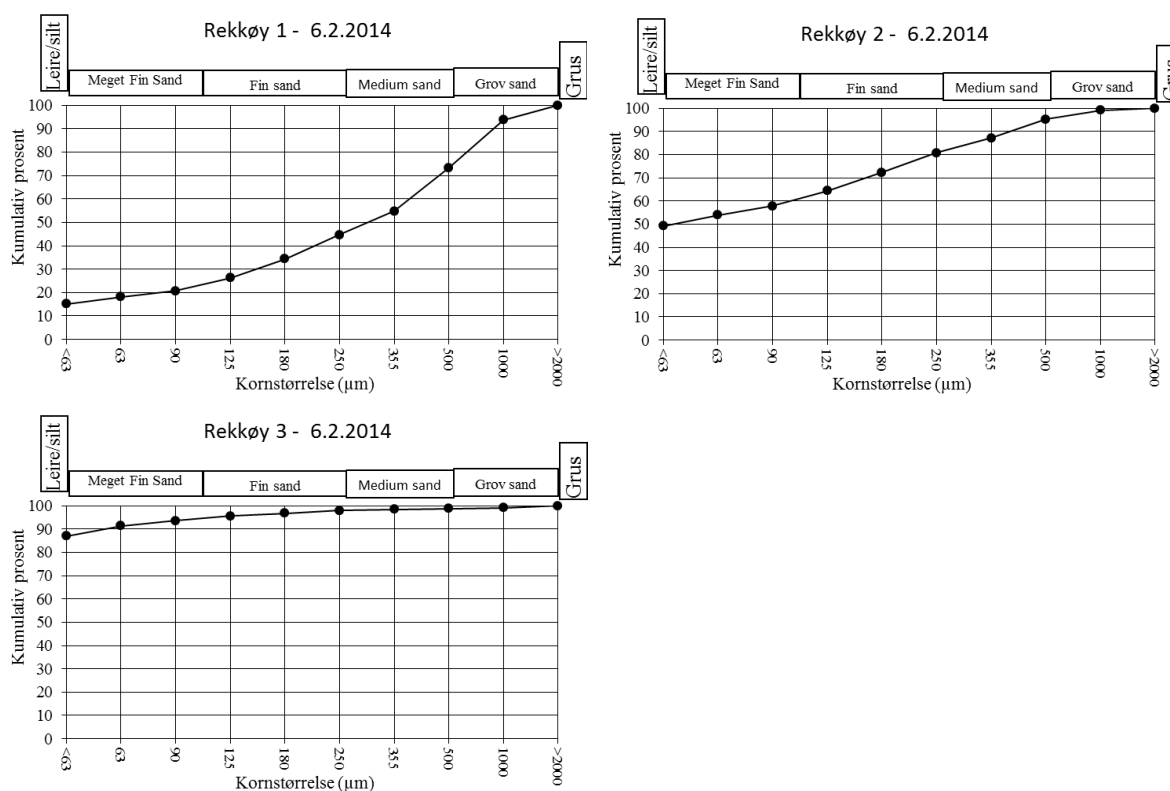


**Figur 3.2:** Oksygenkonsentrasjon (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til 224 meters dyp ved fjerntasjon Rekkøy 3 den 6. februar, 2014.

Oksygenkonsentrasjonen er 9,7 mg O<sub>2</sub>/liter sjøvann i overflatelaget, metningen ligger på 95 %. Oksygenivået avtar med økende dybde, ved 150 meters dyp er det 8,8 mg O<sub>2</sub>/l, og 88,7 %. Ved sjøbunnen er konsentrasjonen nede på 6,15 mg O<sub>2</sub>/liter, mens metningen er 65 %. Med en omregningsfaktor på 1,42 tilsvarer dette nivået en konsentrasjon på 4,33 ml O<sub>2</sub>/liter, og gir tilstandsklasse II (God) etter klassifiseringen for oksygen i dypvann gjengitt i tabell 2.2.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene ved Kråkholmen i Rekkøyråsa er presentert i figur 3.3 og tabell 3.1.



**Figur 3.3:** Kornfordeling (µm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra de undersøkte stasjonene ved lokalitet Kråkholmen, februar 2014.

**Tabell 3.1:** Oversikt over dyp, organisk innhold (% TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Kråkholmen i 2014 og tidligere undersøkelser.

Stasjon	År	Dyp	Organisk innhold (% Glødetap)	Kornstørrelsesfordeling (%)		
				Silt og leire	Sand	Grus
Rekkøy 1	2014	207	6,6	15,1	78,7	6,2
Rekkøy 2	2014	220	9,4	49,2	49,9	0,9
	2007	210	14,05	47	53	0
Rekkøy 3	2014	223	13,7	87,0	12,2	0,8

På nærsone stasjonen Rekkøy 1, besto det meste av sedimentet av sand (79 %). Fraksjonen silt og leire utgjorde 15 %, mens grus utgjorde 6 %. Det organiske innholdet målt som prosent glødetap var 6,6 og er å betrakte som et lavt nivå.

Overgangssonestasjonen Rekkøy 2 hadde en blanding av finkornet og mer grovkornet materiale. Silt og leire utgjorde 49 %, mens sand utgjorde 50 %. Andelen grus var 1 %.



Fordelingen var stort sett den samme som i resultatene fra 2007 for denne stasjonen. Det organiske innholdet var 9,4 %, og er å betrakte som et normalt nivå for norske fjorder. Sammenliknet med resultatene fra 2007 har det organiske innholdet gått ned, da det den gang ble målt til 14,05 %.

Fjernsonestasjonen Rekkøy 3, hadde et finkornet med sediment der andelen silt og leire var 87 %. Sand utgjorde 12 %, mens grus utgjorde 1 %. Det organiske innholdet var 13,7 %, og er å betrakte som et litt forhøyet nivå.

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1 Sedimentanalyser

Den målte verdien av totalt organisk karbon (TOC) normaliseres ved beregning med leire/silt andel. 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).

TOC-resultatene for alle tre stasjoner viser nivåer som havner inn under tilstandsklasse V (Svært dårlig). Sammenliknet med resultatene fra 2007 for stasjon Rekkøy 2, så har mengden TOC økt, da det den gang ble målt et nivå som havnet inn under tilstandsklasse III (Moderat).

Nivået av sink er lavt for alle tre stasjoner, og gir tilstandsklasse I (Svært god). Nivået av kobber er også lavt for alle tre stasjoner, og gir tilstandsklasse I for Rekkøy 1 og 2, og tilstandsklasse II (God) for fjernsonestasjonen Rekkøy 3. Nivået av fosfor varierer fra 1,1 til 1,4 g/kg og dette betegnes som et lavt til moderat nivå. For stasjonen Rekkøy 2 ble det i 2007 målt et høyere fosfornivå, 2,1 g/kg, mot 1,1 g/kg i 2014.

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

Stasjon	År	Dyp (m)	Fosfor (P) mg/kg TS	Kobber (Cu) mg/kg TS	Sink (Zn)		Tot. org. karbon (TOC) mg/g TS	Norm. TOC mg/g TS	Tørrstoff (TS) %		
					TK	mg/kg TS			TK	TK	
Rekkøy 1	2014	207	1400	24	I	76	I	26	41,3	V	50,4
Rekkøy 2	2014	220	1100	26	I	82	I	47	56,1	V	44,2
	2007	210	2100	14	I	58	I	24	33,5	III	47,3
Rekkøy 3	2014	223	1200	36	II	120	I	53	55,3	V	37,2

### 3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (Eh)

Resultatene fra pH og redokspotensialet sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 5.

Målingen av pH og  $E_h$  på nær-, overgangs- og fjernstasjonen viste normal pH, positivt redokspotensiale og plasserer dermed alle tre stasjonene i 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	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Nærsone	7,96	234	1	1
Overgangssone	7,91	188	0	1
Fjernsone	7,86	310	0	1

### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.4-3.6, og i Vedleggstabellene 1-2. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i februar 2014. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Nærsonestasjonen Rekkøy 1 ligger på 207 m dyp 80 m sørøst for anlegget. Her ble det funnet totalt 89 arter med til sammen 5178 individer. Diversiteten ( $H'$ ) ble på huggsnivå (snitt) beregnet til 1,94 som gir tilstandsklasse III (Moderat). Ømfintlighetsindeksen NSI havnet i tilstandsklasse IV (Dårlig) og den sammensatte indeksen NQ11 får tilstandsklasse III. Resultatene viser at det er en skjev fordeling av arter på stasjonen, med høy forekomst av

forurensningstolerante arter. I følge MOM-standarden er imidlertid diversitets-indeks lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen miljøtilstand 2 (god). Faunaen på stasjonen var dominert av børstemarken *Capitella capitata*, som med hele 3842 individer utgjorde 74 % av det totale individantallet i prøvene. Dette er en art som trives på lokaliteter med høy organisk belastning. Fordelingen på geometriske klasser, med en relativt hakkete graf, indikerer også miljøpåvirkning på stasjonen (Figur 3.4).

Ved overgangsstasjonen Rekkøy 2, som ligger på ca. 220 m dyp 600 m sør for anlegget, ble det funnet 111 arter og 1570 individer totalt. Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ) ble på huggsnivå (snitt) beregnet til 4,76 og ømfintlighetsindeksen NSI ble beregnet til 21,5. NQI1, som beskriver artsmangfold og ømfintlighet ble beregnet til 0,76. Samtlige plasserer stasjonen i tilstandsklasse II (God). Tetthetsindeksen DI, som er utarbeidet med tanke på svært høye eller lave individantall, havner i tilstandsklasse IV (Dårlig). Det høye individantallet kan være en indikasjon på en viss organisk belastning på stasjonen. Etter MOM- klassifiseringen, som også gjelder for overgangssonen, får Rekkøy 2 miljøtilstand 1 (meget god). Den mest tallrike arten på stasjonen var børstemarken *Paramphinome jeffreysii*, med 320 individer og 20 % av totalen etterfulgt av skjellet *Thyasira sarsii* (232 individer, 15 %). *T. sarsii* er en art som trives i områder med en del organisk belastning. Sammenlignet med undersøkelsen ved samme lokalitet i 2007 ser forholdene ut til å ha holdt seg stabile.

Fjernstasjonen Rekkøy 3 ligger på 223 m dyp 1,4 km sør for anlegget. Her ble det funnet 5664 individer fordelt på 88 arter. Diversiteten ( $H'$ ) ble beregnet til 2,02 som gir tilstandsklasse III (Moderat). Ømfintlighetsindeksen NSI og den sammensatte indeksen NQI1 havner også i tilstandsklasse III. Disse resultatene viser at det er en skjev fordeling av arter på stasjonen, med høy forekomst av forurensningstolerante arter. Tetthetsindeksen DI havner i tilstandsklasse V (Svært dårlig), og det høye individantallet tyder på at stasjonen bærer preg av en høy tilførsel av organisk materiale. Samlet sett havner Rekkøy 3 i

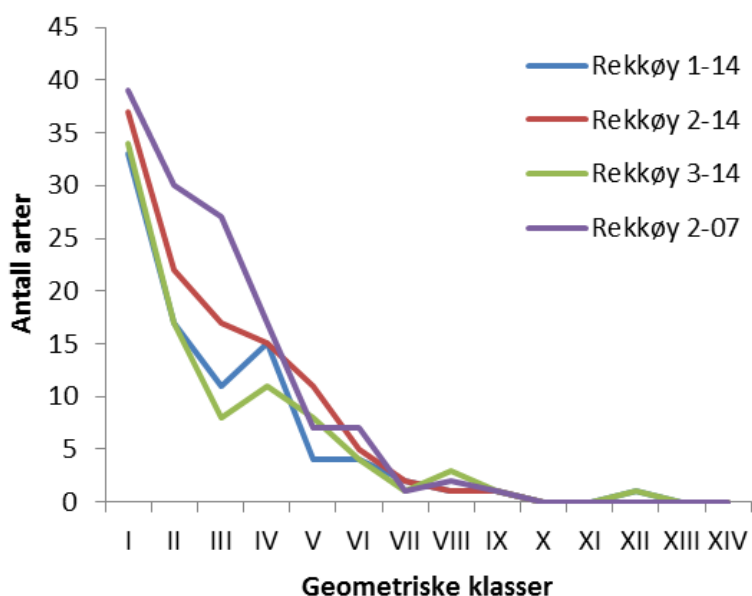
tilstandsklasse III (moderat). Faunaen på stasjonen var dominert av børstemark i slekten *Polydora*, som med 4088 individer utgjorde 72 % av det totale individantallet.

De multivariate analysene viser en relativt høy likhet mellom huggene på hver enkelt stasjon og at nærstasjonen er den som skiller seg mest fra de øvrige (Fig. 3.5 og 3.6). Man kan også se at prøvene fra Rekkøy 2 i 2014 er mer lik Rekkøy 3 enn prøvene fra samme stasjon i 2007. Dette tyder på at det har vært en viss endring i artssammensetningen på stasjonen selv om indeksene er tilnærmet uendret.

**Tabell 3.4:** Antall individer, arter, diversitet ( $H'$  og  $ES_{100}$ ), ømfintlighet (AMBI, NSI,  $ISI_{2012}$ ), den sammensatte indeksen for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) og tetthetsindeksen DI for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer), totalt og gjennomsnittlig for stasjonene. Klassifisering av miljøtilstand foretatt etter veileder 02:2013, (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014, se generelt vedlegg for nærmere forklaringer) samt MOM tilstand (firkant angir tallmateriale som klassifiserer stasjonen) fra NS 9410:2007. Tilstandsklasse baseres på snitt av normaliserte indeksverdier (nEQR).

Stasjon	År	Hugg	Antall		Diversitet						TK	MOM TK
			arter	individer	( $H'$ )	NQI1	ES100	NSI	ISI	DI		
Rekkøy 1	2014	1	64	2069	2,29	0,54	15,3	11,0	8,24	1,27		
		2	70	3109	1,58	0,50	11,8	9,5	8,89	1,44		
	Sum	89	5178	1,91	0,53	13,5	10,1	8,94	1,36		2	
	Snitt	67	2589	1,94	0,52	13,6	10,2	8,57	1,36			
	nEQR sum			0,40	0,45	0,50	0,20	0,74	0,11			
	nEQR snitt			0,41	0,44	0,50	0,21	0,70	0,11			
Rekkøy 2	2014	1	87	700	4,97	0,77	37,4	22,1	9,55	0,80		
		2	84	870	4,55	0,75	32,1	21,0	9,27	0,89		
	Sum	111	1570	4,86	0,77	35,3	21,5	9,63	0,84		1	
	Snitt	85,5	785	4,76	0,76	34,7	21,5	9,41	0,84			
	nEQR sum			0,81	0,74	0,82	0,66	0,80	0,20			
	nEQR snitt			0,80	0,74	0,81	0,66	0,78	0,20			
	2007	1	103	1011	4,55	0,74	34,1	22,7	10,21	0,95		
		3	101	840	4,77	0,74	36,1	22,5	10,09	0,87		
	Sum	131	1851	4,74	0,75	35,2	22,6	10,39	0,92		1	
	Snitt	102	925,5	4,66	0,74	35,1	22,6	10,15	0,92			
nEQR sum			0,79	0,72	0,82	0,70	0,85	0,19				
nEQR snitt			0,78	0,72	0,81	0,70	0,83	0,19				
Rekkøy 3	2014	1	64	2394	2,18	0,60	15,1	15,7	9,58	1,33		
		2	68	3270	1,85	0,59	12,9	15,1	8,91	1,46		
	Sum	88	5664	2,01	0,60	13,9	15,3	9,48	1,40			
	Snitt	66	2832	2,02	0,59	14,0	15,4	9,25	1,40			
	nEQR sum			0,42	0,56	0,51	0,41	0,79	0,11	0,47 (III)		
nEQR snitt			0,42	0,54	0,51	0,41	0,77	0,11	0,46 (III)			

I – Svært god    II - God    III – Moderat    IV – Dårlig    V – Svært dårlig



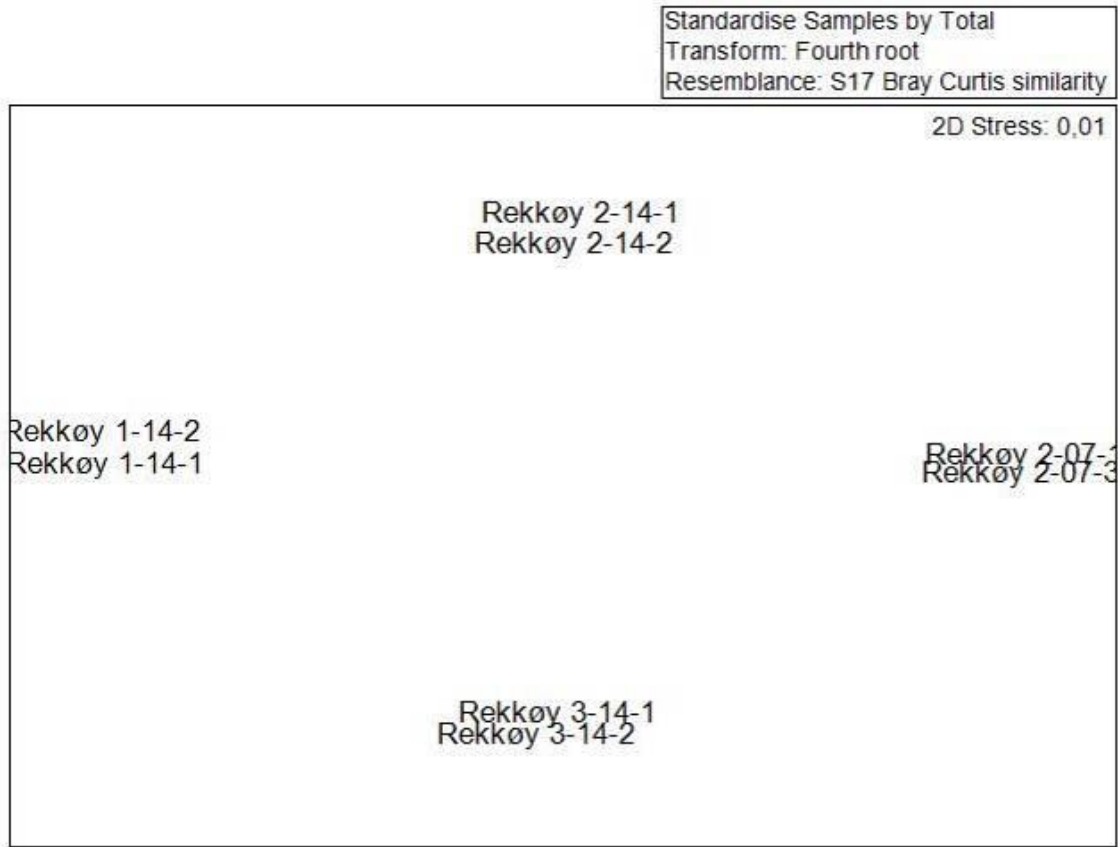
**Figur 3.4:** Antall arter (y-akse) plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Kråkholmen i 2014 og fra tidligere undersøkelser.

**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene/gruppene fra Kråkholmen i 2014 og fra tidligere undersøkelser.

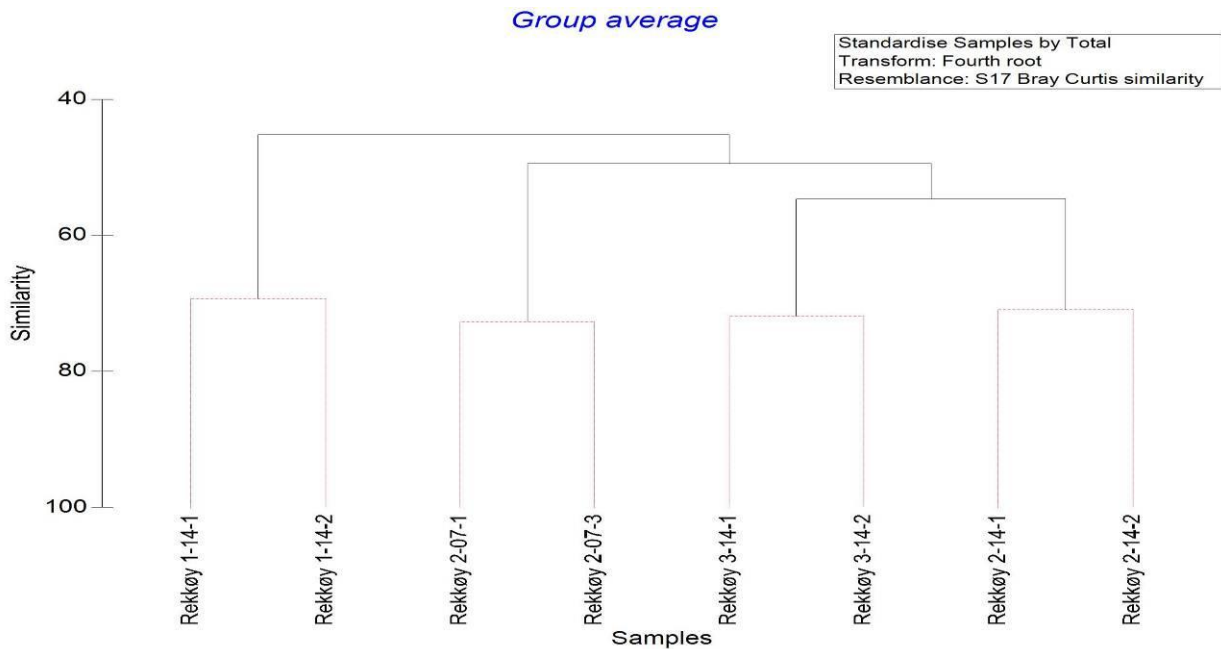
Rekkøy 1 2014	Antall individer	%	Kum. %	Rekkøy 3 2014	Antall individer	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	3842	74,2	74,2	<i>Polydora</i> sp.	4088	72,2	72,2
<i>Pholoe baltica</i>	355	6,9	81,1	<i>Thyasira sarsii</i>	410	7,2	79,4
<i>Thyasira sarsii</i>	247	4,8	85,8	<i>Abra nitida</i>	205	3,6	83,0
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	124	2,4	88,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	197	3,5	86,5
<i>Polydora</i> sp.	70	1,4	89,6	<i>Thyasira equalis</i>	133	2,3	88,9
Syllidae	54	1,0	90,6	<i>Mediomastus fragilis</i>	73	1,3	90,1
<i>Mediomastus fragilis</i>	40	0,8	91,4	<i>Pholoe baltica</i>	49	0,9	91,0
<i>Owenia borealis</i>	36	0,7	92,1	<i>Aricidea catherinae</i>	44	0,8	91,8
<i>Scoloplos armiger</i>	34	0,7	92,7	<i>Diplocirrus glaucus</i>	42	0,7	92,5
<i>Prionospio plumosa</i>	27	0,5	93,3	Lumbrineridae	37	0,7	93,2

Rekkøy 2 2014	Antall individer	%	Kum. %	Rekkøy 2 2007	Antall individer	%	Kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	320	20,4	20,4	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	498	26,9	26,9
<i>Thyasira sarsii</i>	232	14,8	35,2	<i>Chaetozone</i> sp.	235	12,7	39,6
<i>Pholoe baltica</i>	104	6,6	41,8	<i>Aphelochaeta</i> sp.	168	9,1	48,7
<i>Thyasira equalis</i>	93	5,9	47,7	<i>Polydora</i> sp.	71	3,8	52,5
<i>Polydora</i> sp.	57	3,6	51,3	Caudofoveata	53	2,9	55,4
Lumbrineridae	51	3,2	54,6	<i>Thyasira sarsii</i>	41	2,2	57,6
<i>Notomastus latericeus</i>	49	3,1	57,7	Lumbrineridae	39	2,1	59,7
<i>Abra nitida</i>	49	3,1	60,8	Synaptidae	39	2,1	61,8
<i>Polycirrus plumosus</i>	33	2,1	62,9	<i>Diplocirrus glaucus</i>	36	1,9	63,7
Syllidae	28	1,8	64,7	<i>Pectinaria belgica</i>	35	1,9	65,6
<i>Adontorhina similis</i>	28	1,8	66,5				

Annelida/Polychaeta	Mollusca	Echinodermata	Crustacea	Andre
---------------------	----------	---------------	-----------	-------



**Figur 3.5:** MDS plot på hugg-nivå fra Kråkholmen. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



**Figur 3.6:** Cluster plot på hugg-nivå fra Kråkholmen. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de undersøkte stasjonene.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av de marine miljøforholdene ved oppdrettslokaliteten Kråkholmen i Flatanger kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 6. februar 2014. Det ble samlet bunnprøver ved tre stasjoner, én ved skråningsfoten så nært anlegget som mulig, én i overgangssonen og én i fjernsonen lengre ut fjorden. Ved sistnevnte ble det også utført en hydrografisk måling.

Den hydrografiske undersøkelsen viste ingen klar lagdeling av vannmassene, noe som tyder på god omrøring av vannmassene. Oksygenivået var høyt i hele vannsøylen, selv om det sank noe med økende dyp. Bunnvannet holdt likevel en konsentrasjon som svarer til tilstandsklasse II (God) etter klassifiseringen for oksygen i dypvann (tabell 2.2).

Kornfordelingsanalysen viste at bunnsedimentet ved stasjon Rekkøy 1 var relativt grovkornet der sand utgjorde størstedelen av sedimentet, ved Rekkøy 2 var det en blanding mellom silt, leire og sand, mens det ved Rekkøy 3 var nesten 90 % silt og leire. Det organiske innholdet målt som prosent glødetap viste et normalt nivå ved stasjonene Rekkøy 1 og 2, mens nivået ved Rekkøy 3 var litt forhøyet.

Den kjemiske undersøkelsen av sedimentet viste lave nivå sink og kobber, samt lave til moderate nivå av fosfor. Parameteren totalt organisk karbon (TOC) viste høye nivå ved alle 3 stasjoner (tilstandsklasse V - Svært dårlig). TOC-klassifiseringen er imidlertid ikke tilpasset forholdene i norske fjorder (Aure *et al*, 1993), og en må ha dette i bakhodet når man tolker denne parameteren. Måling av pH og Eh ga de tre stasjonene tilstand 1 (etter MOM B-metodikk).

Bunndyrsanalysen viste at bunndyrsamfunnet ved Rekkøy 1 hadde en noe skjev fordeling av arter, med høy forekomst av forurensingstolerante arter, som børstemarken *Capitella capitata* som utgjorde 74 % av det totale individantallet i prøven. MOM-standarden, som tar høyde for en viss påvirkning i nærsone, gir imidlertid stasjonen miljøtilstand 2 (god). Ved Rekkøy 2 var forholdene gode, og snittet av indeksene plasserte denne stasjonen i

tilstandsklasse II (God). Etter MOM-klassifiseringen fikk den miljøtilstand 1 (meget god). Sammenliknet med undersøkelsen fra 2007 ser forholdene ut til å ha holdt seg stabile. Ved fjernsonestasjonen Rekkøy 3 var forholdene moderate (tilstandsklasse III). Et høyt individantall tydet på høy tilførsel av organisk materiale. Faunaen var dominert av børstemark i slekten *Polydora*.

Oppsummert tyder denne undersøkelsen på moderate til gode forhold i det marine miljøet sør for lokalitet Kråkholmen. Området mottar trolig en del organisk materiale. Dette viser seg både gjennom faunastrukturen og parameteren totalt organisk karbon (TOC). For fjernsonestasjonen Rekkøy 3 viser også prosent glødetap (organisk innhold) forhøyede verdier. Ved overgangssonestasjonen har man en gjødslingseffekt på bunndyrsamfunnet. Ved fjernsonestasjonen har man dårligere forhold. Det er imidlertid sannsynlig at naboanlegg både i sør og i øst også er påvirkningskilder til dette området. Anlegget mot øst ligger cirka 1,8 km unna Rekkøy 3, mens anlegget i sør ligger cirka 3,7 km unna. Det faktum at faunaforholdene er gode ved overgangssonestasjonen understøtter også denne teorien, da denne stasjonen ligger nærmere Kråkholmen, og det er trolig at naboanleggene påvirker Rekkøy 2 i liten grad.

## **5 TAKK**

Vi takker for god hjelp og et hyggelig tokt om bord på båten 'Big Boss' tilhørende Knut Skjengen. På toktet deltok Vidar Strøm og Kai-Erling Staven fra Aqua Kompetanse AS. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten og Ingrida Petrauskaite. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Lenka Nealova og Per Johannesen, SAM-Marin.



## 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.
- Arnkvern, G., Olsen, A.W., Salmer, M.P., Sandnes, O.K, Johansen, P.-O. 2008. *Miljøundersøkelse i Mursteinsfjorden 2007*. SAM e-Rapport 18-2008. 35 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.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

## 7 VEDLEGG

### Generell vedleggsdel

#### Analyse av bunndyrsdata

##### Generelt

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

##### Geometriske klasser

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

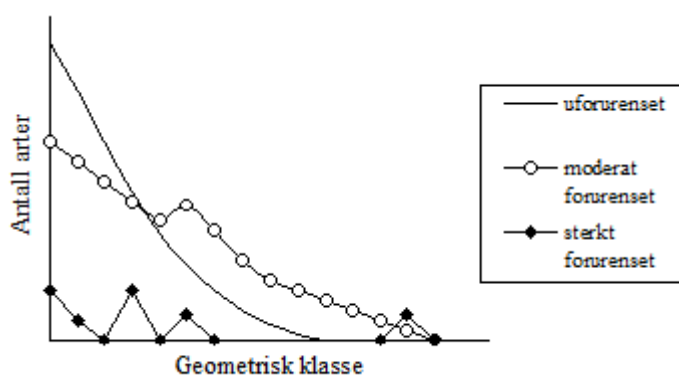
Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I upåvirkede områder vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes 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)

##### 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. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på de beregnede indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktoratets gruppa Vanndirektoratet 2014, Tabell v2 og v3).

**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.

## 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 uforurensede 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:

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

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

**Diversitetsindeksen SN** er beskrevet som:

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

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

## Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI og NSI.

**ISI** er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes  $ISI_{2012}$  (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI er beskrevet med utføres med følgende formel:

$$ISI = \sum_i^s \left[ \frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor  $ISI_i$  er verdi for arten  $i$  og  $S_{ISI}$  er antall arter tilordnet sensitivetsverdier

**AMBI (Aztu Marin Biotic Index)** tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspertene. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

**NSI** er en ny sensitivetsindeks og ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata. Hver art av i alt 591 arter er tilordnet en sensitivetsverdi. En prøves NSI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivetsverdiene av alle individene i prøven. Hvordan NSI beregnes er beskrevet av Rygg og Norling (2013). Formelen som benyttes er:

$$NSI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i * NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer og  $NSI_i$  verdi for arten  $i$ ,  $N_{NSI}$  er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

### Sammensatte indekser

Den sammensatte indeksen NQI1 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.

NQI1-indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

### Individtetthet

**DI (Density Index)** er beskrevet som:

$$DI = abs [\log_{10}(N_{0,1m^2}) - 2.05]$$

Hvor *abs* står for absolutt tallverdi (negative verdier gjøres positive), og  $N_{0,1m^2}$  er antall individer per  $0,1 \text{ m}^2$ .

### 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 02:2013\**

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES <sub>100</sub>	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI <sub>2012</sub>	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05

\* 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 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

### Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

nEQR (normalized ecological quality ratio) benyttes for å muliggjøre en harmonisert sammenligning av forskjellige indekser. nEQR beregnes for grabbgjennomsnittverdier (snitt) og kumulert grabbdata (sum) per stasjon for hver enkelt indeks. Gjennomsnittet av enkeltindeksen nEQR-verdier fra både grabbgjennomsnitt og kumulert grabbdata brukes til å beregne tilstandsverdier (nEQR) på stasjonen. nEQR beregnes med følgende formel:

$$\text{nEQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0,2 + \text{Klassens nEQR basisverdi}$$

Klassens nEQR basisverdi (nedre grenseverdi) er den samme for alle indekser og er satt til:

Basisverdi klasse I	=	0,8
Basisverdi klasse II	=	0,6
Basisverdi klasse III	=	0,4
Basisverdi klasse IV	=	0,2
Basisverdi klasse V	=	0,0

nEQR gir et tallverdi på en skala fra 0 til 1. Ettersom nEQR følger en kontinuerlig skala viser verdien ikke bare tilstandsklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger.

## 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 ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

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

Hvor:  $S_{jk}$  = likheten mellom to prøver, j og k

$y_{ij}$  = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

$y_{ik}$  = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

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

prosentvis 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:

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

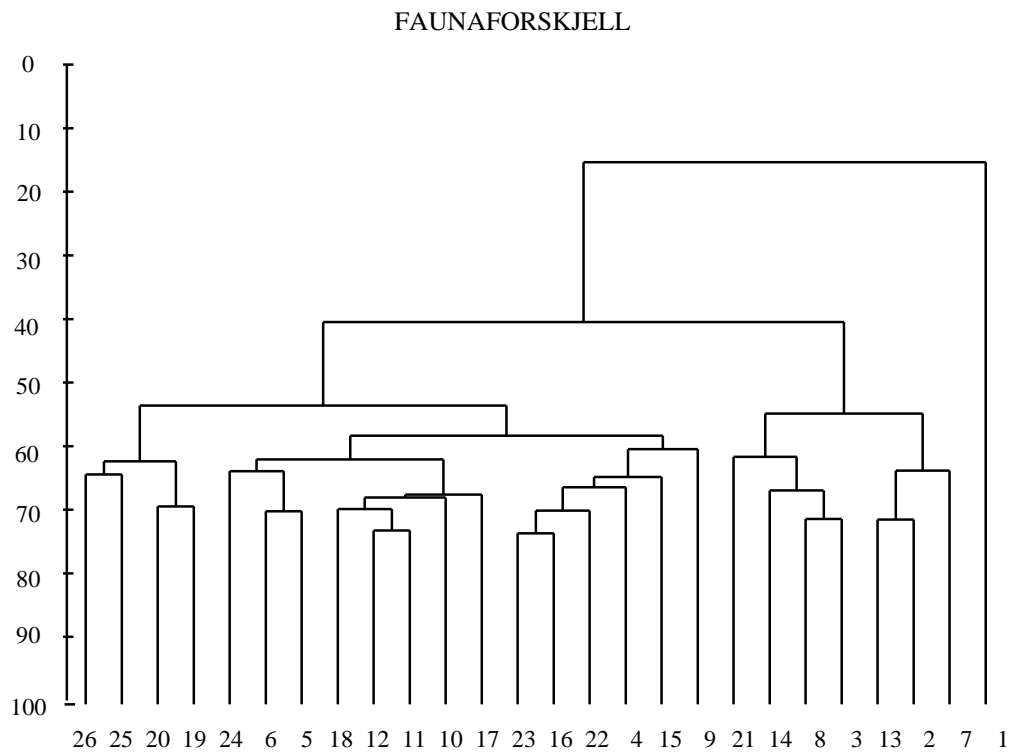
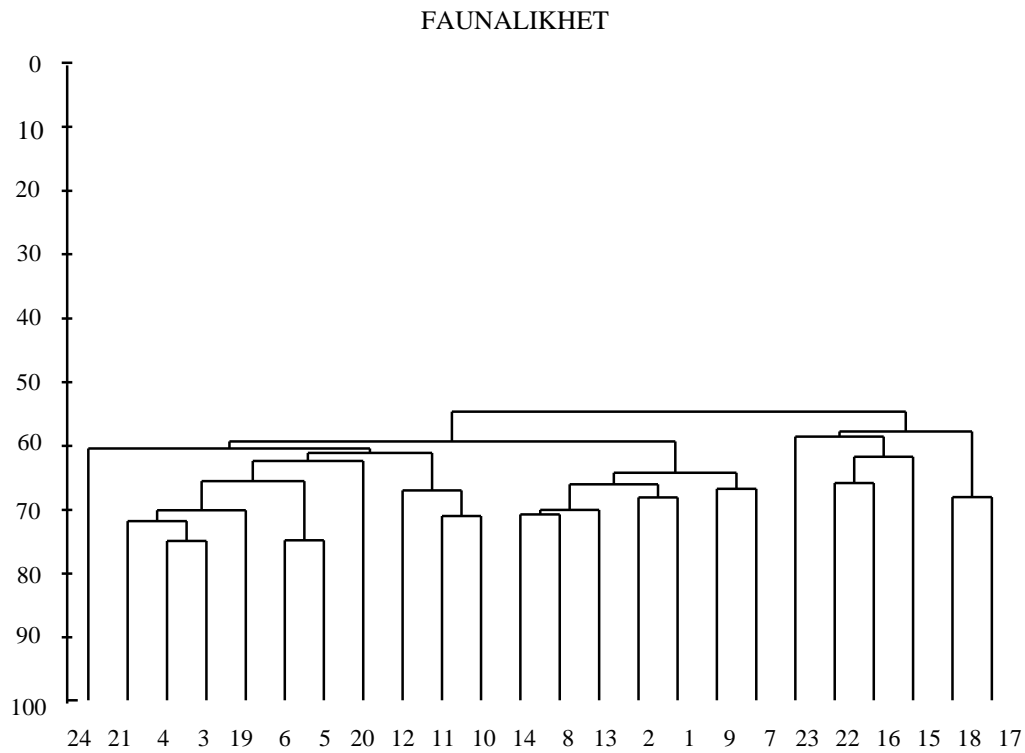
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

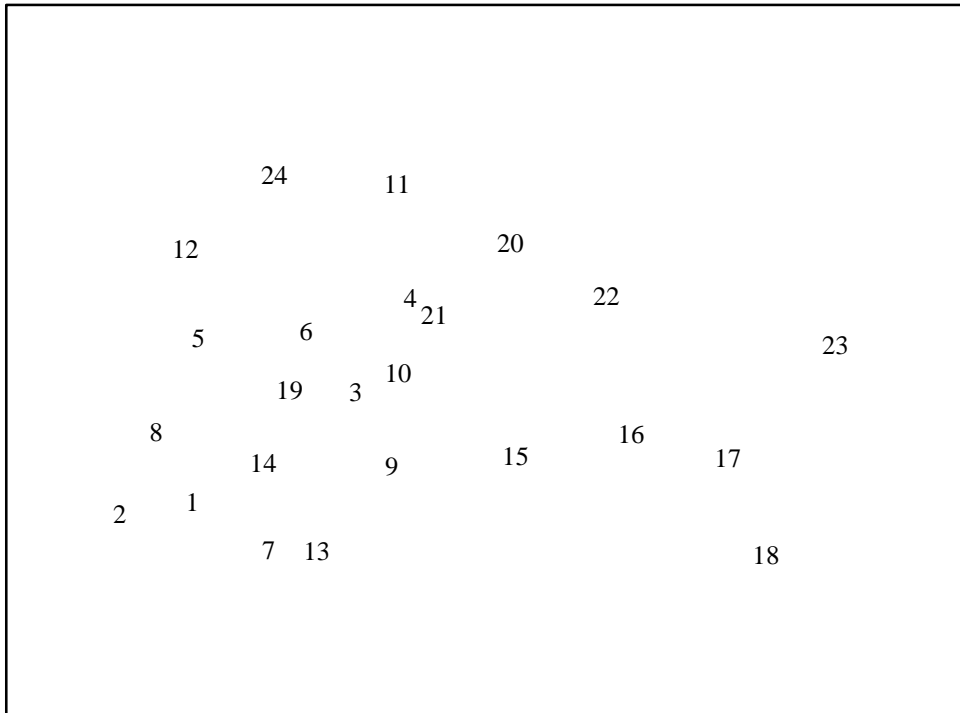
De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.



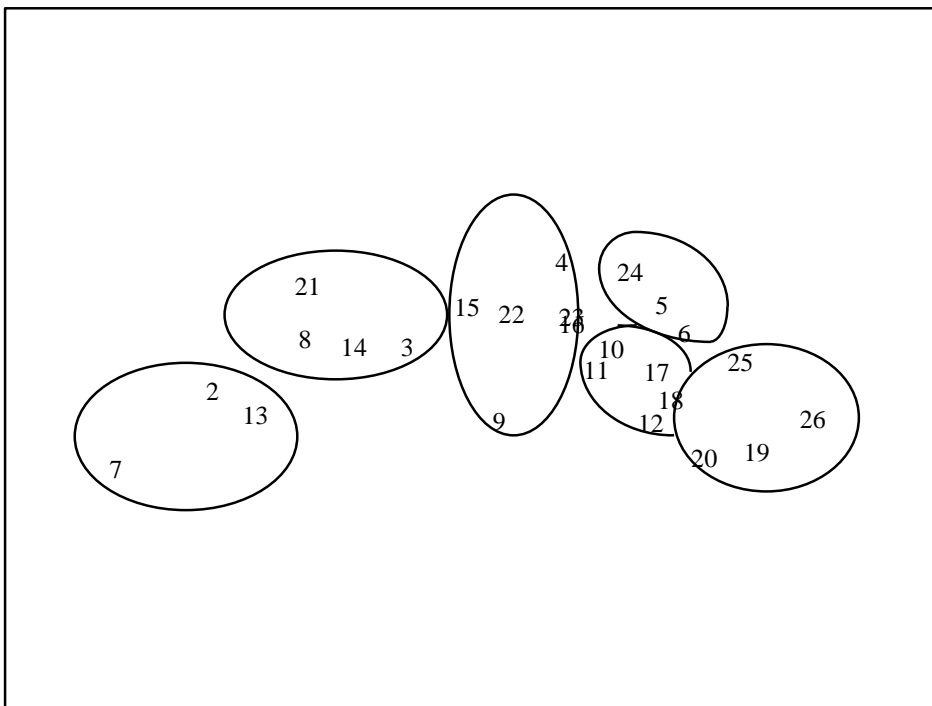


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

**Litteratur til Generelt Vedlegg**

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon TA 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2014. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263 s.
- 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*.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548 – 2002*. 32 s.

- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). *NIVA-rapport 6475-2013*. 46 s
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

**Vedleggstabell 1. Artsliste**

ID: 10728 Versjonsnr: 003

**SF505-Benthos Artsliste****Uni Miljø - Sam Marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 03.06.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 03.06.2014 ( Øydis Alme )



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



Test 157

**Oppdragsgiver (navn og adresse):** Bjørøya Fiskeoppdrett AS, Bjørøystøa, 7770 Flatanger

**Prosjekt nr.:** 807956

**Prøvetakingssted (område):** Rekkøyråsa, Flatanger kommune, Nord-Trøndelag

**Dato for prøvetaking:** 6.2.2014

**Ansvarlig for prøvetaking (firma):** SAM-Marin

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

**Artene er identifisert av:** Tom Alvestad, Lenka Nealova, Per Johannessen

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-16665	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: 5 sider.

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

Signatur: Tom Alvestad  
 Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 1/5	Stasjon Dato Dyp Hugg	Rekkøy 1	Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Rekkøy 3	Rekkøy 3
		06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014
		207 m	207 m	220 m	220 m	223 m	223 m
Arter	1	2	1	2	1	2	
* HYDROZOA		+	+		+		
* ANTHOZOA							
Cerianthus lloydii		9	1	2	1		1
Edwardsia sp.		1	4	1			
* PLATYHELMINTES			3				2
* NEMERTEA		3	3	6	5	6	6
* NEMATODA		82	58	20	16		
PRIAPULIDA							
Priapulus caudatus			2				
POLYCHAETA							
Paramphinome jeffreysii		75	49	124	196	88	109
Eunoe nodosa				0/1			
Eunoe cf. oerstedii						0/1	
Pholoe baltica		32/148	25/150	52	52	28	21
Pholoe pallida				12	12	10	8
Neoleanira tetragona		1				1	1
Paranaitis near uschakovi					1		
Phyllodoce mucosa		1					
Eumida bahusiensis			1	0/1			
Sige fusigera				5/1	9/3	3	8
Eulalia sp.				1			
Protomystides exigua							1
Eteone sp.		5	4	8/1	3	7	4
Nereimyra punctata		3	2				
Nereimyra cf. woodsholea					4	6	3
Ophiodromus flexuosus		1	1	2	5	1	
Glyphohesione klatti			1				
Syllidae		27	27	17	11	10	7
Exogone sp.			8		9		1
Ceratocephale loveni				1	3	5	5/1
Nereis zonata			1				
Platynereis dumerilii			1				
Nephtys ciliata						0/11	1
Nephtys hombergii			0/1	0/1	0/1		
Sphaerodoropsis minuta						1	
Sphaerodorum flavum			1				1
Glycera alba		2					
Glycera unicornis							1
Glycera lapidum		10	3	0/4	1/4	3	2
Glycinde nordmanni				1			
Goniada maculata		1	1	1	2		

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 2/5	Stasjon	Rekkøy 1	Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Rekkøy 3	Rekkøy 3
		Dato	Dato	Dato	Dato	Dato	Dato
Arter	Dyp	207 m	207 m	220 m	220 m	223 m	223 m
	Hugg	1	2	1	2	1	2
Paradiopatra quadricuspis			1				
Lumbrineridae		2	7	18/9	21/3	15/6	12/4
Drilonereis filum				1		1	
Ophryotrocha lobifera		1	22/2				
Parougia eliasoni				1	2		
Naineris quadricuspida		1					
Orbinia sp.					1		1
Scoloplos armiger		24	10		1	1	
Aonides paucibranchiata			1				
Laonice sarsi		2	1	4	3	1	
Polydora sp.		30	40	11	46	1650	2438
Prionospio plumosa		8	19				
Prionospio cirrifera		7	1	6	4		
Prionospio fallax				1			
Prionospio dubia				1/2	2	1	1
Scolecopsis korsuni		1/1	2				
Spiophanes kroyeri		1	4	2/1	2	2	2
Apistobrancheus tullbergi				2	4		
Spiophanes wigleyi			2		1		
Spiochaetopterus typicus			1	1	1/1		
Aricidea catherinae		1		7	5	24	20
Levinsenia gracilis				1			1
Paradoneis sp.		2			1		
Aphelochaeta sp.		1					1
Chaetozone sp.		2		5		1	3
Cirratulus cirratus		1			1		
Macrochaeta clavicornis			1				
Brada villosa				6			
Diplocirrus glaucus		7	8	7	9	24/2	16
Lipobrancheus jeffreysii		1	1	5/1	1		
Scalibregma inflatum		1			1		
Capitella capitata		1370	2472	1	1		1
Heteromastus filiformis			1	7	1	13	7
Mediomastus fragilis		23	17			16	57
Notomastus latericeus		6	6	25	24	13	9
Clymenura borealis				1			
Praxillella praetermissa							1
Praxillella affinis			2	9	6	3	2
Lumbriclymene cylindricaudata					1		
Asychis biceps			1	2	1		
Rhodine gracilior				3	2	2	

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 3/5	Stasjon	Rekkøy 1	Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Rekkøy 3	Rekkøy 3
	Dato	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014
	Dyp	207 m	207 m	220 m	220 m	223 m	223 m
Arter	Hugg	1	2	1	2	1	2
Maldanidae			1				3
Owenia borealis		21/1	14		0/3	1	2
Galathowenia oculata		1	1			6	11
Pectinaria auricoma		8	3/2		5/2	2/1	
Lagis koreni		10	10	4	2		3
Ampharete lindstroemi					1		
Sabellides octocirrata		0/2	0/2	0/1	0/1		
Mugga wahrbergi				2			
Amythasides macroglossus				2	1		
Eclysippe vanelli						1	
Samytha sexcirrata					1		
Melinna cristata					1	0/2	1
Melinna albicincta		1	1	1			
Pista cristata		1/1	2	5/2	7/6	3/1	2/3
Polycirrus norvegicus		7	3/1	11	11/1		3
Polycirrus plumosus		7	5	28	5	13	9
Amaeana trilobata							2
Lysilla loveni		1					
Trichobranchus roseus		2	5	8	8/1	4	4
Terebellides stroemii				3/2	4	1	4/1
Sabellidae		5	4	8/3	6/4	1	8
Euchone sp.				1			
Hydroides norvegicus			1				
Pomatoceros triqueter			1				
OLIGOCHAETA		7	3	4	3		
SIPUNCULA							
Sipuncula		3					
Phascolion strombus		1	2		1		
Onchnesoma steenstrupii				1			1
CRUSTACEA							
* Calanus finmarchicus					2		2
* Centropages typicus							1
* Metridia longa							1
* Nebalia sp.		2		1			
Eudorella emarginata							3
Eudorella truncatula				5	5		1
Diastylis cornuta		7		8	5		
Diastylis serrata							1
Campylaspis costata				1			
* Tanaidacea					1		
* Amphipoda		13	4	2	9		2



SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 4/5	Stasjon	Rekkøy 1	Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Rekkøy 3	Rekkøy 3
		Dato	Dato	Dato	Dato	Dato	Dato
Arter	Dyp	207 m	207 m	220 m	220 m	223 m	223 m
	Hugg	1	2	1	2	1	2
* Caprellidae		1	2				
Eriopisa elongata				11/1	1		
* Hippolyte varians			1/2				
Calocaris macandreae				1			
* Galathea intermedia			1/3				
* Paguridae			0/1				
* Hyas coarctatus			0/5				
* PYCNOGONIDA			1	1			
MOLLUSCA							
Caudofoveata		2		1	7	1	
Solenogastres					1		
Curtitoma trevelliana							1
Haliella stenostoma				1			
Vitreolina sp.				1			
Eulimella ventricosa							1
Diaphana globosa						0/1	
Philine aperta		1					
Philine quadrata					1	1	0/1
Philine scabra		4/1	9/3	7/2	9/3	5/6	5/5
Cylichna cylindracea			1		1		
Cylichna umbilicata						1	
Scaphander lignarius			1	1	0/1		0/1
* Nudibranchiata		1	1				
Nucula tumidula				4/2	2	1	
Ennucula tenuis		1	2				
Yoldiella lucida		1		4	3/1	2/2	2
Yoldiella nana					1		1
Yoldiella philippiana				1/1			
Limatula gwyni					0/1		
Myrtea spinifera			1	1		0/1	
Thyasira flexuosa		4	2		1		
Thyasira obsoleta				3		1	
Thyasira sarsii		108/30	87/22	84/11	102/35	138/56	162/54
Thyasira equalis		3/3	4/1	28/7	47/11	54/15	58/6
Axinulus croulinensis					1/1		
Mendicula ferruginosa		1		2		2	1
Adontorhina similis		3		3	23/2	10	13
Tellimya ferruginosa				2		2/1	
Parvicardium minimum				1/1			1/2
Macoma calcarea				0/1			
Abra nitida		0/1	1/2	4/9	10/26	12/75	8/110

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

s. 5/5	Stasjon	Rekkøy 1	Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Rekkøy 3	Rekkøy 3
	Dato	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014	06.02.2014
	Dyp	207 m	207 m	220 m	220 m	223 m	223 m
	Arter	Hugg	1	2	1	2	1
	Kelliella abyssicola			1	3/1	2/2	3/3
	Antalis entalis			0/2	1		
	Antalis occidentalis				0/1	1/1	
	Entalina tetragona			1	2	1	
*	BRYOZOA						
*	Bryozoa indet grenet		+				
	ECHINODERMATA						
*	Asteroidea	0/1					
	Luidia sarsi			0/2		0/1	
	Ophiopholis aculeata		0/1			0/1	
	Amphipholis squamata	1/1	1/1	1/1	3/1		1
	Amphiura chiajei		0/1	7	5	3/1	2/2
	Amphilepis norvegica					1	1/2
	Ophiocten affinis		1	0/1	1/2	0/3	2/4
	Brissopsis lyrifera			1	1	2	0/1
	Echinocardium flavescens	1					
	Synaptidae	8	2	12	11	2	4
*	VARIA	+	+				

**Vedleggstabell 2. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

Geometriske klasser	Rekkøy 1-14	Rekkøy 2-14	Rekkøy 3-14	Rekkøy 2-07
I	33	37	34	39
II	17	22	17	30
III	11	17	8	27
IV	15	15	11	17
V	4	11	8	7
VI	4	5	4	7
VII	2	2	1	1
VIII	1	1	3	2
IX	1	1	1	1
X	0	0	0	0
XI	0	0	0	0
XII	1	0	1	0
XIII	0	0	0	0
XIV	0	0	0	0

## Vedleggstabell 3. Analysebevis Kjemi



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

AR-14-MX-000958-01



EUNOBE-00009640

Prøvemottak: 06.03.2014

Temperatur:

Analyseperiode: 06.03.2014-01.04.2014

Referanse: 807956/14/14

## ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 1400	mg/kg tv	a) 1100	mg/kg tv	a) 1200	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 24	mg/kg tv	a) 26	mg/kg tv	a) 36	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 76	mg/kg tv	a) 82	mg/kg tv	a) 120	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 26	mg/g tv	a) 47	mg/g tv	a) 53	mg/g tv	EN 13137	0,1
Total tørrstoff		a) 50.4	% (w/w)	a) 44.2	% (w/w)	a) 37.2	% (w/w)	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 01.04.2014

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

Tegnforklaring:

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)



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

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 1

## Vedleggstabell 4. Analysebevis Geologi

		<b>Molab as, 8607 Mo i Rana</b> Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
Kunde: Uni Research AS Att: Øydis Alme Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		<b>RAPPORT</b>  <b>Sedimentanalyser</b>		
		Ordre nr.:	Antall sider + bilag:	
		54079	2	
		Rapport referanse:	Dato:	
		KR-18714	29.04.2014	
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Ansvarlig signatur:	
0	807956 / 12/14	Eli Ellingsen	Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 01.04.2014

## RESULTATER

Prøve merket:			Rekkøy 1	Rekkøy 2	Rekkøy 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000459	KG-000460	KG-000461		
TOM (550 °C)	%	16.04.14	6,63	9,36	13,70		

## Kornfordeling

Aanalysedato: 14.04.2014

Rekkøy 1		KG-000459						
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,45	6,2	6,2	MdΦ	Silt og leire	15,1	
1000	0	1,49	20,4	26,6	1,24	Sand	78,7	
500	1	1,36	18,6	45,2		Grus	6,2	
355	1,5	0,73	10,0	55,2	SdΦ			
250	2	0,76	10,4	65,7	2,27			
180	2,5	0,58	8,0	73,6				
125	3	0,41	5,6	79,2	SkΦ			
90	3,5	0,18	2,5	81,7	0,30			
63	4	0,23	3,2	84,9				
<63	8	1,10	15,1	100,0	KΦ			
		7,29	100,0		1,17			

Proveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjenning. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se [www.molab.no](http://www.molab.no) for disse betingelser.



Rekkøy 2		KG-000460								
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)						
2000	-1	0,06	0,9	0,9	MdΦ	Silt og leire			49,2	
1000	0	0,26	3,9	4,8		Sand	3,92		49,9	
500	1	0,54	8,1	12,9		Grus			0,9	
355	1,5	0,43	6,4	19,3	SdΦ					
250	2	0,56	8,4	27,7			2,51			
180	2,5	0,53	7,9	35,7						
125	3	0,44	6,6	42,2	SkΦ					
90	3,5	0,26	3,9	46,1			0,00			
63	4	0,31	4,6	50,8						
<63	8	3,29	49,2	100,0	KΦ					
		6,68	100,0				0,75			

Rekkøy 3		KG-000461								
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)						
2000	-1	0,05	0,8	0,8	MdΦ	Silt og leire			87,0	
1000	0	0,02	0,3	1,1		Sand	5,70		12,2	
500	1	0,02	0,3	1,5		Grus			0,8	
355	1,5	0,03	0,5	2,0	SdΦ					
250	2	0,08	1,3	3,3			1,56			
180	2,5	0,07	1,1	4,4						
125	3	0,12	2,0	6,3	SkΦ					
90	3,5	0,14	2,3	8,6			-0,10			
63	4	0,27	4,4	13,0						
<63	8	5,34	87,0	100,0	KΦ					
		6,14	100,0				0,91			

## ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediterings-status	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjons-grense	Enhet
TOM (550 °C)	NS-4764	A	20	0,30	%
Kornfordeling	Intern Metode	A	20	-	%

A = Akkreditert prøving. Dersom ikke annet er oppgitt angis usikkerheten med 95 % konfidensnivå.

## ANMERKNINGER

**Vedleggstabell 5. MOM B, B1 og B2 skjema**

Vedlegg SF-SAM-430.05

B1a

SAM-Marin

**PRØVESKJEMAET, B.1**

Firma: Bjarøya Fis kjøppdrett AS

Dato: 6.2.14

Lokalitet: Kråkholmen

Lokalitetnr: 21676

Lokalitetstyp: Matfisk

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr			Indeks
			Rekkø 3	Rekkø 2	Rekkø 1	
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0	
	Tilstand (Gruppe I)					
II	pH	verdi	7,88	7,91	7,96	
	E <sub>h</sub> (mV)	verdi	93	-29	17	
		+ ref. verdi	310	188	234	
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur	0	0	1	
	Tilstand, prøve		1	1	1	
	Tilstand, gruppe II					
			Buffer temp: 3,0 °C pH sjø: 8,32	Temp sjø: 3,9 °C Eh sjø: 265 mV	Temp sediment: 7,1 °C Ref. elektrode: 217	
Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):			6/2/14 V. H. Støen			
III	Gasbobler	Ja = 1 Nei = 0	0	0	0	
	Farge	Lyslek = 0	0	0	0	
		Bunnsed = 2				
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0	
		Noe = 2				
		Stærk = 4				
	Konsistens	Føst = 0			0	
		Myk = 2	2	2		
	Grabb- volum	v < 1,0 = 0				
		1,0 ≤ v < 3,4 = 1			1	
v ≥ 3,4 = 2		2	2			
Tykkelse på slæmme	0 - 2 cm = 0	0	0	0		
	2 - 5 cm = 1					
	5 - 8 cm = 2					
	SUM		4	4	1	
	Korrigert sum (*0,22)		0,88	0,88	0,22	
	Tilstand prøve		1	1	1	
	Tilstand gruppe III					
	Middelverdi gruppe II og III					
	Tilstand gruppe II og III					
	pH/Eh	Korr. sum	Tilstand			Lokalitetstilstand
	Indeks	Middelverdi	Gruppe I	Gruppe II og III		
	< 1,1	1	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	
	1,1 - < 2,1	2	4	1, 2, 3	1, 2, 3	
	2,1 - < 3,1	3	4	4	4	
	≥ 3,1	4	LOKALITETSTILSTAND			

Korrekturlest:

8/7-14  
dato

*Andreas Mager*  
Sign.

*Åke Simin*  
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .

SAM-Marin og Aqua Kompetanse

Vedlegg SF-SAM-830.05

B2a

SAM-Marin

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Bjørøya Fiskeoppdrett AS

Dato: 6.2.14

Lokalitet: Kråkholmen

Lokalitetsnr: 21676

Lokalitetstype: Mattisk

Prøvetakingssted (nr)	Rekkøy 3	Rekkøy 2	Rekkøy 1					
Dyp (m)	223	220	207					
Antall forsøk	1	1	1					
Bobling (i prøve)								
Primær-sediment	Grus							
	Skjellsand			2				
	Sand		1	3				
	Mudder							
	Silt	5	4					
	Leire							
Fjellbunn								
Steinbunn								
Pigghuder, antall	Noen	Mange						
Krepsdyr, antall								
Skjell, antall								
Bærstemark, antall	Mange	Mange	Mange					
Andre dyr, antall								
Malacoceros fuliginosa								
Beggiatoa								
Fôr								
Fekalier								
Kommentarer	Sjermus, kontroll							

Korrekturlest:

8/7-14  
dato

Linda Hagen  
Sign.

Alve Siv  
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av :