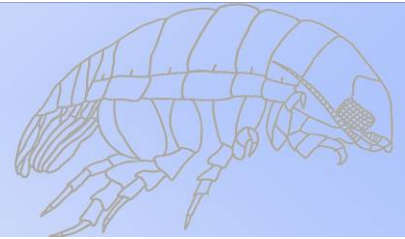


# SAM e-Rapport

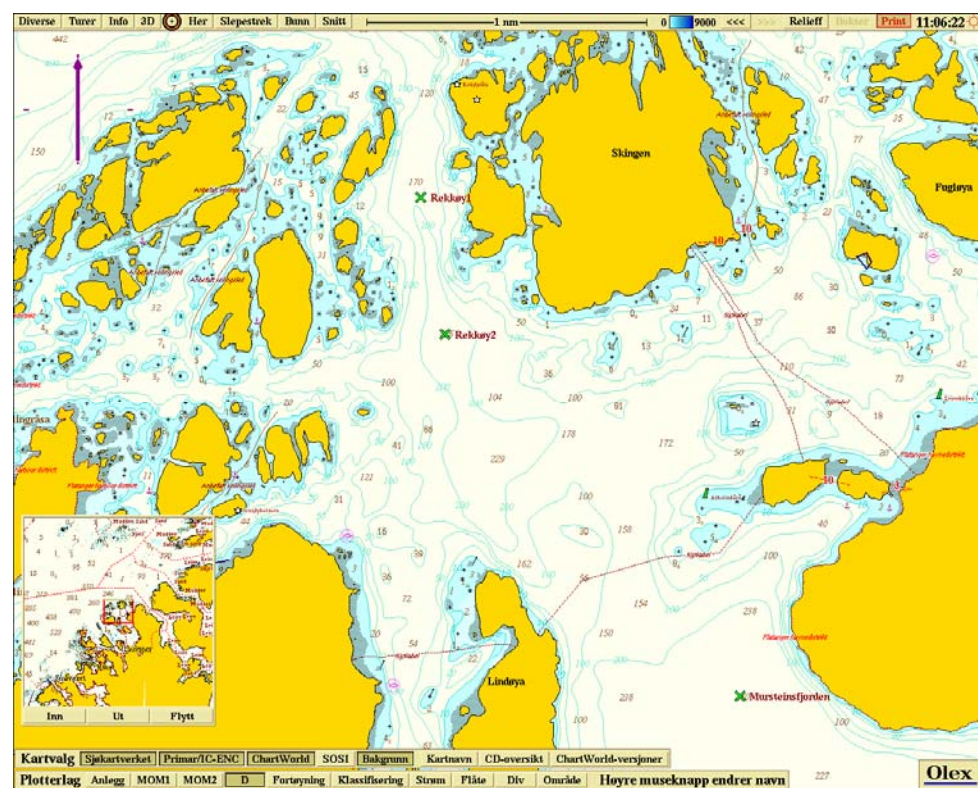
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 18-2008

## *Miljøundersøkelse i Mursteinsfjorden i 2007*

Gyda Arnkværn, Anders Waldemar Olsen, Maria P Salmer, Otto K. Sandnes,  
Per-Otto Johansen





## SAM-marin

Seksjon for anvendt miljøforskning





UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning  
Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen,  
Norway 55 58 44 64  55 58 45 25

Aqua Kompetanse AS  
7770 Flatanger, Norway  
74 28 84 30 90 94 34 93

Rapportens tittel: Miljøundersøkelse i Mursteinsfjorden i 2007	Dato feltarbeid: 7.12.07
	Antall sider og bilag: 35
Forfatter(e): Gyda Arnkværn, Anders Waldemar Olsen, Maria P. Salmer, Otto K. Sandnes, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Otto K. Sandnes
	Prosjektnummer: 87-11-7C P.nr: 801392

Oppdragsgiver: Bjørøya Fiskeoppdrett AS og Marine Harvest Norway AS	Tilgjengelighet: Åpen
--	--------------------------

Abstract: The Mursteinsfjord basin in Flatanger is recipient to several nearby fishfarms. To investigate whether the basin is influenced by the fishfarms, the two companies who produces salmon in that area has decided to conduct a survey describing the environmental state of the Mursteinsfjord basin. A survey based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.  The results show that the content of both zinc and copper were low (class I), which also was the state for TOC. The fauna investigations show that there was no environmental impact at station Rekoy 2 (class I). The deeper station Mursteinsfjorden showed class III due to low oxygen levels at the bottom (class III). There was not found opportunists or pollution tolerant species at the station Mursteinsfjorden.		
Keywords: Recipient Benthos Sediment Hydrography	Emneord: Resipient Bunndyr Sediment Hydrografi	ISSN 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 18-2008		

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	8.10.2008	
Prosjektet / undersøkelsen:	23.09.08	

## INNHold

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....</b>	<b>4</b>
2.2.1 Hydrografi .....	5
2.2.2 Sediment .....	6
2.2.3 Kjemiske analyser .....	8
2.2.4 Bunndyr .....	8
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Hydrografi .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Sediment .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Kjemi .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>16</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....</b>	<b>19</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>20</b>
<b>6 LITTERATUR .....</b>	<b>20</b>
<b>7 VEDLEGG .....</b>	<b>21</b>

## **1 INNLEDNING**

Bassenget i Mursteinsfjorden er resipient for flere oppdrettsanlegg. For å få undersøkt miljøtilstanden, har oppdretterne i området leid inn Aqua Kompetanse for å få gjennomført en resipientundersøkelse i bassenget. Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM) sortert fire bunnprøver fra stasjonen og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS den 7.12.07. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i en prøve. Resultatene i undersøkelsen er vurdert opp mot retningslinjene for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann fra Statens Forurensningstilsyn (Molvær et al. 1997).

## **2 MATERIALE OG METODER**

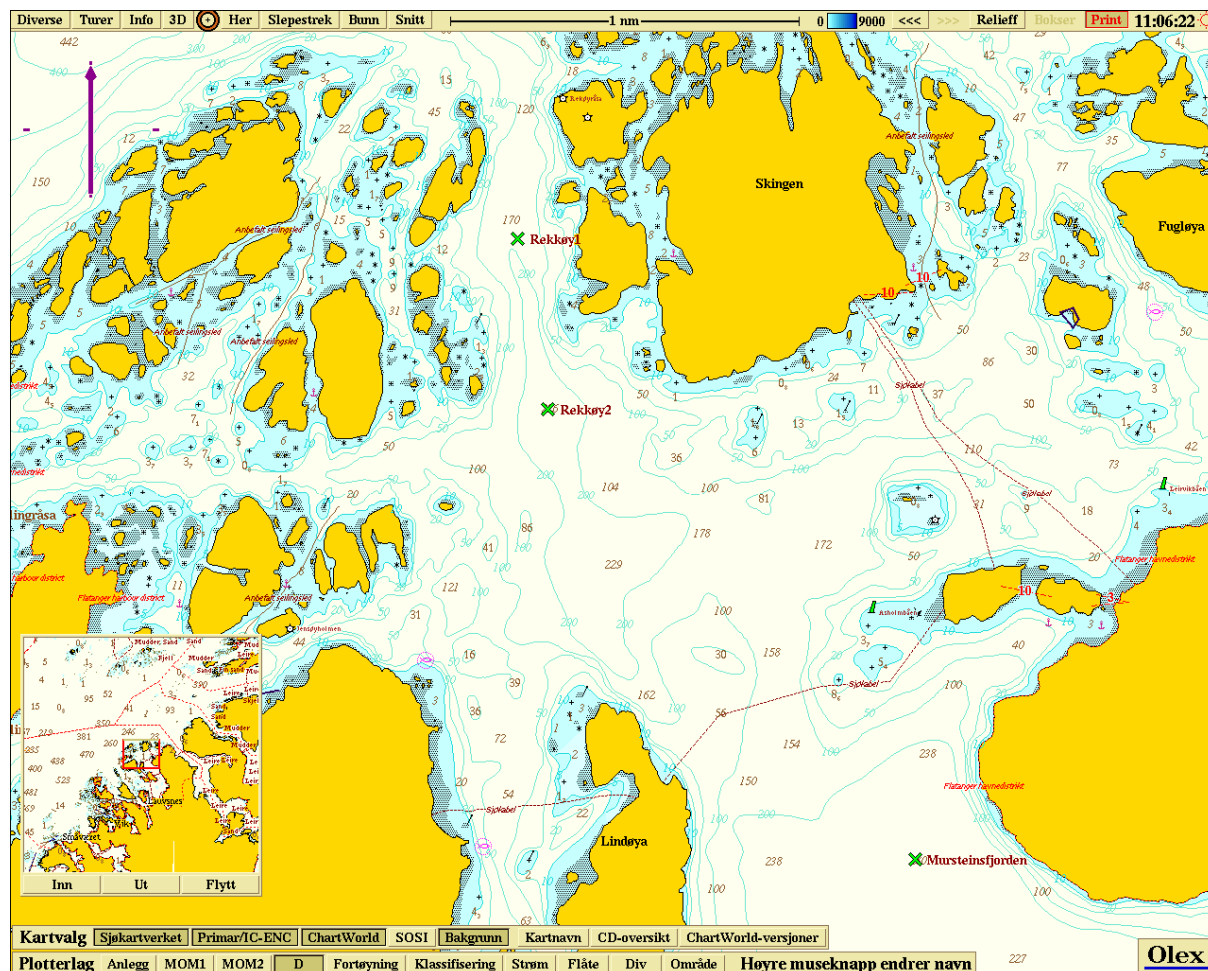
### **2.1 Undersøkelsesområdet**

Prøvene ble tatt rett sør for Rekkøyråsa (Rekkøya 2), og rett vest for Lindøya (Mursteinsfjorden) i Flatanger kommune. Selve Mursteinsfjorden avgrenses naturlig av terskler både i sør, nord og vest. I øst ligger fastlandet. Mursteinsfjorden er på det dypeste ca 270 meter. Terskelen i sør er omtrent 120 meter dyp, mens den i nord er ca 100 meter dyp. Rekkøyråsa, som ligger nordvest for Mursteinsfjorden et ganske urent farvann, med mye skjær og øyer. Dypeste sted her er ca 210 meter. I øst og vest blir det fort meget grunt. Mellom Mursteinsfjorden/Rekkøyråsa og storhavet går det en slags dypvannskile, som er 100 meter på det grunneste. Området har i dag flere oppdrettslokaliteter, som er potensielle forurensningskilder. For oversikt over alle lokaliteter som har vært i bruk siden 2003, se vedleggstabell 3.

### **2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder**

Prøveinnsamlingene ble gjort fra oppdrettsanleggets båt den 7.12.07. Det ble tatt prøver til fauna- og sedimentanalyse samt til uorganisk- og organisk kjemiske analyser fra to stasjoner, Rekkøy 2 og Mursteinsfjorden. Det ble i tillegg også tatt grabbprøver på en 3.stasjon, midt inne i Rekkøyråsa, rett ut for oppdrettsanlegget, men det lyktes ikke å få innhold i grabben

grunnet fjell- og steinbunn. Det er derfor kun rapportert fra to stasjoner, Rekkøya 2 og Mursteinsfjorden (Se figur 2.1). Det ble også tatt hydrografiske prøver. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

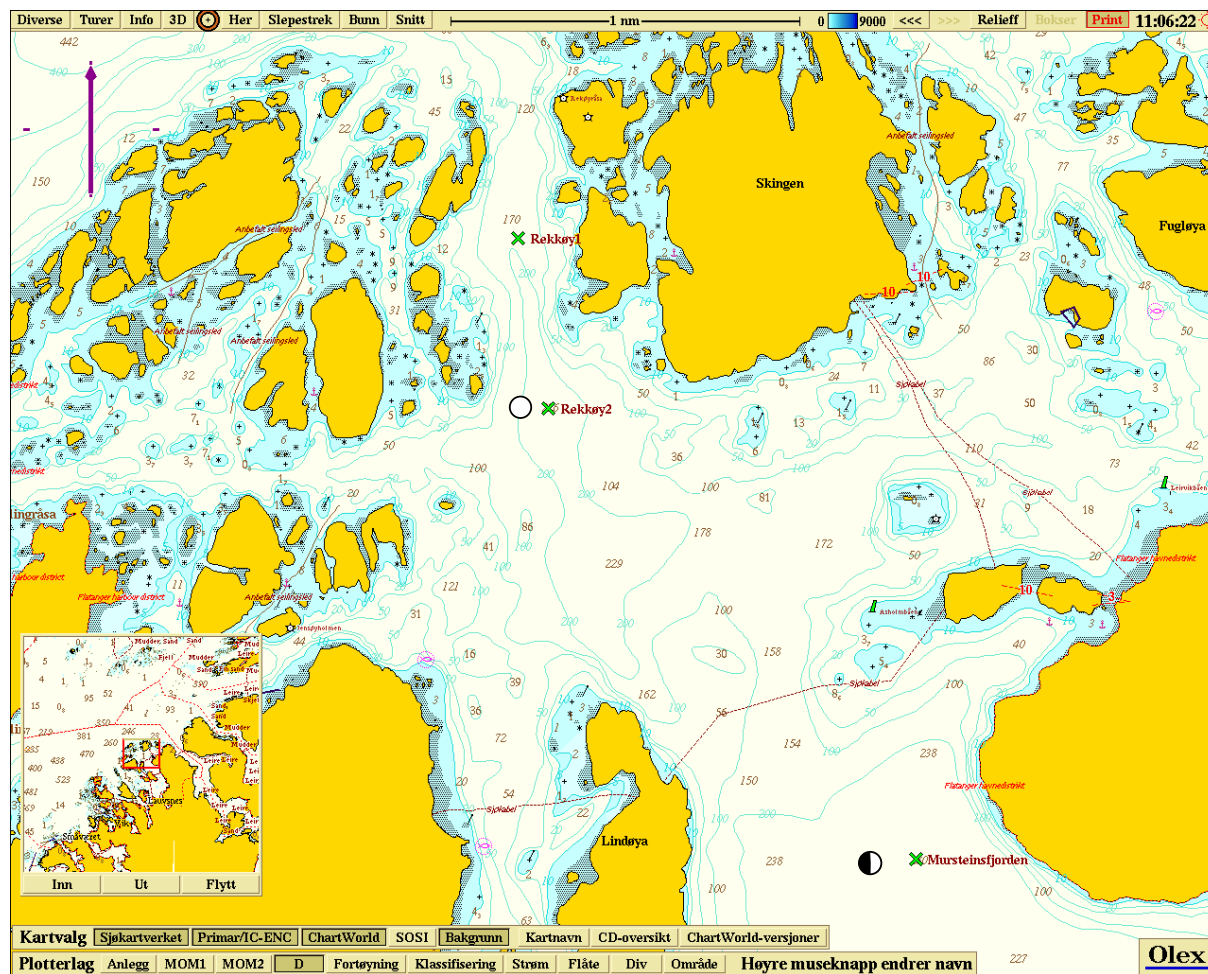


**Figur 2.1.** Oversiktskart med prøvestasjonene markert med grønt kryss. Kartkilde: Olex.

## 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid ( $H_2S$ ), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.





**Figur 2.2.** Detalskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

### 2.2.2 Sediment

Det ble tatt en sedimentprøve til analyse av organisk innhold (% glødetap).

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063mm sikt. Partikler større enn 0,063mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063mm 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.

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 7. Desember 2007. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb. Full grabb inneholder 17 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Mursteinsfjorden 7.12.07	Mursteinsfjorden 64°34.186N 10°53.689Ø	275	1	Full	2 mm svart/grønt lag på topp. Mudder, brunt/svart. Noe lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark og skjell. Uttak til biologiske prøver. 1 glass
St. Mursteinsfjorden 7.12.07	Mursteinsfjorden 64°34.186N 10°53.689Ø	275	2	Full	2 mm svart/grønt lag på topp. Mudder, brunt/svart. Noe lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark og skjell. Uttak til biologiske prøver. 1 glass
St. Mursteinsfjorden 7.12.07	Mursteinsfjorden 64°34.186N 10°53.689Ø	275	3	Full	2 mm svart/grønt lag på topp. Mudder, brunt/svart. Ingen lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark og skjell. Uttak til geologiske og kjemiske prøver. 3 glass
St. Rekkøy 2	Rekkøyråsa 64°35.585N 10°51.473Ø	210	1	12,85 ltr	Mudder og skjellsand. Farge: Grå/brun. Ingen lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark. Uttak til biologiske prøver. 2 glass.
St. Rekkøy 2	Rekkøyråsa 64°35.585N 10°51.473Ø	210	2	Full	Mudder og skjellsand. Farge: Grå/brun. Ingen lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark. Uttak til geologiske og kjemiske prøver. 3 glass.
St. Rekkøy 2	Rekkøyråsa 64°35.585N 10°51.473Ø	210	3	12,85 l	Mudder og skjellsand. Farge: Grå/brun. Ingen lukt. Hovedtype av større dyr i prøven var børstemark. Uttak til biologiske prøver. 1 glass.

Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %. Det organiske innholdet i sedimentet, prosent glødetap, ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking (105° C i ca. 20 timer) og brenning (550° C i 2 time, Norsk Standard 4764).

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere

partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764.

Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent ( $H_2S$ ). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### **2.2.3 Kjemiske analyser**

De kjemiske analysene ble utført av AnlyCen AS (Akkreditering Test 043). 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. Analysene av Nitrogen-Kjeldahl i sedimentet ble utført etter Tecator AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1.

### **2.2.4 Bunndyr**

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil 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. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom en sikt med hulldiameter 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. Prøvene ble samlet inn av Aqua Kompetanse AS, og sendt til SAM-Marin sitt laboratorium i Bergen for videre opparbeiding. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i 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.

I tabell 2.2. er opplistet Statens forurensningstilsyns (SFT) retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et. al. 1997). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forureningsgrad.

Artsdiversiteten beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig).

I kartet over innsamlingsområdet er stasjonene markert med symboler (○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt) for å illustrere vår oppfatning av miljøforholdene. Symbolene blir gitt på grunnlag av alle resultatene i undersøkelsen, både fra feltarbeidet og alle de ferdige analysene. Symbolene oppsummerer vårt helhetsinntrykk og bygger også på vår erfaring med slike undersøkelser.

**Tabell 2.2.** Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. (1997). Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks (°H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Organisk karbon	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500

**Tabell 2.3** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone 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> .

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

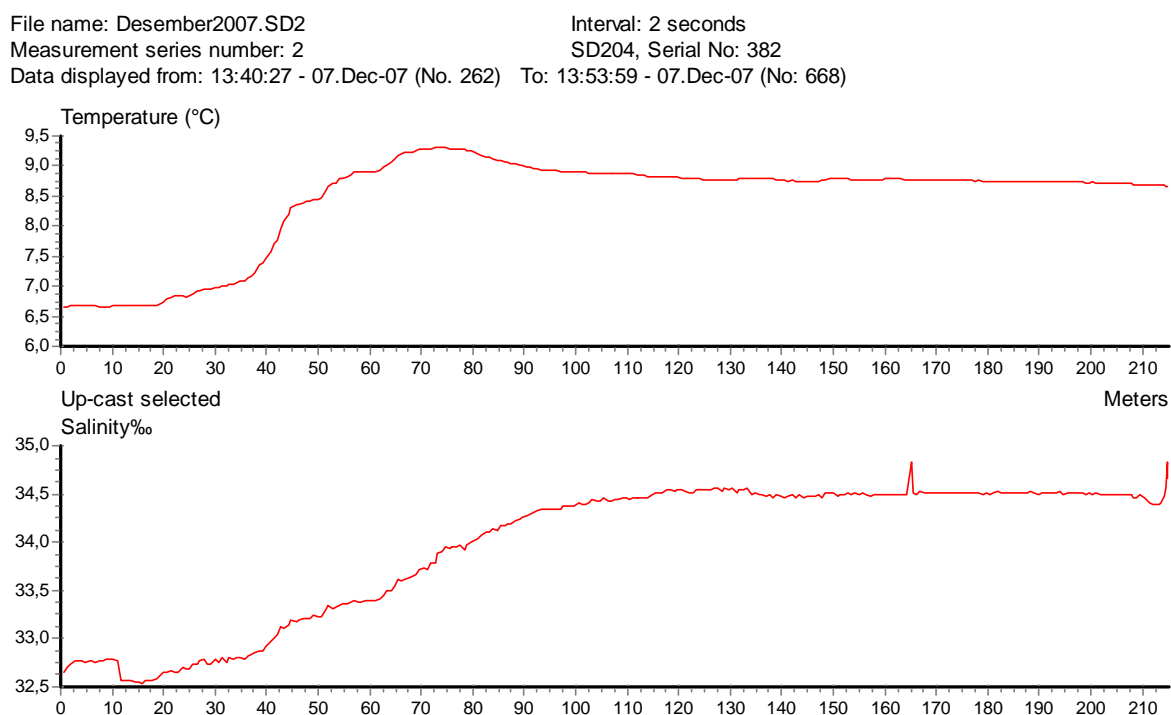
#### 3.1 Hydrografi

Det ble utført målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen på stasjonene (figur 3.1 til 3.4). Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS.

Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene blir overført til datamaskin på land og de registrerte data ble

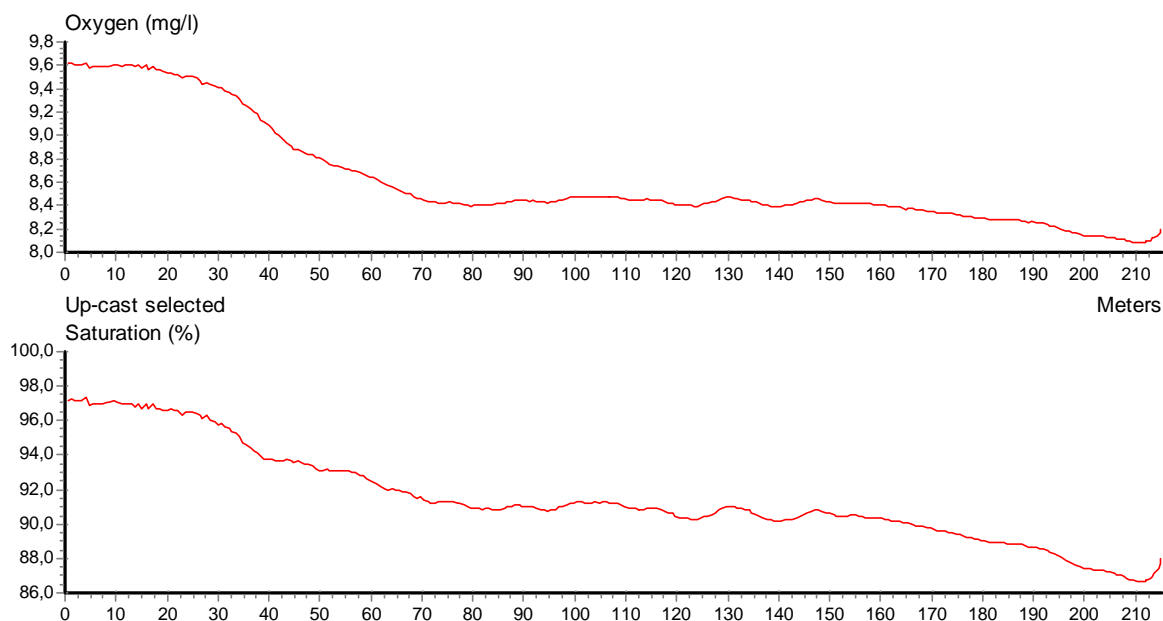
bearbejdet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.

Feltarbeidet ble utført 7.12.07.



**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og ned til 210 meters dyp på stasjonen Rekkøy 2 den 7.12.2007.

File name: Desember2007.SD2 Interval: 2 seconds  
 Measurement series number: 2 SD204, Serial No: 382  
 Data displayed from: 13:40:27 - 07.Dec-07 (No. 262) To: 13:53:59 - 07.Dec-07 (No. 668)

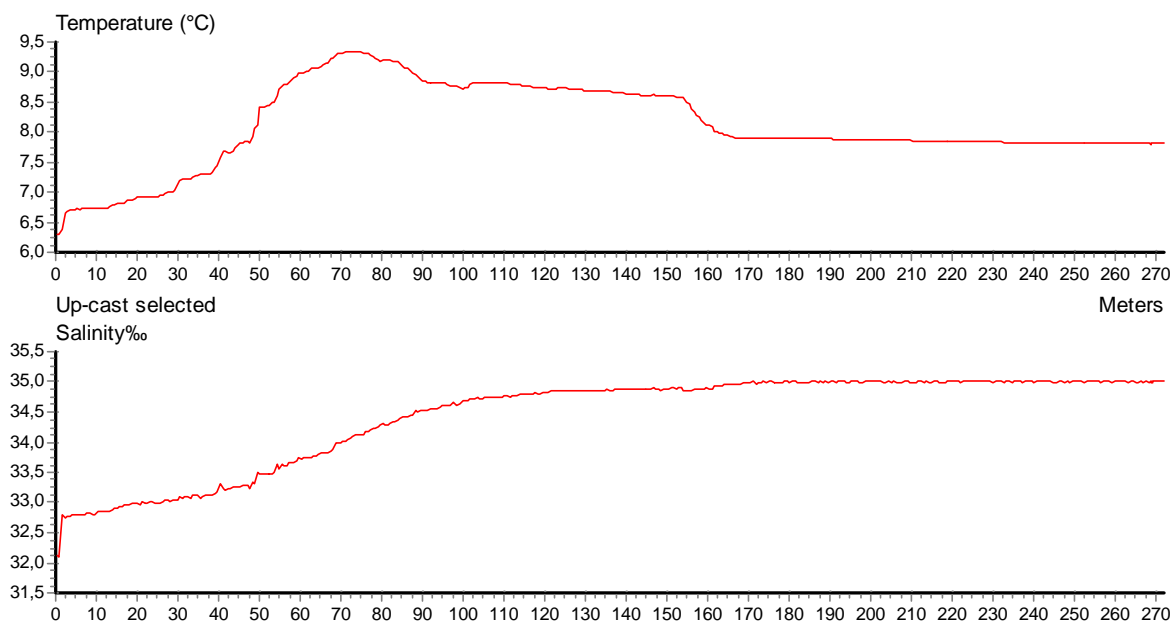


**Figur 3.2.** Oksygenmetning og mengde fra overflaten og ned til 210 meters dyp på stasjonen Rekkøy 2 den 7.12.2007.

Figur 3.1 fra stasjonen Rekkøy 2 viser et kaldere lag med lav salinitet ned til ca 40 meter. Derfra og nedover i vannmassene øker temperaturen til et maksimum på rundt 9 °C på 75 meters dyp. Videre nedover mot bunnen avtar temperaturen noe, ca en halv grad. Saliniteten øker jevnt fra ca 40 meters dybde (32,9 ppt) og ned til 130 meters dybde (34,5 ppt). Ned mot bunnen er saliniteten konstant bortsett fra en liten økning ved ca 165 meters dybde (34,8 ppt). Konsentrasjonen av oksygen (Figur 3.2) er på 9,6 mg/l i overflate, og synker deretter jevnt ned til 9,4 mg/l på 35 meters dybde. Videre nedover i vannsøyla synker oksygenkonsentrasjonen raskere ned til 75 meter (8,4 mg/l), for deretter å holde seg relativt stabil ned til 150 meters dybde. Nærmere bunnen avtar konsentrasjonen litt igjen, og på 210 meters dybde er oksygenkonsentrasjonen 8,1 mg/l. Når dette regnes om til ml/l får man en konsentrasjon i bunnvannet på 5,70 ml/l. Denne konsentrasjonen av oksygen gir dypvannet tilstandsklasse I (meget god) i forhold til SFT's klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Tabell 2.2). Oksygenmetningen er i følge figur 3.2 høy hele veien nedover i vannsøyla. Ca 87 % ved bunnen tyder på at det nylig har vært en omrøring i vannmassene.

File name: Desember2007.SD2  
Measurement series number: 3  
Data displayed from: 14:42:08 - 07.Dec-07 (No. 756) To: 15:01:08 - 07.Dec-07 (No: 1326)

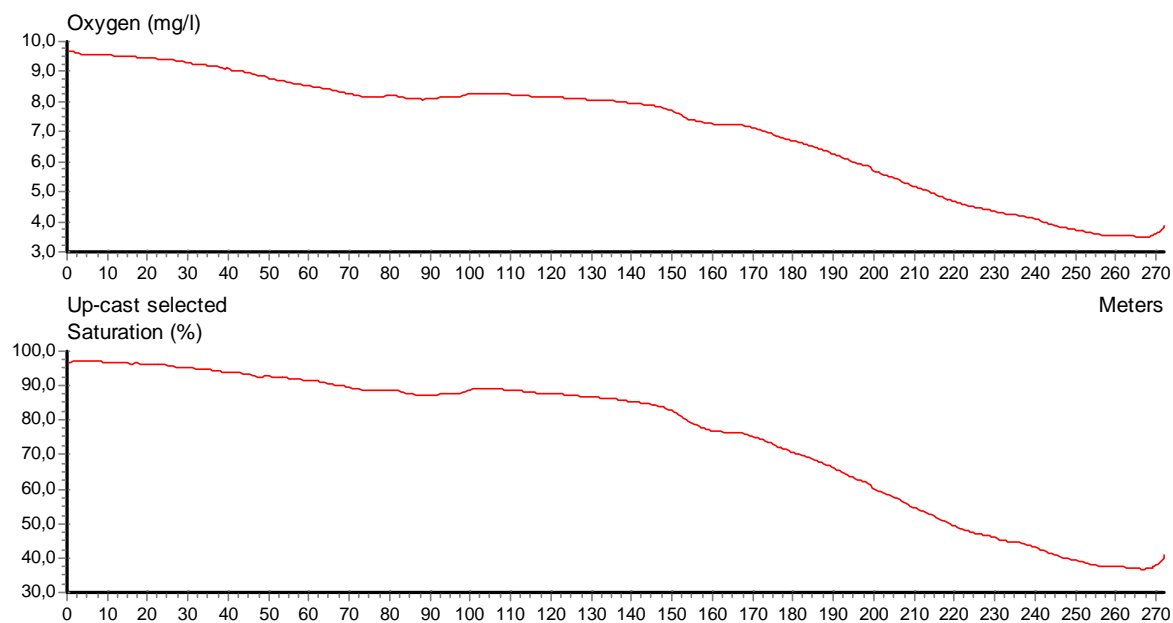
Interval: 2 seconds  
SD204, Serial No: 382



**Figur 3.3.** Temperatur og saltholdighet fra overflaten og ned til 270 meters dyp på stasjonen Mursteinsfjorden den 7.12.07

File name: Desember2007.SD2  
Measurement series number: 3  
Data displayed from: 14:42:08 - 07.Dec-07 (No. 756) To: 15:01:08 - 07.Dec-07 (No: 1326)

Interval: 2 seconds  
SD204, Serial No: 382



**Figur 3.4.** Oksygenmetning og mengde fra overflaten og ned til 270 meters dyp på stasjonen Mursteinsfjorden den 7.12.07

For stasjonen Mursteinsfjorden ser man av figur 3.3 at i de øverste 30 meterne av vannsøyla er temperaturen ganske stabil. Fra 6,3 °C helt øverst til 7 °C på 30 meter. Deretter øker temperaturen ganske raskt nedover i dypet, og på 75 meters dyp er temperaturen ca 9,4 °C. Ned til 155 meters dyp avtar temperaturen sakte til 8,5 °C. Mellom 155 meters dyp og 165 meters dyp avtar temperaturen raskere til 7,8 °C. På 270 meters dyp er temperaturen 7,7 °C. Fra overflaten og ned til 170 meter øker saliniteten fra 32,8 ppt til 35 ppt. De siste hundre meterne er saliniteten stabil. Oksygenkonsentrasjonen og metningen er høye i overflata; henholdsvis 9,7 mg/l og 97 %. Nedover i vannmassene avtar begge gradvis ned til henholdsvis 4 mg/l og 40 %. Omregnet til ml/l blir konsentrasjonen av oksygen i bunnvannet 2,81 ml/l. I følge SFT's klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Tabell 2.2), gir dette bunnvannet tilstandsklasse III (mindre god). At oksygenmetningen er så lav som 40 % tyder på at det ikke har vært noen omrøring i vannmassene i dypet, i kontrast til Rekkøy 2, litt lenger nordvest. Dette bekreftes av temperaturen, som på 200 m er 8,75 ved Rekkøy 2 og 7,85 i Mursteinsfjorden. Også saltholdigheten er forskjellig på 200 m i de to bassengene; 34,56 ved Rekkøy 2 og 35,0 i Mursteinsfjorden. Kaldere og saltere vann tyder på at vannet stammer fra etterjulsvinteren året før, da vi vet at området pleier å ha terskeloverskylling

### 3.2 Sediment

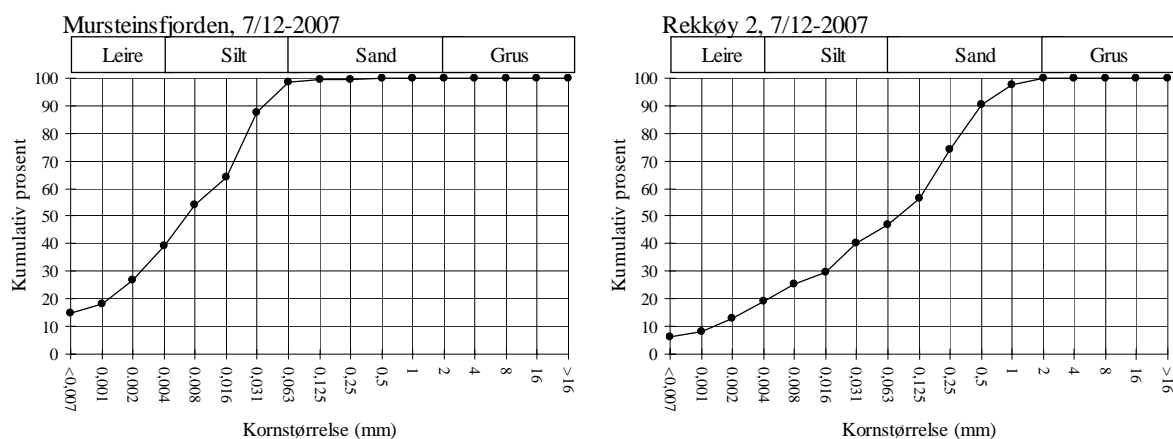
Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.5 og Tabell 3.1.

Sedimentprøvene var tatt på 210 meters dyp i det dypeste området i Rekkøyråsa (Rekkøy 2) og på 270 meters dyp i det dypeste området i Mursteinsfjorden. Sedimentet på stasjon Mursteinsfjorden var finkornet (kornstørrelse under 0,063 mm) og inneholdt henholdsvis 39 % leire og 59 % silt. I tillegg hadde sedimentet 1 % sand. Sedimentet på stasjon Rekkøy 2 var grovere, og inneholdt 19 % leire, 28 % silt, og 53 % sand. Dette viser at stasjonen Rekkøy 2 har mye kraftigere vannbevegelse ved bunnen enn Mursteinsfjorden.

**Tabell 3.1.** Dyp, organisk innhold (glødetap) og kornfordeling i Mursteinsfjorden og Rekkøy 2 i 2007.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Mursteinfj.	275	8,54	39	59	99	1	0
Rekkøy 2	210	14,05	19	28	47	53	0





**Figur 3.5.** Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet fra Mursteinsfjorden og Rekkøy i 2007.

### 3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene fra Rekkøy 2 og Mursteinsfjorden er vist i Tabell 3.2 og Vedleggstabell 2. På stasjon Mursteinsfjorden var konsentrasjonene av metallene sink og kobber innenfor tilstandsklasse I. Normalisert TOC var også i tilstandsklasse I. På stasjon Rekkøy 2 var konsentrasjonene av sink og kobber innenfor tilstandsklasse I. Det samme var TOC.

Det var 2,4 g TOC/100g og 4,4 g TOC/100g i sedimentene på de to stasjonene. For å benytte SFT's tilstandsklasse på TOC, bør de målte verdiene standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon (normaliseres). Om en benytter normaliserings-formelen får en et TOC innhold på 11,94 mg/g og 6,2 mg/g.

**Tabell 3.2.** Resultater fra kjemiske analyser av sediment tatt fra Mursteinsfjorden og Rekkøyråsa i 2007. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har SFT's tilstandsklasser (TK) angitt etter SFT's klassifisering (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Totalt Organisk Karbon (g/100g)	Normalisert TOC (mg/g)	TK	Sink (Zn) (mg/kg TS)	TK	Kobber (Cu) (mg/kg TS)	TK	Tørrestoff (TS) (%)
<b>Rekkøy 2</b>	2,4	11,94	<b>I</b>	58	<b>I</b>	14	<b>I</b>	47,3
<b>Mursteinsfjorden</b>	4,4	6,2	<b>I</b>	110	<b>I</b>	21	<b>I</b>	31,2

### 3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.3-3.4, Figur 3.6-3.7 og Vedleggstabell 1.

På stasjon Mursteinfjorden ble det på 275 m dyp funnet bare 10 arter med til sammen 227 individer i desember 2007 (Tabell 3.3). Artsdiversiteten på stasjonen ble beregnet til 2,5 med en jevnhet på 0,75. Diversiteten gir stasjonen en SFT's tilstandsklasse III (Mindre god). Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var den mest tallrike arten med 88 individer som utgjorde 38,8 % av alle individene som ble funnet (Tabell 3.4). De geometriske klassene indikerer dårlige miljøforhold (Figur 3.4). Selv om flere av analysene indikerer mindre gode forhold, er det ingen av artene som er typiske for dårlige forhold. Det lave artsantallet skyldes trolig at oksygeninnholdet i bunnvannet var lavt på 270 m dyp (ca 2,5 ml/l (3,5 mg/l) som tilsvarer tilstandsklasse III-IV).

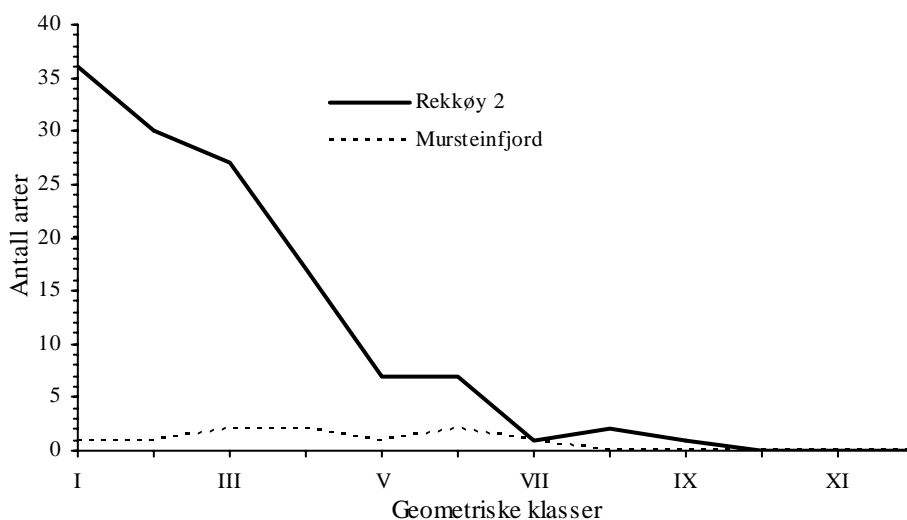
På stasjon Rekkøy 2 ble det på 210 m dyp funnet hele 128 arter med til sammen 1848 individer (Tabell 3.3). Artsdiversiteten på stasjonen ble beregnet til 4,7 med en jevnhet på 0,67. Diversiteten gir stasjonen en SFT's tilstandsklasse I (Meget god). Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var den mest tallrike arten med 498 individer som utgjorde 26,9 % av alle individene som ble funnet (Tabell 3.4). Faunasammensetningen tyder på gode forhold på stasjonen. De geometriske klassene indikerer også meget gode miljøforhold (Figur 3.6).

**Tabell 3.3.** Antall individer og arter, diversitet, jevnhet, beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve (huggnummer) fra Rekkøy og Mursteinsfjorden i 2007. Klassifisering av miljøforholdene (tilstandsklasse) basert på artsdiversitet (H') (Molvær et al. 1997).

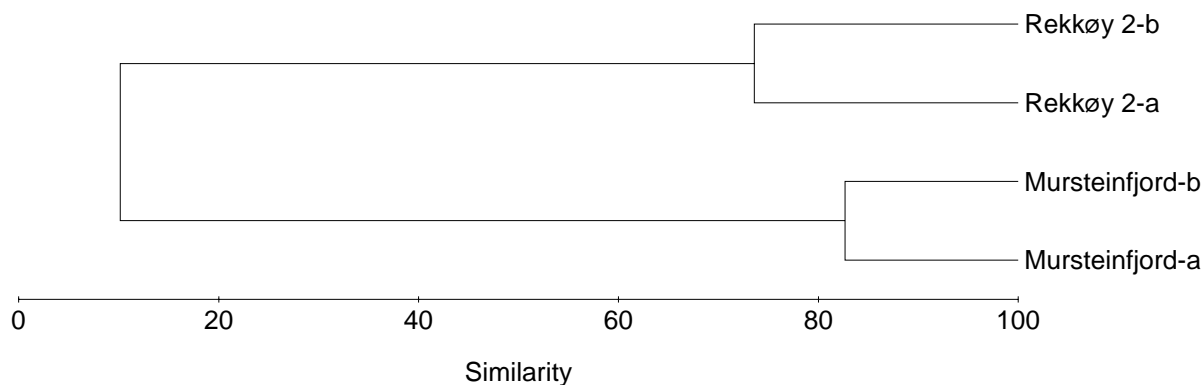
Stasjon	Hugg nr.	Dyp (m)	Antall individer	Antall arter	Diversitet H'	Jevnhet J	H'-max	SFT's tilst.klasse
Murstein- fjorden	1		118	9	2,65	0,83	3,17	
	2		109	9	2,00	0,63	3,17	
	sum	275	227	10	2,48	0,75	3,32	III
Rekkøy 2	1		1011	103	4,55	0,68	6,69	
	3		837	98	4,74	0,72	6,61	
	sum	210	1848	128	4,72	0,67	7,00	I

**Tabell 3.4.** De ti mest tallrike artene som ble identifisert i prøvene fra Mursteinsfjorden og Rekkøy 2 i 2007.

Mursteinsfjorden				Rekkøy 2			
07.12.2007	antall	prosent	0,2 m <sup>2</sup> kum %	07.12.2007	antall	prosent	0,2 m <sup>2</sup> kum %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	88	38.8	38.8	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	498	26,9	26,9
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	48	21.1	59.9	<i>Chaetozone</i> sp.	235	12,7	39,7
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	38	16.7	76.7	<i>Aphelochaeta</i> sp.	168	9,1	48,8
<i>Delectopecten vitreus</i>	18	7.9	84.6	<i>Polydora</i> sp.	71	3,8	52,6
<i>Caulleriella serrata</i>	14	6.2	90.7	<i>Caudofoveata</i> indet.	53	2,9	55,5
<i>Thyasira sarsii</i>	9	4.0	94.7	<i>Thyasira sarsii</i>	41	2,2	57,7
<i>Prionospio steenstrupii</i>	4	1.8	96.5	<i>Lumbrineridae</i> indet.	39	2,1	59,8
<i>Asciacea</i> indet.	4	1.8	98.2	<i>Synaptidae</i> indet.	39	2,1	61,9
<i>Aphelochaeta</i> sp.	3	1.3	99.6	<i>Diplocirrus glaucus</i>	36	1,9	63,9
<i>Pectinaria koreni</i>	1	0.4	100.0	<i>Pectinaria belgica</i>	35	1,9	65,7

**Figur 3.6.** Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Rekkøy og Mursteinsfjorden i 2007.

Det var forholdsvis likhet mellom de to grabbhuggene både på Mursteinsfjord (83%) og Rekkøy 2 (74%) (Figur 3.7). Forskjellen mellom de to stasjonene er imidlertid veldig stor, bare 10 % likhet.



**Figur 3.7.** Dendrogram som viser likheten (Bray-Curtis) mellom prøvene fra Mursteinsfjorden og Rekkøy i 2007. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks.

Det er ofte spørsmål om de forskjellige oppdrettsanleggene gjødsler bassengene i området. I dette området er strømbildet slik at alle nærliggende lakselokaliteter kan bidra til gjødsling av bassengene (prøvestasjonene). Ser en på de forskjellige prøvestasjonenes avstand til nærliggende oppdrettsanlegg (vedleggstabell 3) ser vi at begge stasjoner har noenlunde like forhold i så måte. Gjennomsnittsavstanden til et anlegg er dog 600 m mindre for Mursteinsfjorden. Det er likevel ikke sannsynlig at den reduserte miljøtilstanden på denne prøvestasjonen skyldes oppdrettsanleggene. Miljøundersøkelsene under oppdrettslokalitetene (vedleggstabell 3) viser med ett unntak gode forhold. Dette viser at utslippene fra anleggene spres og fortynnes i den grad at de ikke kan kun gir en svak påvirkning under selve anlegget. Hadde det vært store mengder med organisk nedfall som forårsaket den reduserte miljøtilstanden i Mursteinsfjorden, ville artssammensetningen vært en annen. Da det ikke ble funnet forurensningstolerante arter her, sitter en igjen med den forklaringen at bassengvolumet under terskeldypet i Mursteinsfjorden fra naturens side er for stort til at de eksisterende terskeloverskyllinger og omrøringer greier å holde full oksygenmetning i bunnvannet hele året.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en marin miljøundersøkelse på to stasjoner i Mursteinsfjorden i Flatanger kommune, Nord-Trøndelag. Undersøkelsen er utført på oppdrag fra Bjørøya fiskeoppdrett AS og Marine Harvest AS, avd. Midt Norge. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 7.12.07.

Det er ikke tidligere gjennomført resipientundersøkelser av denne type i området. Det har imidlertid vært gjennomført flere MOM-B-undersøkelser på samtlige anlegg i nærområdet (vedleggstabell 3).

Innholdet av sink og kobber var lave og i tilstandsklasse I (Meget god). Det samme var TOC på begge stasjonene.

De hydrografiske undersøkelsene viser at det er gode oksygenforhold på bunnen på stasjon Rekkøy 2, mens det motsatte er tilfelle på stasjon Mursteinsfjorden. En oksygenkonsentrasjon på 5,70 ml/l i bunnvannet på Rekkøy 2 gir tilstandsklasse I (meget god) etter SFT's klassifisering. En konsentrasjon på 2,81 ml/l i bunnvannet på stasjon mursteinsfjorden gir tilstandsklasse III (mindre god). De hydrografiske målingene tyder på at bassengvolumet i Mursteinsfjorden er for stort til at eksisterende terskeloverskyllinger og omrøringer greier å holde høyt oksygenivå i bunnvannet hele året. Dette bekreftes av artssammensetningen.

Artene som ble funnet på stasjon Rekkøy 2 indikerer gode forhold på stasjonen. Det var mange arter og individer og diversiteten gav miljøtilstand I (god) etter SFT's tilstandsklasser. På stasjon Mursteinsfjorden derimot var det få arter, og sammen med individene gav dette miljøtilstand III (mindre god). Også fordelingen av arter i geometriske klasser indikerte dårlige forhold, da det bare var 1 eller 2 arter innen hver geometriske klasse til klasse VII. Kurven blir da veldig flat, noe som er et dårlig tegn. Men det var ingen av artene som er typiske for dårlige forhold (forurensningstolerante arter). Det lave antallet arter skyldes sannsynligvis den lave oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet.

Stasjonen Rekkøy 2 får etter denne undersøkelse tilstandsklasse I både på bunndyr (MOM-standard) og sediment. Stasjonen Mursteinsfjorden får tilstandsklasse I på sediment, og tilstandsklasse III på bunndyr.

## 5 TAKK

Vi takker skipper Knut Skingen og Marius Olsen fra Bjørøya Fiskeoppdrett AS for god hjelp og hyggelig tokt. Fra Aqua Kompetanse AS deltok G. Arnkværn og M.P. Salmer.

Sedimentanalysene ble utført av G. Arnestad. Bunnprøvene ble sortert av A. Amin, K. L. Nielsen og F. Lie. Bunndyrene ble identifisert av P. Johannessen.

## 6 LITTERATUR

Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds).

*Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.

Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.

Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.



## 7 VEDLEGG

### Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata

#### Analyse av bunndyrdata

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 bunndyr-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 bunndyrprøver 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.

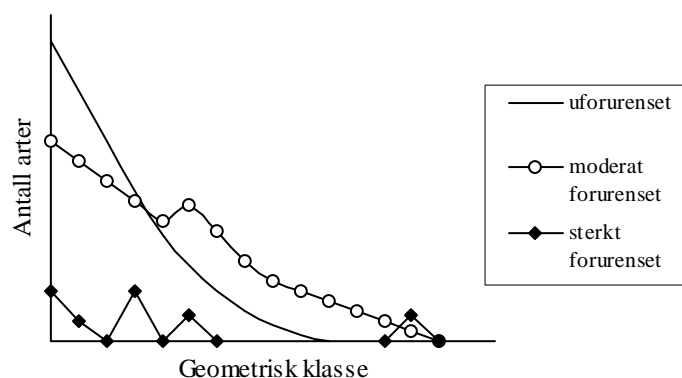
#### Geometriske klasser

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 & Mirza (1979) og Pearson & 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 & 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. Statens forurensningstilsyn (SFT) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

### Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i ,$$

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:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \text{ (Pielou 1966),}$$

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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å

sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

**Tabell v2.** Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks ( $H'$ )	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ( $ES_{n=100}$ )	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

### Flervariabel/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. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & 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:

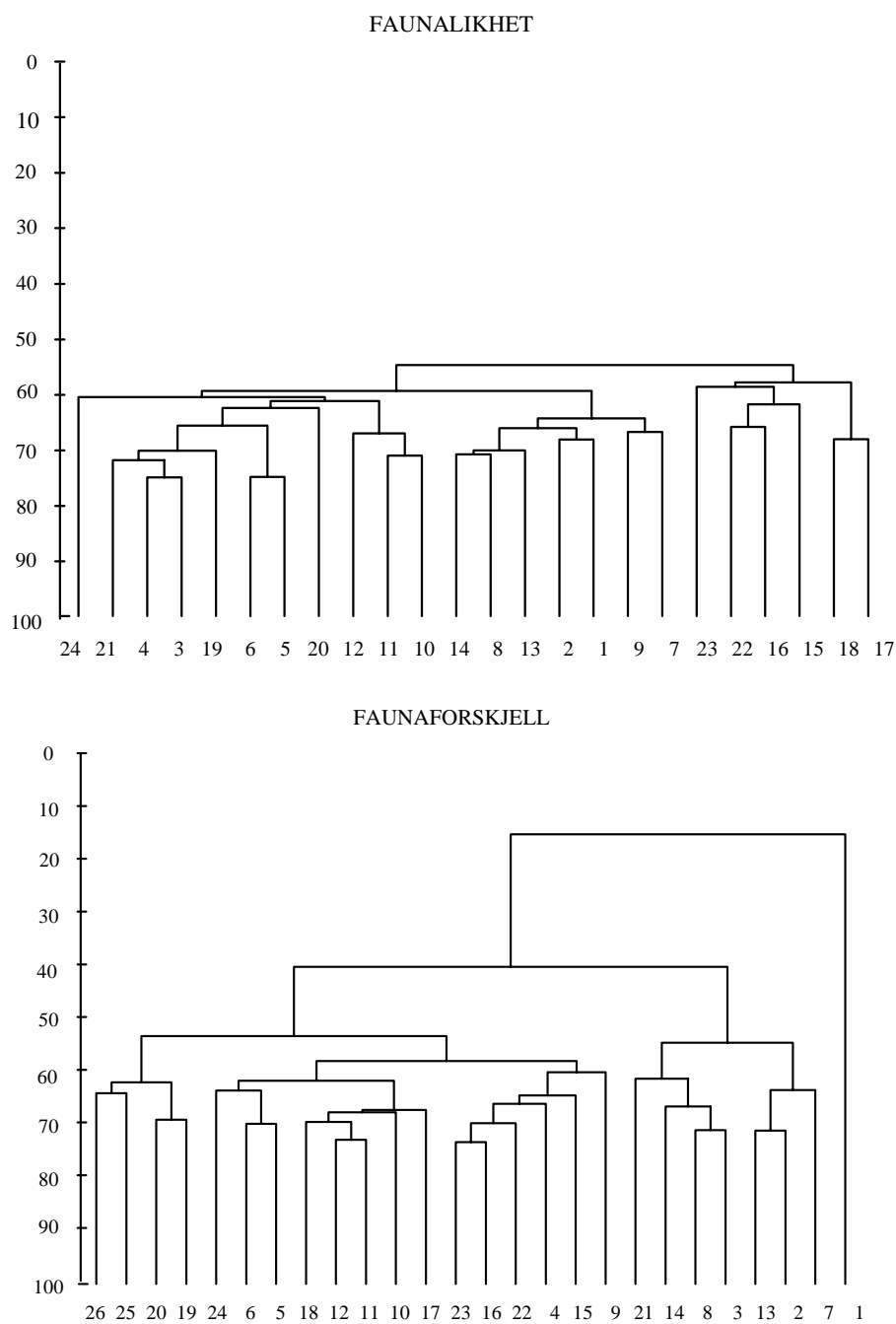
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

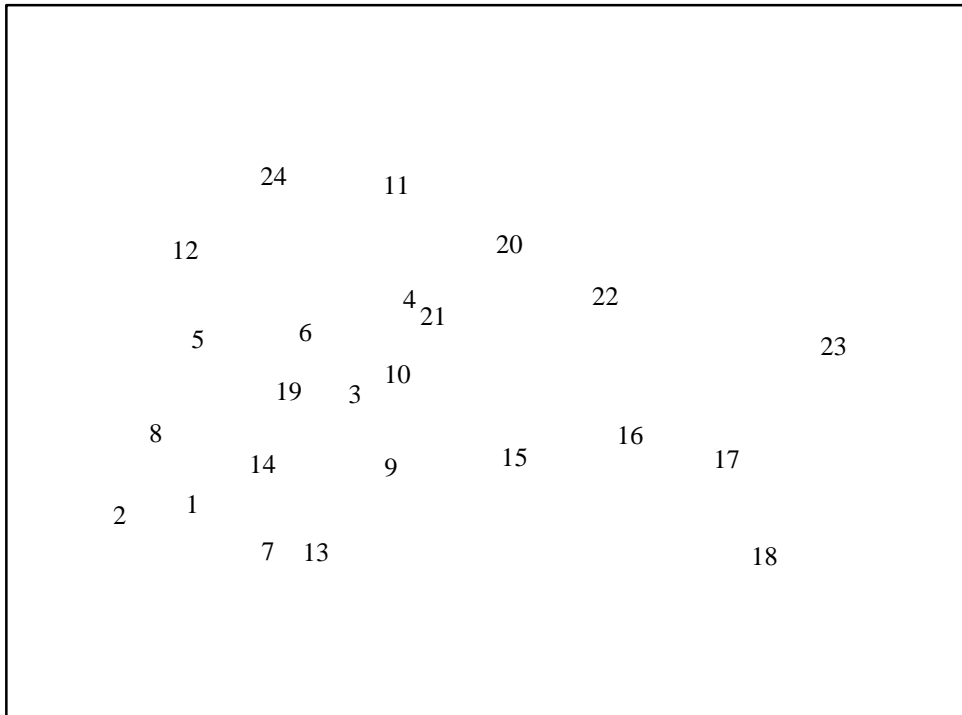
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet (J),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

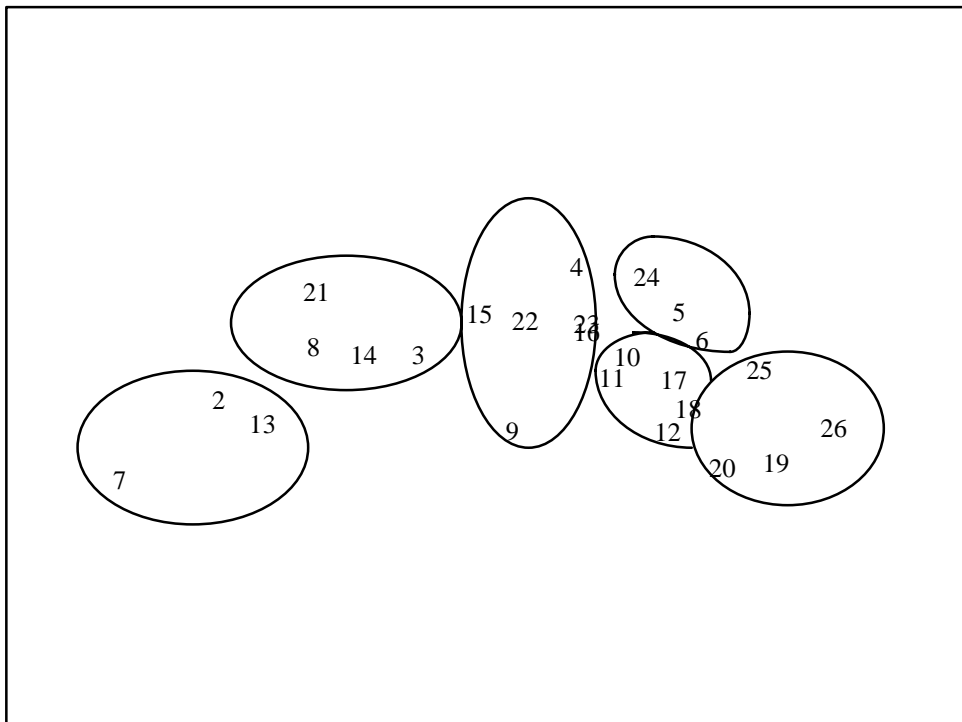


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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**

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.

**Vedleggstabell 1. Artsliste**



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS  
**SEKSJON FOR ANVENDT  
MILJØFORSKNING (SAM)**

Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen  
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25



**BENTHOS ARTSLISTE**

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Kompetanse, 7770 Flatanger**

**Prosjekt nr.: SAM-Marin: 801392, Aqua Kompetanse: 87-11-7C**

**Prøvetakssted (område): Mursteinsfjorden og Rekkøy 2007**

**Dato for prøvetaking: 7.12.2007**

**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Aqua Kompetanse**

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

**Artene er identifisert av: Per Johannessen UNIFOB AS, Seksjon for anvendt miljøforskning**

**Metode:** Materialet er opparbeidet og identifisert i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.

**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 tilstede 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:.....  
  
**Signaturberettiget**

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse AS

07.12.2007	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Mursteinfjord	Mursteinfjord
Arter	Hugg 1	Hugg 3	Hugg 1	Hugg 2
* PORIFERA indet.	+	+	1	
* HYDROZOA	+			+
ANTHOZOA				
Cerianthus lloydii	1			
* PLATYHELMINTES indet.		1		
* NEMERTINI indet.	4	1	5	1
* NEMATODA indet.	20	9		
POLYCHAETA				
Paramphinome jeffreysii	272	226	26/2	60
Polynoidae indet.	4	1		
Harmothoe nodosa	1	1		
Pholoe assimilis		1		
Pholoe baltica	17/2	14/1		
Pholoe pallida	2	1		
Neoleanira tetragona		1		
Phyllodoceidae indet.	1			
Phyllodoce groenlandica	1	1		
Eteone longa	1	1		
Nereimyra punctata		2		
Ophiodromus flexuosus	7	5	25/6	6/1
Syllidae indet.		2		
Exogone sp.	2	2		
Ceratocephale loveni		2		
Platynereis dumerilii	1/1			
Nephtys incisa	1			
Nephtys longosetosa	1			
Glycera alba	2	2		
Glycera rouxii	1			
Glycera lapidum	4/1	3		
Goniada maculata		1		
Nothria conchylega	1			
Lumbrineridae indet.	21	18		
Drilonereis filum		1		
Ophryotrocha sp.	1			
Laonice sarsi	2	4		
Polydora sp.	20	51		
Prionospio steenstrupii			1	3
Prionospio cirrifera	4	1		
Prionospio dubia	0/1	2		
Spiophanes kroeyeri	7	12/1		
Apistobranchus tullbergi	8/1	6		
Spiophanes wigleyi	1/1	3		
Poecilochaetus serpens		2/1		
Spiochaetopterus typicus	1		23	25
Aricidea catherinae	6	4		
Aphelochaeta sp.	105	63	2	1
Caulleriella serrata			11	3

07.12.2007	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Mursteinfjord	Mursteinfjord
Arter	Hugg 1	Hugg 3	Hugg 1	Hugg 2
Chaetozone cf. chriestie		1		
Chaetozone sp.	155	80		
Macrochaeta polyonyx	1	1		
Brada villosa	4			
Diplocirrus glaucus	16/4	11/5		
Pherusa falcata	3	0/1		
Lipobranchus jeffreysii	1	1		
Scalibregma inflatum	4/1	5		
Capitella capitata	2/2	5		
Heteromastus filiformis	4	6		
Notomastus latericeus	13/2	12/3		
Clymenura borealis		1		
Euclymene droebachiensis	2			
Microclymene tricirrata	2	3		
Praxillella affinis	13	17		
Lumbriclymene cylindricaedata		1		
Praxillura longissima	1	1		
Chirimia biceps	5	2		
Rhodine loveni	2	2		
Myriochele fragilis	1			
Myriochele oculata	1	4		
Owenia borealis	1	2		
Pectinaria auricoma	16/5	6/2		
Pectinaria koreni	2	1		1
Pectinaria belgica	20/3	7/5		
Ampharete sp.		1		
Sabellides borealis	2			
Sabellides octocirrata		3		
Amythasides macroglossus	4	1		
Eclysippe vanelli	5/1	5		
Samytha sexcirrata		2		
Amage auricula	2	2		
Melinna elisabethae	4/1	3/2		
Terebellidae indet.		1		
Eupolymnia nesidensis	2			
Pista cristata	10	9/1		
Pistella lornensis	1/1	1		
Lanice conchilega	0/1	1/1		
Streblosoma intestinale	2	3/1		
Polycirrus medusa	3	7/1		
Polycirrus norvegicus	1	1/2		
Amaeana trilobata	4	7		
Trichobranchus roseus	3	4/2		
Terebellides stroemi	3/3	5/3		
Sabellidae indet.	9	3		
SIPUNCULA				
Phascolion strombus	1			
Onchnesoma steenstrupi	1			

Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse AS

07.12.2007	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Mursteinfjord	Mursteinfjord
Arter	Hugg 1	Hugg 3	Hugg 1	Hugg 2
CRUSTACEA				
* Calanus finmarchicus	2	1	11	4
* Calanus hyperboreus			2	1
* Euchaeta norvegica			1	1
* Centropages typicus		1		
* Metridia longa			5	
* Eudorella emarginata	1			
* Diastylis cornuta		1		
* Diastylodes biplicata		1		
* Campylaspis verrucosa		1		
* Tanaidacea indet.	1	2		
* Amphipoda indet.	6	2		
Eriopisa elongata	2/2			
* Decapoda indet.		0/1		
MOLLUSCA				
Caudofoveata	21	32		
Euspira montagui	2			
Eulima bilineata	1			
Haliella stenostoma	0/1			
Retusa umbilicata		1		
Philine quadrata	0/1			
Philine scabra	2	4/1		
Scaphander sp		0/1		
Nudibranchiata indet.	1			
Nucula tumidula	3	1		
Yoldiella lucida	2			
Yoldiella nana		1		
Yoldiella philippiana	1			
Limatula gwyni		2		
Delectopecten vitreus			11/2	5
Thyasira obsoleta	2	3		
Thyasira sarsii	18/3	17/3	5	3/1
Thyasira equalis	19/1	7/3		
Thyasira ferruginea		1		
Thyasira pygmaea	4	5		
Montacuta ferruginosa		1/2		
Montacuta tumidula		2/1		
Mysella bidentata	1			
Abra nitida	4/1	11/4		
Kelliella abyssicola		1		
Cuspidaria rostrata		0/1		
Cuspidaria costellata	1			
Cuspidaria abbreviata	3	1		
Dentalium entalis	2/1	1/1		
Entalina tetragona	2	1		
BRYOZOA				
* Bryozoa skorpeformet		+		

07.12.2007	Rekkøy 2	Rekkøy 2	Mursteinfjord	Mursteinfjord
Arter	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
ECHINODERMATA				
Astropecten irregularis		0/1		
* Ophiuroidea indet.			0/1	
Ophiopholis aculeata	1/4			
Amphiura chiajei	2/2	2/3		
Amphiura filiformis	2/1	0/1		
Amphilepis norvegica	1			
Ophiura affinis	2/1			
Ophiura albida	2/2	0/1		
Ophiura carnea	3	1/1		
Brissopsis lyrifera	6/2	3		
Echinocardium flavescens	1/3	2		
Synaptidae indet.	20	19		
POGONOPHORA				
* Siboglinum fiordicum		+		
* Siboglinum ekmani		+		
ENTEROPNEUSTA indet.	1	1		
* CHAETOGNATHA indet.				1
ASCIDIACEA	1		4	
* VARIA		+		+

## Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi

## Analyserapport

Moss

UNIFOB AS  
Helge Botnen  
SAM-marin  
Thormøhlensgt. 49  
5006 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av  
akkreditert laboratorium

Report issued by  
Accredited Laboratory



<b>Kundenummer</b>	8183600-1211854	<b>Prøvemottak</b>	03.01.2008
<b>Prøvetyp</b>	Sedimentprøve	<b>Analysereport klar</b>	25.01.2008
<b>Oppdragsmerket</b>	Stedkode: 611101, Prosjektnr. 801392 02/08		

<b>Lab.nr.</b>	NOV000388-08	NOV000389-08			
<b>Merket</b>	Rekkøy 2, 07. des	Musteinsfjorden			
<b>Tatt ut</b>	2007	07. des. 2007			
	07.12.2007	07.12.2007			
<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>			<b>Måleu.</b>	<b>Ref/Metode</b>
				<b>basert på</b>	<b>Lab</b>
Totalt Organisk Karbon	g/100g	2.4	4.4	±15%	AJ 31
Tørrestoff	%	47.3	31.2	±15%	NS 4764-1 O
*Nitrogen- Kjeldahl	g/kg TS	2.1	3.2	±10%	NS-EN 13654-1.m O
Fosfor, P	g/kg TS	0.76	0.74	±20%	NS-EN ISO 11885 O
Sink, Zn	mg/kg TS	58	110	±15%	NS-EN ISO 11885 O
Kobber, Cu	mg/kg TS	14	21	±20%	NS-EN ISO 11885 O

Grethe Arnestad  
Cand.Mag

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning og Aqua Kompetanse AS

Sted (Angir hvor analysen ble utført)

AnalyCen AS, Norge – [www.analycen.no](http://www.analycen.no)

O Postboks 3055, 1506 Moss, Norge Tlf.: +47 69 27 98 00

Y Postboks 33, 1851 Mysen, Norge Tlf.: +47 69 89 53 50

AnalyCen Ecotox, Norge

E Postboks 6875 Rodeløkka, 0504 Oslo, Norge Tlf.: +47 23 23 48 50

Lantmännen Analycen AB, Sverige – [www.analycen.se](http://www.analycen.se)

G Box 11404, 404 29 Göteborg, Sverige Tlf.: +46 31 61 37 40

K Box 9024, 291 09 Kristianstad, Sverige Tlf.: +46 44 28 11 00

L Box 905, 531 19 Lidköping, Sverige Tlf.: +46 51 08 87 00

R Box 1743, 701 17 Örebro, Sverige Tlf.: +46 19 605 17 52

S Box 381 55, 100 64 Stockholm, Sverige Tlf.: +46 8 556 083 00

U Box 97, 751 03 Uppsala, Sverige Tlf.: +46 18 68 10 80

Lantmännen Analycen A/S, Danmark – [www.analycen.dk](http://www.analycen.dk)

F Vesterballevej 4., 7000 Fredericia, Danmark Tlf.: +45 75 94 50 30

Lantmännen Analycen OY, Finland – [www.analycen.fi](http://www.analycen.fi)

T Hatanpääkatu, 33900 Tampere, Finland Tlf.: +358 3 3147 3201

AnalyCen Polska Sp.2.0.0, Polen

W ul. Potocka 4, 01 - 652 Warszawa Tlf.: +48 600 038 944

### Måleusikkerhet

Utvidet relativ måleusikkerhet fremkommet med kontrollprøve på laboratoriet

(95% konfidensintervall) og interkalibreringer som laboratoriet har deltatt i.

For flere av analysene varierer måleusikkerheten innen måleområdet og angis med den verdien som er relevant for det aktuelle resultatet.

For ytterligere informasjon, vennligst kontakt laboratoriet.

Metodeoversikt og måleusikkerhet fås ved henvendelse til AnalyCen.

### Øvrige forklaringer

\* Ikke akkreditert av AnalyCen AS

m Knyttet til metode/ref. Angir at metoden det henvises til har enkelte modifikasjoner.

Detaljer fås ved henvendelse til laboratoriet.

### Akkreditering

Laboratoriene i Norge er akkreditert av Norsk Akkreditering og sertifisert av SEMKO.

Virksomheten ved laboratoriene oppfyller kravene i

NS-EN-ISO 17025, NS-EN ISO 9001 og NS-EN ISO 14001

Analyseresultatene gjelder for analyser av de anførte prøver i den stand de ble mottatt.

Rapporten skal ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra prøvingslaboratoriet.

Hovedadministrasjon for AnalyCen AS, Norge; Moss. Foretaksnr.: NO 973 191 896 MVA



**Vedleggstabell 3.** Oversikt over lokaliteter i bruk fra 2003. Tilstandsklasse, utfôret mengde på nærliggende oppdrettsanlegg og avstand til prøvestasjonene.

<b>Anlegg</b>	<b>Dato undersøkt</b>	<b>Utfôret mengde (tonn)</b>	<b>Tilstandsklasse</b>	<b>Avstand til Mursteinsfjord km</b>	<b>Avstand til Rekøy 2 km</b>
<b>Kråkholmen</b>	24.6.05	1447	1	3,6	0,6
	1.8.07	5490	1		
<b>Kvalrosskjæret</b>	20.6.06	2104	1	6,6	6,7
	13.1.08	1994	2		
<b>Havsteinsundet</b>	20.9.06	2100	4	2,1	5,4
	17.1.08	1 års brakking	1		
<b>Lindøya</b>	17.2.05	976	2	2,6	2,3
<b>Feøyvika/Feøya</b>	12.2.08	290	1	1,5	5,0
	28.1.04	3084	2		
<b>Bjørgan</b>	12.5.03	2962	1	2,2	2,3
	5.9.05	5300	2		
	30.3.07	3878	1		
<b>Gj.sn. avstand til oppdrettslokalitet</b>				<b>3,1</b>	<b>3,7</b>