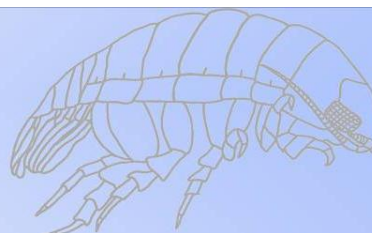


# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Miljø



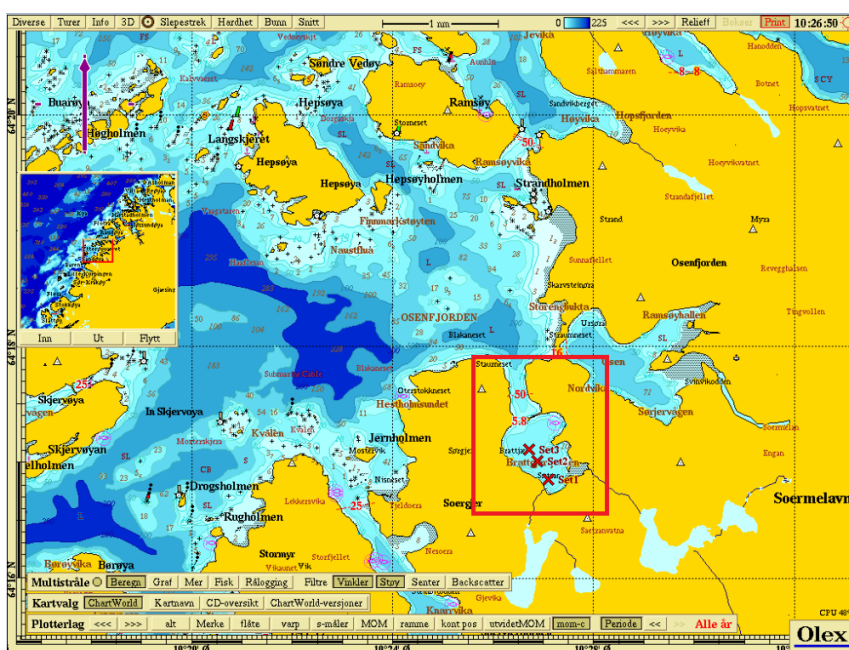
e-rapport nr: 8-2014

## *MOM-C undersøkelse fra utslippspunktet til settefisklokalitet Setran i Osen kommune, august 2013*

Rune Haugen



Øydis Alme

Per-Otto Johansen



SF506-Utforming av sammendrag  
SAM e-rapport

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 10.02.2014 ( Kristin Hatlen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 10.02.2014 ( Kristin Hatlen )

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

<b>Rapportens tittel:</b> MOM-C undersøkelse fra utslippspunktet til settefisklokalitet Setran i Osen kommune, august 2013	<b>Dato:</b> 21.2.2014
	<b>Antall sider og bilag:</b> 44
<b>Forfatter(e):</b> Rune Haugen, Øydis Alme, Per-Otto Johansen	<b>Prosjektleder:</b> Stian E. Kvalø
	<b>Prosjektnummer:</b> 807541

<b>Oppdragsgiver:</b> SalMar Settefisk AS	<b>Tilgjengelighet:</b> Åpen
---	------------------------------

**Abstract:** A MOM-C survey was conducted in August 2013 to investigate the environmental state of the marine recipient of the smolt production farm Setran in Brattjerfjorden based on chemical and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data. Three different stations were chosen for sampled; Set 1 (near zone), Set 2 (transition zone) and Set 3 (remote zone). The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority (Miljødirektoratet).

The results show low levels of copper and zinc at all stations and relatively low levels of phosphorus. The organic content (expressed as TOC and % volatile total solids) showed high levels at Set 2 and Set 3 while Set 1 had lower levels (classification II - "Good"). The sediment consisted mostly of fine grained particles in the clay and silt category. Set 1 had the highest content of sand. The bottom water at Set 3 had quite low oxygen concentration, giving the classification III - "Moderate". The soft bottom macrofauna showed clear signs of disturbance at Set 2 and 3, with moderate to bad conditions. The classification was good at Set 1 but the fauna composition indicates some disturbance.

<b>Keywords:</b> Fish farm, MOM-C, recipient, benthos, sediment; Slordalen	<b>Emneord:</b> Fiskeoppdrett, MOM-C, resipient, bunndyr, sediment, Slordalen	<b>ISSN NR.:</b> 1890-5153 <b>SAM e-Rapport nr.</b> 8-2014
--	---	---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	21.2.2014	<i>P-O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	21.2.2014	<i>Stian E. Kvalø</i>

ID: 10723 Versjonsnr: 001

## Uni Miljø - Sam Marin

### SF506-Utforming av sammendrag SAM e-rapport

---

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 10.02.2014 ( Kristin Hatlen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 10.02.2014 ( Kristin Hatlen )

---

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

#### Følgende er utført akkreditert:

**Prøvetaking til sediment- analyser, samlet av:** Christian Bøe; Havbrukstjenesten AS

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Ragna Tveiten; SAM-Marin

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Tom Alvestad, Frøydis Lygre, Lenka Nealova;  
SAM-Marin

**Rapportering utført av:** Rune Haugen, Øydis Alme, Per-Otto Johansen

#### Ikke akkreditert:

-

#### LEVERANDORER

**Toktfartøy:** Fartøy fra oppdragsgiver

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

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

Ikke akkreditert: -

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

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

# INNHold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Produksjonsdata fra anlegget</b> .....	<b>12</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Hydrografi</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Sediment</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3 Kjemi</b> .....	<b>15</b>
<b>3.5 Bunndyr</b> .....	<b>16</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>21</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>23</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>24</b>
<b>7 VEDLEGG</b> .....	<b>25</b>
<b>Generell vedleggsdel</b> .....	<b>26</b>
<b>Vedleggstabell 1. MOM-B parameter</b> .....	<b>35</b>
<b>Vedleggstabell 2: Benthos artsliste</b> .....	<b>37</b>
<b>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</b> .....	<b>40</b>
<b>Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi</b> .....	<b>41</b>
<b>Vedleggstabell 5. Analysebevis geologi</b> .....	<b>42</b>
<b>Vedleggstabell 6. CTD- data</b> .....	<b>44</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra utslippet til settefiskanlegget på Setran. Utslippet fra settefiskanlegget ligger i Brattjerfjorden, vest av Osen, Osen kommune. Innsamlingene ble gjennomført 22. august 2013. Settefiskanlegget på Setran har benyttet dette utslippet i Brattjerfjorden siden 1994.

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

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) og Havbrukstjenesten AS på oppdrag fra SalMar Settefisk AS. SAM-Marin, en seksjon ved Uni Reserach AS, har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 22 år og utført miljøundersøkelser i 12 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

Februar 2014 ga Direktoratets gruppa Vanddirektivet ut en ny veileder (Veileder 02:2013). Denne innebærer at det kommer inn enkelte nye indekser for beregninger av bunnfauna, samt at en gammel (NQI2) går ut. Det er ikke mulig pr. i dag å få med alle nye beregninger i henhold til Veileder 02:2013 da det må utarbeides makroer og programmer for utregning av nye indekser. Den nye veilederen er derfor tatt i bruk så langt det lar seg gjøre. Endringer er gjort i tabell 2.2, med nye grenseverdier for NQI1, H' og ES<sub>100</sub>.

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

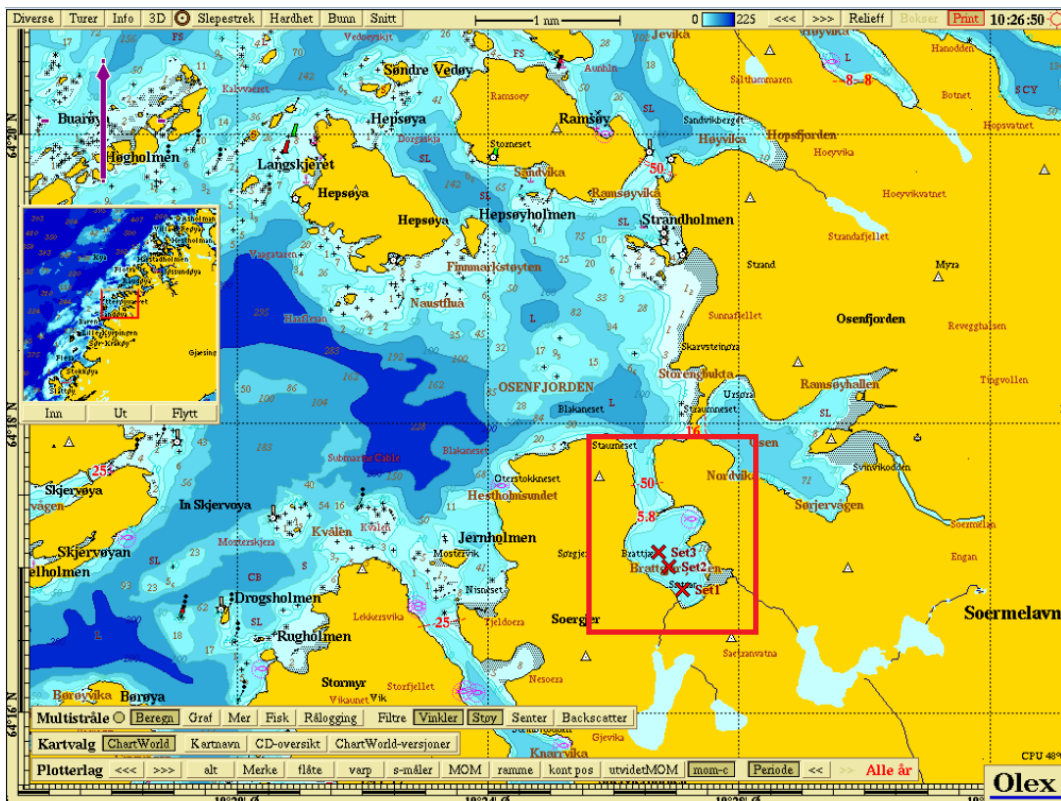
Lokaliteten ligger i Brattjerfjorden, i Osen kommune (Figur 2.1. og 2.2). Utslipet ligger over skrånende terreng på omtrent 10 m dyp, skråningen fortsetter til nærmere 40 m dyp midt ute i fjorden. Nærstasjonen Set 1 ligger i denne skråningen på 25 m dyp, mens mellomstasjonen Set 2 ligger i dypet av fjorden på 40 m dyp. På samme dyp lengre nord, nærmere innløpet til fjorden ligger fjernstasjonen Set 3, også på 40 m dyp. Innløpet av fjorden ligger i nord og er på bare 7 m dyp. Utløpet ender ut i den mer åpne Osenfjorden.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

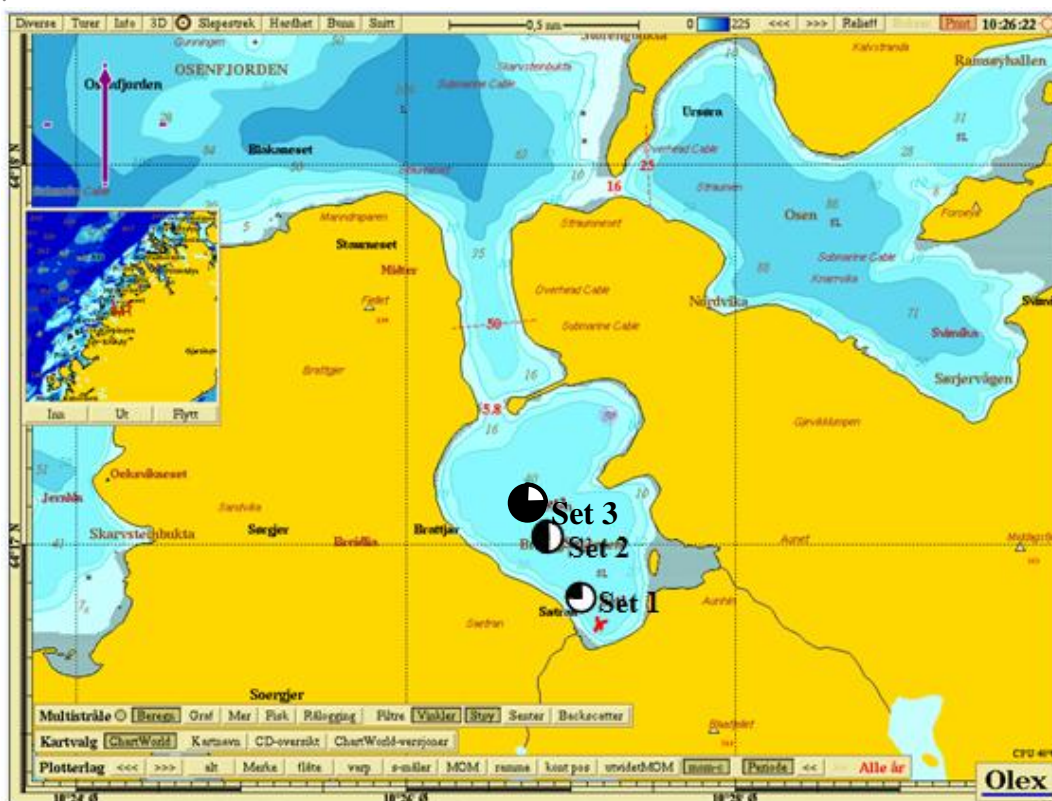
Prøveinnsamlingene ble gjort 22. august 2013. Det ble tatt prøver fra én stasjon rett ved utslippet (Set 1), men noen meter dypere, én i overgangssonen (Set 2) og én stasjon (Set 3) i dypet av fjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Christian Bøe fra Havbrukstjenesten AS.

Det er tatt gjentatte vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Set 3) i forbindelse med et overvåkingsprogram. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen er utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.





Figur 2.1: Oversiktskart over Osenfjorden, med Brattjerfjorden i sørøst. Undersøkelsesområdet er markert med rød firkant. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2: Kart over Brattjerfjorden med punkt for prøvestasjonsstasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt. Rødt kryss viser omtrent plassering av vannutslipp fra settefiskanlegget. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i område og navn. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble brukt en van Veen grabb og brukes til kjemi-, geologi- og biologiprøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg-nummer	Prøve-volum (l)	Andre opplysninger
Set 1 22.08.13	Område	25	1	17	Kjemi, geologi, pH og Eh
	64.16.852N		2	17	Biologi
	10.27.093Ø		3	17	Biologi
Set 2 22.08.13	Område	40	1	17	Kjemi, geologi, pH og Eh
	64.17.005N		2	17	Biologi
	10.26.876Ø		3	17	Biologi
Set 3 22.08.13	Område	40	1	17	Kjemi, geologi, pH og Eh
	64.17.109N		2	17	Biologi
	10.26.720Ø		3	17	Biologi

### 2.2.1 Hydrografi

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

### 2.2.2 Sediment

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

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

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen.



Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig under sediment-overflaten, og lukte råttent ( $H_2S$ ). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### **2.2.3 Kjemiske analyser**

Det ble tatt ut prøve fra første hugg 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 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i Miljødirektoratets manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis WTW pH 3110 pH- meter og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

### **2.2.4 Bunndyr**

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt

jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrprøver fra uforurensede 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 17 liter (van Veen). Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser

faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand 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 Veileder 01:2009 og SFT 97:03. I henhold til Veileder 02:2013, ved bruk av bunndyr for klassifisering, benyttes Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ) og ømfintlighetsindeksene NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI og AMBI, 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 tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata. For denne rapporten er inndeling i tilstandsklasser for indekser gjort på bakgrunn av veileder 02:2013 (Tabell 2.2). Nye indekser er foreløpig ikke tatt i bruk. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg og for gjennomsnittet som beskrevet i den nye veilederen. 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. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	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
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	NQII	02:2013		0,90-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	ES <sub>100</sub>	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Kadmium	TA 2229	mg Cd/kg	<0,25	0,25-2,6	2,6-15	15-140	>140	

\*Omregningsfaktoren til mgO<sub>2</sub> /l er 1,42\*\* Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6<sup>0</sup>C**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> .

### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

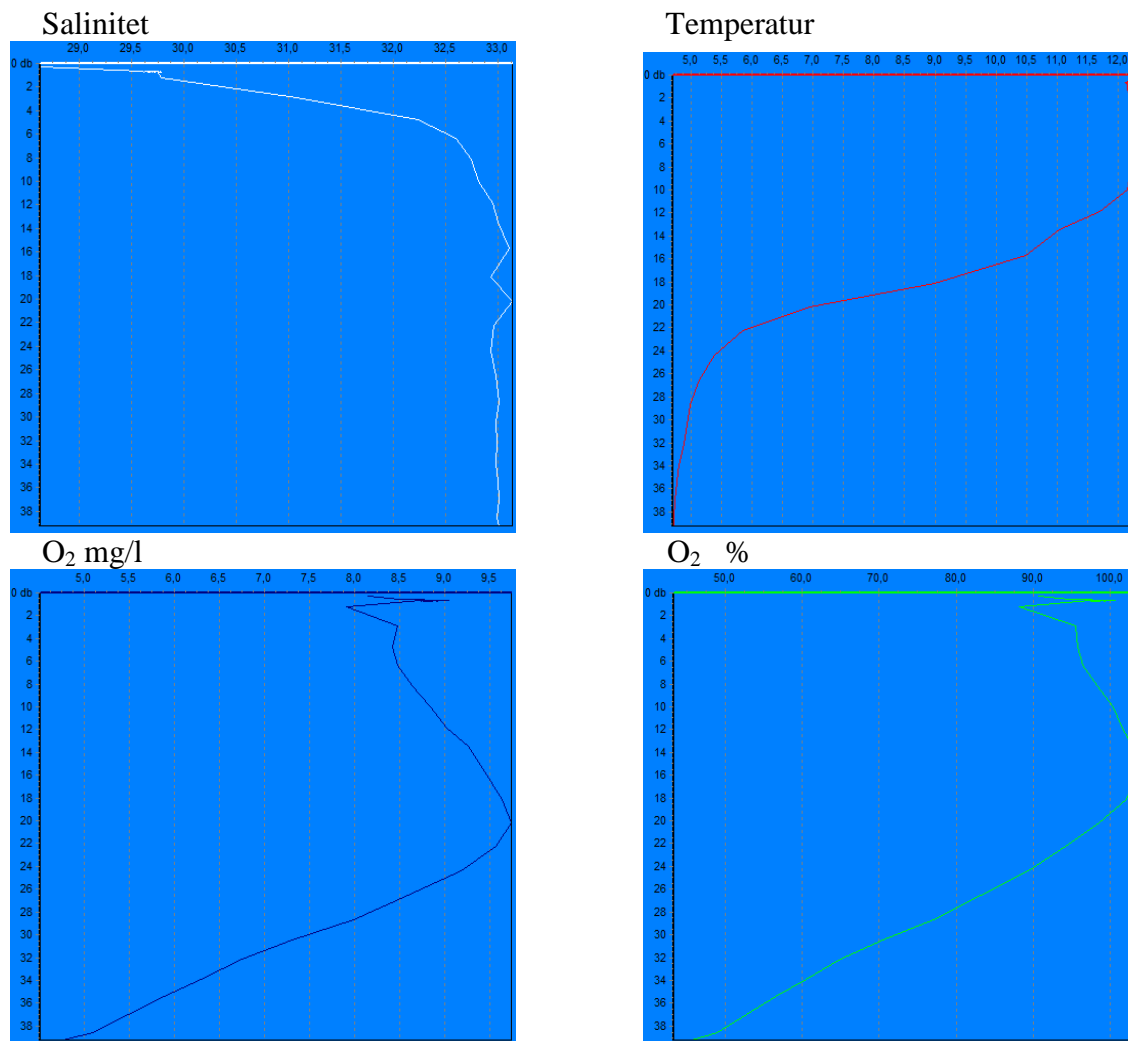
Settefiskanlegget ved Setran ble startet i 1987, men var ute av drift i mellom 1989 og 1994. Siden starten har utslippet av vann vært det samme i Brattjerfjorden. Det er ingen resirkulering eller annen rensing av utslippsvannet, bortsett fra CO<sub>2</sub>-stripping på kar-nivå.

De siste 5 år er det samlet brukt 668 tonn fôr, dvs i snitt 134 tonn pr år, med relativt stabil forbruk fra år til år.

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold er målt fra overflaten og ned til like over bunnen på stasjon Set 3, åtte ganger fra april til desember 2013. Resultatene fra CTD-målingen utført 22. august (samme dag som sedimentundersøkelsen) presenteres i Figur 3.1.



**Figur 3.1:** Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på Set 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 40 meter den 22. august 2013. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra  $\text{mgO}_2/\text{l}$  med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på Set 3 den 22. august 2013, var omtrent  $12,0^{\circ}\text{C}$  i overflatelaget og ned til 12 m, deretter sank den til i overkant av  $5,3^{\circ}\text{C}$  ved 24 m dyp. Fra 24 m dyp sank den jevnt ned til bunnen på 40 m, til rundt  $4,8^{\circ}\text{C}$ . Det var dermed større forskjeller og en gradient i temperaturen mellom 12 og 24 m (Vedleggstabell 6).

I overflatelaget var saltholdigheten rundt 30 promille. Deretter steg den raskt til 32,5 ved 5 m dyp, og fra 5 m dyp var saliniteten stabil rundt 32,8 promille ned til bunnen.

Det var store forskjeller i oksygeninnholdet gjennom vannsøylen. I overflatelaget lå konsentrasjonen på 8,0 mg/l. Oksygeninnholdet steg deretter jevnt ned mot 9,7 mg/l ved 20 m dyp, deretter sank oksygeninnholdet raskt til 4,75 mg/l ved bunnen, hvilket tilsvarer 3,35 ml/l. Denne målingen bunnen plasserer bunnvannet i Miljødirektoratets tilstandsklasse III (Moderat).

Da det er gjennomført hele åtte CTD- målinger, viser de trenden for oksygen i løpet av året i Brattjerfjorden. På vår og forsommer er det gode oksygenforhold, mens i løpet av juli/august blir oksygenforholdene forverret, og i september og utover høsten blir de meget dårlige. Da vi ikke har målinger etter desember vet vi ikke når oksygenforholdene blir bedre. Målingene i 2013 tyder på at Brattjerfjorden har gode oksygenforhold om vinteren, våren og forsommeren, mens de er betydelig dårligere om sensommeren og høsten.

### 3.2 Sediment

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

**Tabell 3.1:** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Setran 22. august 2013.

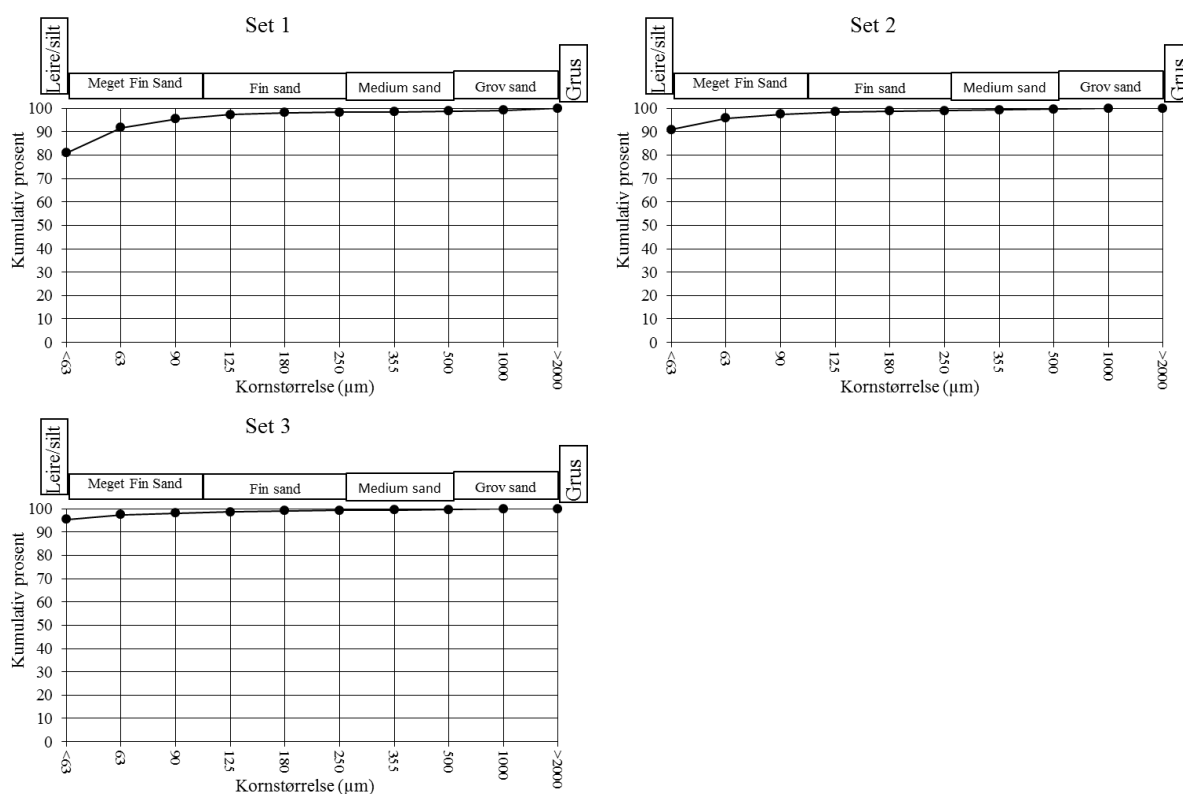
Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Set 1	25	5,3	81,0	18,1	0,9
Set 2	40	9,9	90,9	9,1	0,0
Set 3	40	10,9	95,5	4,5	0,0

I nærsonen Set1 dominerte fint sediment; leire/silt utgjorde 81,0 % av sedimentet. 19,0 % var grovere sediment, derav 18,1 % sand. Glødetapet var 5,3 %. Det organiske innholdet var dermed lavt.

Overgangssonen Set 2 var mye lik Set 1 med 90,9 % fint sediment (silt/leire). De resterende 9,1 % var sand. Her var det organiske innholdet målt som glødetap noe høyere (9,9 %).

Fjernstasjon Set 3 hadde størst andel fint sediment, med 95,5 % leire/silt, mens sand utgjorde 4,5 %. Her var det organiske innholdet høyest, på 10,9 %.





**Figur 3.2:** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Set 1, Overgangssonen: Set 2 og Fjernsonen: Set 3.

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1. Sedimentanalyser

Resultatene av analysen er presentert i Tabell 3.2. Verdien for TOC var forhøyet på alle tre stasjonene, og ga Tilstandsklasse (TK) II (God) for Set 1. På Set 2 og Set 3 var TOC meget høyt, og ga dårligst tilstand på Set 2 (TK V- Svært dårlig) og nest dårligst tilstand på Set 3 (TK IV - Dårlig). Metoden for normalisering av TOC er dog ikke tilpasset kystområder (Aure et al 1993), og her vil glødetapet være en bedre indikasjon på innhold av organisk materiale.. Totalt indikerer dette at det er en del organisk materiale i sedimentet på Set 2 og Set 3, mens det er lite organisk materiale på Set 1.

Verdiene av tungmetallene, kobber og sink var lave på alle tre stasjonene, og får beste tilstandsklasse I (Meget god). Verdiene for fosfor var og relativt lave på alle tre stasjonene, men viser ett litt høyere innhold enn normalt på Set 1.

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

Stasjon	Totalt organisk karbon (TOC) mg/g	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Set 1	18	21,4	II	1100	58	I	13	I	56,4
Set 2	42	43,6	V	950	97	I	26	I	39,4
Set 3	40	40,8	IV	890	110	I	27	I	42,4

### 3.3.2. Måling av pH og Redokspotensial (E<sub>h</sub>)

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

Målingen av pH og E<sub>h</sub> på alle stasjonene viser at alle stasjonene har en pH > 7 og lav E<sub>h</sub>. Set 1 og Set 3 fikk nest beste TK 2, mens Set 2 fikk nest dårligste TK 3, for kjemiske målinger. Dette indikerer at det er moderat med oksygen i sedimentet og at noe påvirker forholdene i sedimentet.

De sensoriske faktorer indikerer og en viss påvirkning på Set 2 og Set 3, da det var litt lukt og mørkere farge. Disse faktorene indikerer at sedimentet har et forhøyet innhold av organisk materiale og samsvarer med de kjemiske målingene av pH og E<sub>h</sub>.

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

Stasjon	pH	E <sub>h</sub>	pH/E <sub>h</sub> poeng	Tilstand
Set 1	7,17	-231	2	2
Set 2	7,05	-305	3	3
Set 3	7,12	-291	2	2

## 3.5 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i august 2013. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrprøvene fra nærsonestasjonen Set 1, ble det funnet 58 arter med til sammen 1328 individer. Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ) ble beregnet til 3,33 som plasserer stasjonen i Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). I følge MOM-standarden er imidlertid diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er i stedet utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg (her ved utslippspunktet til et anlegg). Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (meget god) (Tabell 2.3). Med et individantall på 434 dominerte børstemark i slekten *Owenia* på denne stasjonen, og utgjorde 32,7 prosent av alle individene i prøven. Blant de ti mest tallrike artene finner vi i tillegg ytterligere seks børstemarkarter, et bløtdyr og et krepsdyr. Fordelingen av de geometriske klassene antyder at det kan være en svak påvirkning av forurensning på stasjonen.

Ved stasjon Set 2 i overgangssonen, ble det funnet 117 individer fordelt på 14 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ) på 1,37 og en Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ) på 8,0, som begge havner i tilstandsklasse IV – Dårlig. NQII, som beskriver artsmangfold og ømfintlighet får verdien 0,54 som gir tilstandsklasse III – Moderat. Etter MOM-standarden, som også gjelder for overgangssonen, får stasjonen Miljøtilstand 2 (god). Grafen for de geometriske klassene, med flatt kurveforløp og mange nullverdier, indikerer at stasjonen kan være påvirket av forurensning. Faunaen på stasjonen var dominert av krepsdyret *Diastylis rathkei*, som med 81 individer utgjorde 69,2 prosent av det totale antallet. For øvrig ble det funnet bare børstemark samt én art av bløtdyr.

I prøvene fra fjernsonestasjonen Set 3 fant man totalt ti arter med til sammen 85 individer. Her er det knyttet et avvik til prøven, og det ble funnet ett individ av en art som normalt ikke hører hjemme på slike lokaliteter og som sannsynligvis er forurensning fra et annet prosjekt. Dette påvirker imidlertid ikke resultatene i en slik grad at det endrer noen av tilstandsklassene. Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ) ble beregnet til 1,40 og Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ) fikk en verdi på 6,0. Den sammensatte indeksen NQII får verdien 0,48. Alle indeksene havner i tilstandsklasse IV – Dårlig. De dårlige forholdene støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene, som indikerer moderate forstyrrelser. Også her var det krepsdyret *Diastylis rathkei* som dominerte, med 62 individer og 72,9 prosent av totalen.

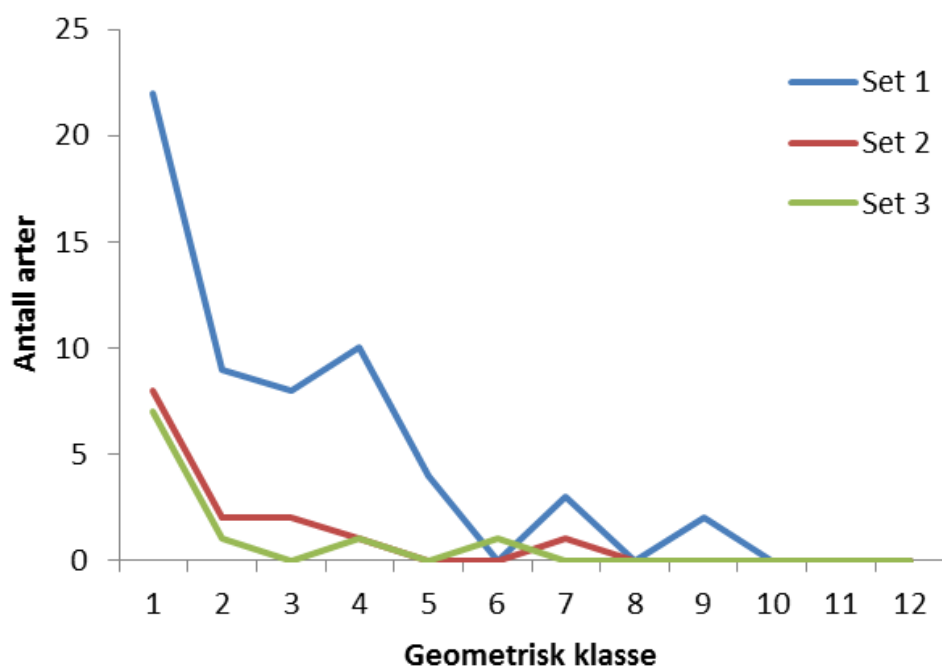
De multivariate analysene viser at det var 70 prosent likhet mellom huggene på stasjon Set 1. Set 2 og Set 3, som er tatt på samme dybde, er relativt like hverandre, og her blir Set 2.2 og Set 3.2 gruppert sammen, med en likhet på 53 prosent, mens Set 2.3 og Set 3.3 har en likhet på 48 prosent. Set 1, som ligger på et annet dyp, skiller seg markant fra de to andre med en likhet på omkring 20 prosent (Figur 3.4 og 3.5).

**Tabell 3.4:** Antall individer, arter, diversitet ( $H'$  og  $ES_{100}$ ), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og den sammensatte indeksen for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) for hver enkelt prøve, 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.

Stasjon	Hugg	Antall arter	Antall individer	Diversitet ( $H'$ )	NQI1	ES100	TK	AMBI	Jevnhet (J)	H'-max	MOM TK
Set 1	2	45	502	3,78	0,75	24,06		1,80	0,69	5,49	
Set 1	3	46	826	2,89	0,80	15,92		0,99	0,52	5,52	
Sum		58	1328	3,42		20,05			0,58	5,86	1
<b>Snitt</b>		<b>45,5</b>	<b>664</b>	<b>3,33</b>	<b>0,78</b>	<b>19,99</b>		<b>1,40</b>	<b>0,61</b>	<b>5,51</b>	
Set 2	2	4	21	0,82	0,49	4,00		2,79	0,41	2,00	
Set 2	3	12	96	1,92	0,57	12,00		3,08	0,54	3,58	
Sum		14	117	1,85		12,83			0,49	3,81	2
<b>Snitt</b>		<b>8</b>	<b>58,5</b>	<b>1,37</b>	<b>0,54</b>	<b>8,00</b>	<b>III-IV</b>	<b>2,93</b>	<b>0,47</b>	<b>2,79</b>	
Set 3	2	8	74	1,30	0,52	8,00		3,20	0,43	3,00	
Set 3	3*	4	11	1,49	0,45	4,00		3,55	0,75	2,00	
Sum		10	85	1,42		10,00			0,43	3,32	
<b>Snitt</b>		<b>6</b>	<b>42,5</b>	<b>1,40</b>	<b>0,48</b>	<b>6,00</b>	<b>IV</b>	<b>3,37</b>	<b>0,59</b>	<b>2,50</b>	

\*Avvik.

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



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

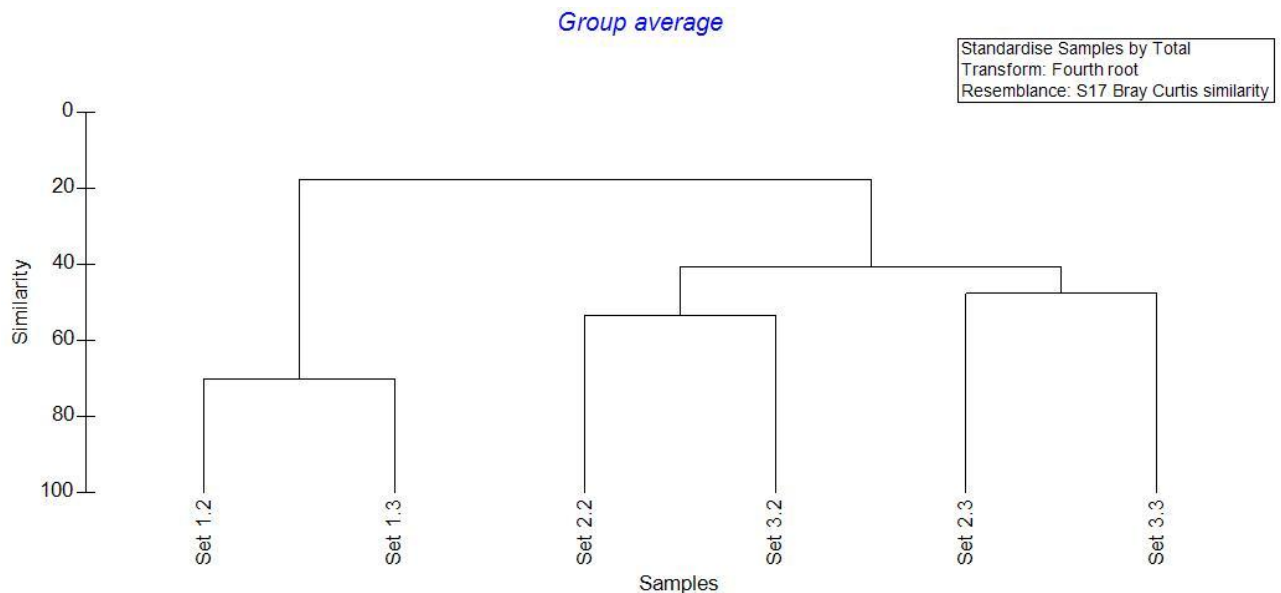
**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene på stasjonene Set 1, Set 2 og Set 3. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prosent av antall individer og kumulativ prosent av antall individer for stasjonene.

Set 1	Antall individer	%	Kum. %	Set 2	Antall individer	%	Kum. %
<i>Owenia sp.</i>	434	32,7	32,7	<i>Diastylis rathkei</i>	81	69,2	69,2
<i>Maldane sarsi</i>	296	22,3	55,0	<i>Capitella capitata</i>	10	8,5	77,8
<i>Galathowenia oculata</i>	124	9,3	64,3	<i>Owenia sp.</i>	7	6,0	83,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	98	7,4	71,7	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	5	4,3	88,0
<i>Chaetozone sp.</i>	87	6,6	78,2	<i>Chaetozone sp.</i>	3	2,6	90,6
<i>Euchone sp.</i>	29	2,2	80,4	<i>Phyllodoce mucosa</i>	3	2,6	93,2
<i>Levinsenia gracilis</i>	25	1,9	82,3	<i>Galathowenia oculata</i>	1	0,9	94,0
<i>Thyasira sarsi</i>	19	1,4	83,7	<i>Euchone sp.</i>	1	0,9	94,9
<i>Mediomastus fragilis</i>	18	1,4	85,1	<i>Phyllodoce maculata</i>	1	0,9	95,7
<i>Diastylis rathkei</i>	15	1,1	86,2	<i>Goniada maculata</i>	1	0,9	96,6
				<i>Gattyana cirrhosa</i>	1	0,9	97,4
				<i>Astarte montagui</i>	1	0,9	98,3
				<i>Bylgides sp.</i>	1	0,9	99,1
				<i>Spio sp.</i>	1	0,9	100,0

\*Avvik. Hører trolig ikke hjemme i prøven



**Figur 3.4:** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt i 2013. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



**Figur 3.5:** Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2013. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.



#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved utlippet til settefiskanlegget Setran i Brattjerfjorden, Osen kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 22. august, 2013. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én like ved utslippet, men noe dypere, én i overgangssonen og én i dypet av fjorden.

Sedimentet var dominert av fint materiale, leire og silt, på alle tre stasjonene. Minst andel av leire og silt var det på Set 1, med 81,0 %, og størst andel på dypstasjonen Set 3 med 95,5 %. Den resterende andelen sediment besto nesten utelukkende av sand på alle tre stasjonene.

Oksygenforholdene ved bunnen på Set 3 ble målt til 3,35 ml/l som tilsvarer tilstandsklasse III – moderat. Da miljøovervåkingen av Brattjerfjorden omfatter måling av CTD over mange måneder, har vi åtte målinger fra april til desember, og disse viser at oksygenforholdene varierer sterkt over året, fra meget gode på vår og forsommer til dårlige og meget dårlige på sensommer og høst. For vinteren har vi ingen data. Meget dårlige forhold i deler av året har sterk betydning for faunaen i sedimentet, da lave oksygenkonsentrasjoner vil utelukke tilstedeværelsen av en rekke arter. Selv om det er gode forhold i deler av året, vil fauna i stor grad være bestemt ut i fra de forholdene som råder når det er lite oksygen.

Analysen av tungmetallene ga verdier i beste tilstandsklasse for både sink og kobber for alle tre stasjonene. Likeledes var fosforverdiene relativt lave for Set 2 og Set 3, men litt forhøyet på nærstasjonen. TOC-verdiene var litt forhøyet på Set 1, mens glødetapet der var normalt lavt. Dette indikerer litt organisk materiale i sedimentet på nærstasjonen Set 1. I dypet av fjorden, på Set 2 og Set 3 var TOC nivået mye forhøyet med resultater i henholdsvis tilstandsklasse V- Svært dårlig og IV - Dårlig. TOC-klassifiseringen er imidlertid ikke tilpasset forholdene i norske fjorder (Aure *et al*, 1993). Det organiske innholdet i sedimentet målt som glødetap varierte fra 5,3 til 10,9 %, og indikerer at sedimentet på mellomstasjonen og fjernstasjonen inneholder moderate mengder med organisk materiale.

Måling av pH og Eh ga henholdsvis TK 2 på Set 1 og Set 3, mens Set 2 fikk TK 3. Dette indikerer noe dårlige oksygenforhold og sannsynligvis noe organisk materiale i sedimentet.

Dette samsvarer og med oksygenmålingene som er gjennomført, samt TOC og glødetapsverdiene.

Analysene av bunnfaunaen ga miljøtilstand 1 (meget god) etter MOM-standarden for nærstasjonen Set 1. Ved stasjon Set 2 i overgangssonen ga fauna-analysen tilstandsklasse III – Moderat til tilstandsklasse IV- Dårlig, mens resultatene fra fjernsonestasjonen Set 3 havnet i tilstandsklasse IV. De dårlige forholdene støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene, som indikerer moderate forstyrrelser.

Totalt sett viser denne undersøkelsen at det er gode, men noe påvirkede forhold ved nærstasjonen Set1. I hovedsak er det fauna-sammensetningen, noe forhøyede fosforverdier, samt noe lav Eh som indikerer en viss påvirkning av organisk materiale ved denne stasjonen. Ved overgangssonen Set 2 og fjernsonen Set 3 er forholdene mindre gode til dårlige, da fauna viser moderat til mye påvirkning, og glødetapet og TOC viser et forhøyet organisk innhold i sedimentet. Det var relativt dårlige oksygenforhold ved undersøkelsestidspunktet.

Analyseresultatene fra denne MOM-C undersøkelsen viser at sedimentet i Brattjerfjorden er til dels mye påvirket av dårlige forhold, som lite oksygen og en mengde organisk materiale som fauna har noe problemer med å håndtere. Dette skyldes trolig flere faktorer. Fjorden har en terskel som med stor sannsynlighet bidrar til liten utskifting av bunnvannet og dermed lite oksygen ved bunnen. Videre vil tilsig fra elv og evt. jordbruk påvirke mengden av organisk materiale. Utslipet fra settefiskanlegget er ikke renset og er sannsynligvis også en medvirkende årsak til bunnforholdene i undersøkelsesområdet. Siden utslippet har blitt brukt i mange år, er det grunn til å tro at forholdene ikke vil endre seg vesentlig så lenge utslipp og andre miljøfaktorer holder seg relativt uendret fremover. Med økt tilførsel av organisk materiale eller andre forurensende elementer er det sannsynlig at forholdene vil forverre seg.

Fremtidige MOM-C undersøkelser vil gi svar på utviklingen av bunnforholdene i Brattjerfjorden.

## **5 TAKK**

På toktet deltok Christian Bøe fra Havbrukstjenesten AS, mens Asgeir Østvik har tatt de fleste målingene for CTD. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten og bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Frøydis Lygre og Lenka Nealova, 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.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 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. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

## 7 VEDLEGG

<b><u>Generell vedleggsdel</u></b> .....	26
<b><u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</u></b> .....	35
<b><u>Vedleggstabell 2. Prøverapport Artsliste</u></b> .....	37
<b><u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u></b> .....	40
<b><u>Vedleggstabell 4. Analysebevis kjemi</u></b> .....	41
<b><u>Vedleggstabell 4. Analysebevis geologi</u></b> .....	42
<b><u>Vedleggstabell 5. CTD- data</u></b> .....	44

## Generell vedleggsdel

### Analyse av bunndyrsdata

#### Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 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

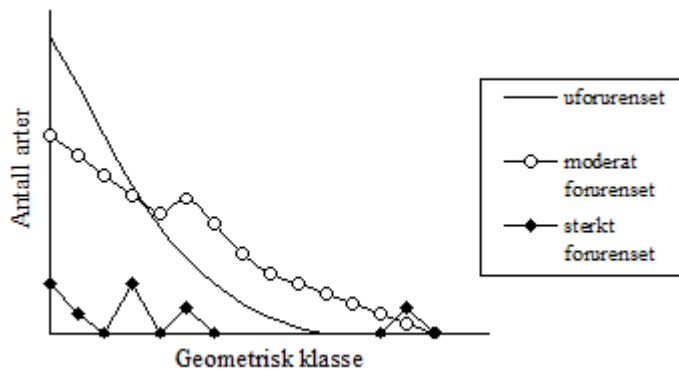
På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, 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 et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små toppe og nullverdier (Figur v1)

**Tabell v1.** Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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





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

### Univariate metoder

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

### Diversitet.

**Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ )** beskrives ved artsmangfoldet ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

der:  $p_i = n_i/N$ ,  $n_i$  = antall individer av art  $i$ ,  $N$  = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og  $S$  = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensete stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter,  $H'_{\max}$  ( $= \log_2 S$ ), er det mulig å uttrykke jevnheten ( $J$ ) i prøven på følgende måte:

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

der:  $H'$  = Shannon Wiener indeks og  $H'_{\max}$  = diversitet dersom alle arter har likt individantall.

Dersom  $H' = H'_{\max}$  er  $J$  maksimal og får verdien en.  $J$  har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

**Hurlbert diversitetsindeks  $ES(100)$**  er beskrevet som:

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

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

**Diversitetsindekse SN** er beskrevet som:

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

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

### Ømfintlighet

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

### Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

### Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten ( $H'$ ) og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) samt gjennomsnitt og sum som klassifiserer stasjonen etter veileder 02:2013. Diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen kan sammenlignes med historiske data rapportert i henhold til Molvær et al. 1997. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (Svært god) til V (Svært 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 organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna. Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

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

### Multivariate analyser

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

### Klassifikasjon og ordinasjon

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

trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulike prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

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

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

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

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

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor:  $\hat{d}_{jk}$  = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten  $d_{jk}$  gitt som:

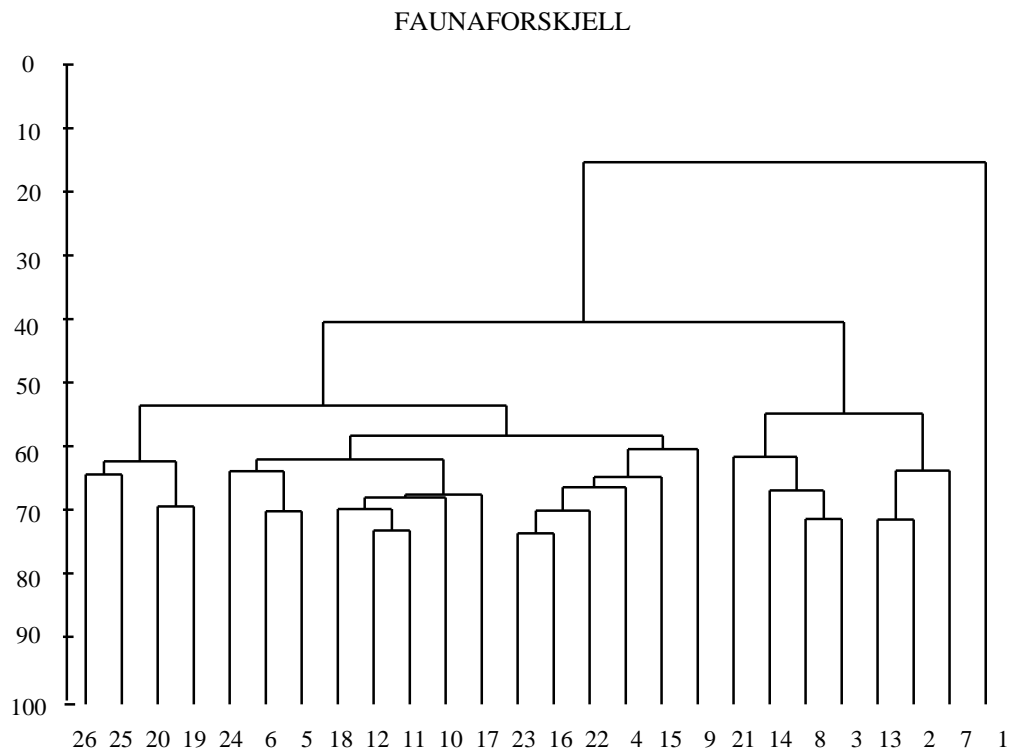
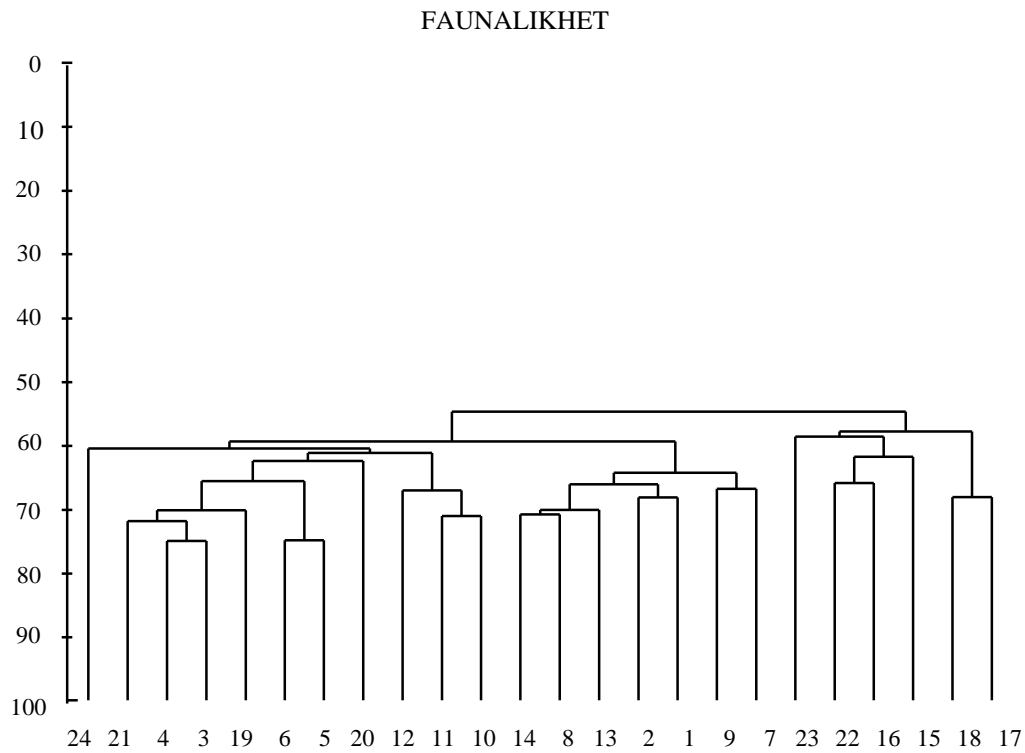
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

### **Dataprogrammer**

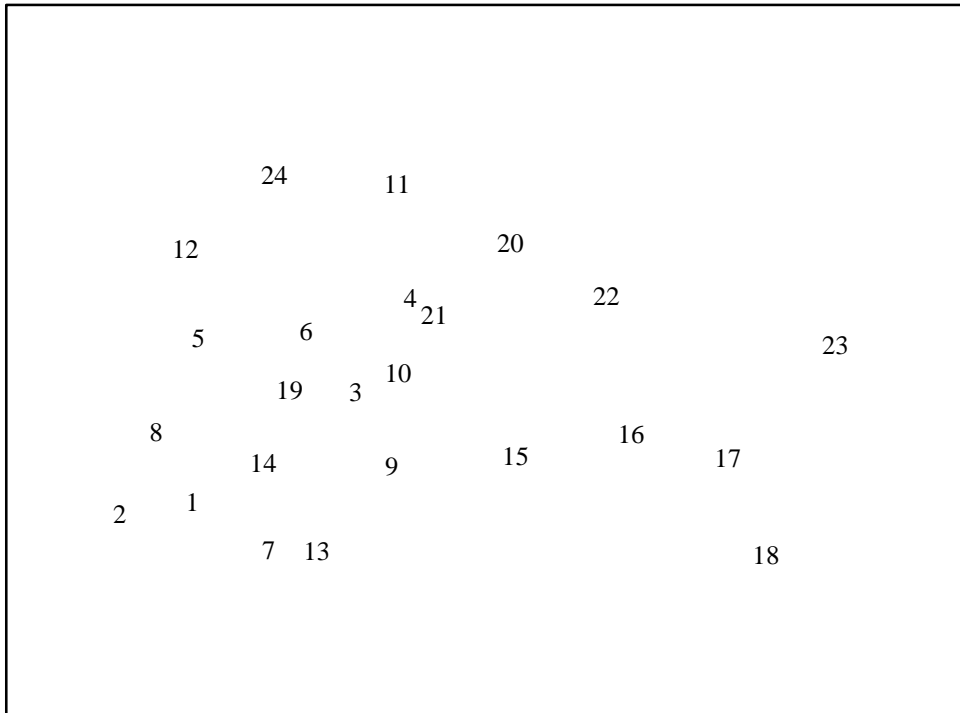
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

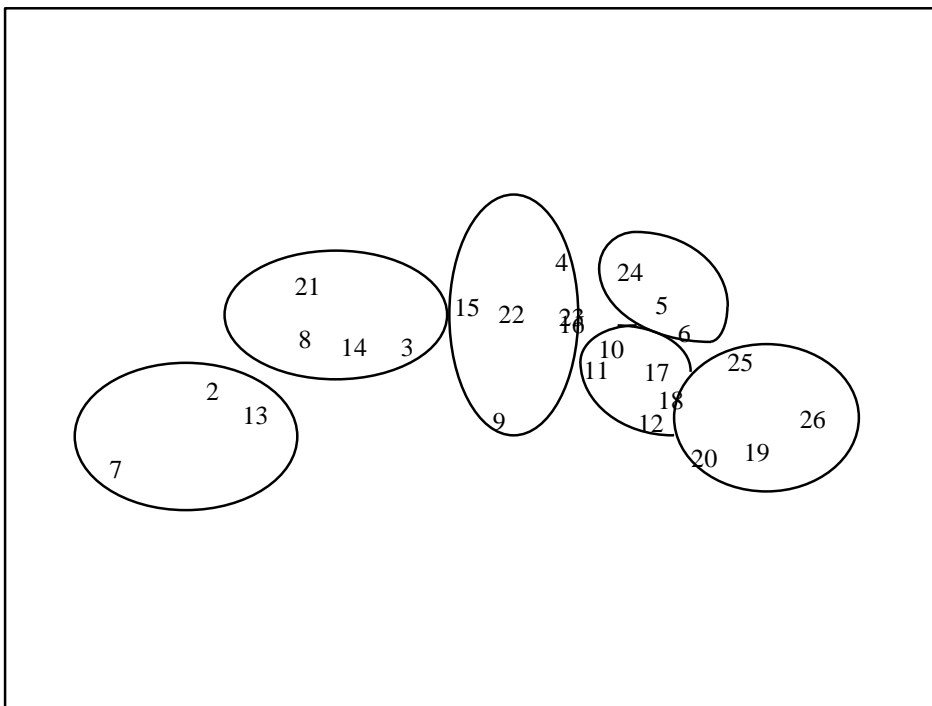


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.



**Vedleggstabell 1. MOM-B parameter**

PRØVESKJEMAET, B.1  
 Firma: SALPAK SETTEFISK AS      Date: 22/8-12      P.nr. 807541  
 Lokalitet: SETRAN      Lokalitetsnr:  
 Lokalitetstype: SETTEFISK

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr									Indeks	
			SET 1	SET 1	SET 1	SET 2	SET 2	SET 2	SET 3	SET 3	SET 3		
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
I	Tilstand (Gruppe I)												
II	pH	verdi	7.17			7.05			7.12				
	E <sub>h</sub> (mv)	verdi	-231			-306			-291				
		+ ref. verdi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur											#DIV/0!
	Tilstand, prøve												
	Tilstand, gruppe II												
			Buffer temp: pH sjø:			Temp sjø: Eh sjø:			Temp sediment: Ref. elektrode:				
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):												
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0	0								
		Brun/Sort = 2				1	1	1					
	Lukt	Ingen = 0	0	0	0								
		Noe = 2				1	1	1	1	1	1		
		Stærk = 4											
	Konsistens	Fast = 0											
		Myk = 2	2	2	2								
		Les = 4				3	3	3	3	3	3		
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0											
1/4 ≤ v < 3/4 = 1			1										
v ≥ 3/4 = 2		2		2	2	2	2	2	2	2			
Tykkelse på slamlag	0-2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2-8 cm = 1												
	1 ≥ 8 cm = 2												
	SUM		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Korrigert sum (*0,22)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
	Tilstand prøve												
	Tilstand gruppe III												
	Middeilverdi gruppe II og III		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Tilstand gruppe II og III												
	pH/Eh Korr. sum Indeks Middeilverdi	Tilstand	Tilstand			Lokalitetstilstand							
			Gruppe I	Gruppe II og III		Lokalitetstilstand							
			A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4							
			4	1, 2, 3		1, 2, 3							
			4	4		4							
	LOKALITETSTILSTAND											0	

Korrekturlest: 23/8-12      [Signature]      \_\_\_\_\_  
 dtm      Sinn      Sinn

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: *SALMAR SETTEFISK AS*

Dato: *22/8-13*

Lokalitet: *SETRAN*

Lokalitetsnr: *P. nr. 807541*

Lokalitetstype: *SETTEFISK*

Prøvetaksingssted (nr)	<i>SET 1</i>	<i>SET 1</i>	<i>SET 1</i>	<i>SET 2</i>	<i>SET 2</i>	<i>SET 2</i>	<i>SET 3</i>	<i>SET 3</i>	<i>SET 3</i>
Dyp (m)	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>	<i>40</i>
Antall forsøk	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Bobling (i prøve)	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
Primær-sediment	Grus								
	Skjellsand								
	Sand	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>					
	Mudder								
	Silt	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	Leire								
Fjellbunn									
Steinbunn									
Pigghuder, antall									
Krepsdyr, antall									
Skjell, antall									
Børstemark, antall	<i>~~~~~</i>								
Andre dyr, antall									
<i>Malacoceros fuliginosa</i>									
Beggiatoa									
Fôr									
Fekallier									
Kommentarer									

Korrekturlest: *23/8-13* *Kerac H.* \_\_\_\_\_  
 dato Sign. Sign.

## Vedleggstabell 2: Benthos artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

## BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



**Oppdragsgiver (navn og adresse):** SalMar Settefisk AS, c/o SalMar AS  
7266 Kverva

**Prosjekt nr.:** 807541

**Prøvetakingssted (område):** Setran, Osen kommune, Sør Trøndelag

**Dato for prøvetaking:** 22.08.2013

**Ansvarlig for prøvetaking (firma):** Havbrukstjenesten AS

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet:** Det ble funnet ett individ av Spiophanes bombyx på Set 3. Denne arten er vanligvis sterkt assosiert med sand og finnes normalt ikke sammen med de øvrige artene på Set 3. Individet er trolig en forurensning fra et annet prosjekt.

**Artene er identifisert av:** Frøydis Lygre, Tom Alvestad og Lenka Nealova

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

#### Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

#### Andre opplysninger:

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

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

Signatur:   
Godkjent taksonom

## SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 1/2	Stasjon	Set 1	Set 1	Set 2	Set 2	Set 3	Set 3
	Dato	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013
	Dybde	25 m	25 m	40 m	40 m	40 m	40 m
Art	Hugg	2	3	2	3	2	3*
<b>ANTHOZOA</b>							
	<i>Actinaria</i> indet.		1				
	<i>Cerianthus lloydii</i>	3	3				
	<i>Edwardsia</i> sp.	5	1				
<b>NEMERTINI</b>							
*	Nemertini indet.	27	11				
<b>NEMATODA</b>							
*	Nematoda indet.	1					
<b>POLYCHAETA</b>							
	<i>Amphitrite cirrata</i>	1	1				
	<i>Arenicola marina</i>					0/1	
	<i>Bylgides</i> sp.	0/1			0/1	0/1	
	<i>Capitella capitata</i>				10		0/1
	<i>Chaetozone</i> sp.	49	38		3	12	2
	<i>Cossura longocirrata</i>	1					
	<i>Eteone</i> sp.	2	2				
	<i>Euchone</i> sp.	24	5		1		
	<i>Galathowenia oculata</i>	70	54		1		
	<i>Gattyana cirrhosa</i>	0/2			0/1		
	<i>Glycera alba</i>	8	3				
	<i>Goniada maculata</i>	5	3		1		
	<i>Heteromastus filiformis</i>	1					
	<i>Levinsenia gracilis</i>	21	4				
	<i>Lumbriclymene cylindrica</i>	1					
	<i>Maldane sarsi</i>	18	278				
	<i>Mediomastus fragilis</i>	10	8				
	<i>Melinna cristata</i>	1	4				
	<i>Neoamphitrite grayi</i>	2	4				
	<i>Nephtys ciliata</i>	1					
	<i>Nephtys paradoxa</i>		1				
	<i>Nicomache lumbricalis</i>		1				
	<i>Ophiodromus flexuosus</i>	1	2				
	<i>Owenia</i> sp.	166	268		7		
	<i>Paradoneis</i> sp.	1	7				
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	22	76		5		
	<i>Pectinaria koreni</i>	7	4				
	<i>Pherusa plumosa</i>	1					
	<i>Pholoe assimilis</i>		1				
	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	0/3	0/4			0/2	
	<i>Phyllodoce maculata</i>	3	9	1		0/1	
	<i>Phyllodoce mucosa</i>			1	2	0/1	
	<i>Polydora</i> sp.		1				

## SAM-Marin og Havbrukstjenesten

s. 2/2	Stasjon	Set 1	Set 1	Set 2	Set 2	Set 3	Set 3
	Dato	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013	22.08.2013
	Dybde	25 m	25 m	40 m	40 m	40 m	40 m
Art	Hugg	2	3	2	3	2	3*
<i>Polyphysia crassa</i>		1					
<i>Praxillella gracilis</i>		3					
<i>Proclea grafi</i>			1				
<i>Rhodine gracilior</i>		12	2				
Sabellidae indet.		1					
<i>Sabellides borealis</i>		7	3				
<i>Scoloplos armiger</i>		8	1				
<i>Spio</i> sp.					1		
<i>Spiophanes bombyx</i>							0/1
<i>Spiophanes kroyeri</i>		7	4				
Syllidae indet.		3	2				
<i>Terebellides stroemii</i>		3					
<b>SIPUNCULA</b>							
<i>Phascolion strombus</i>			1				
<b>CRUSTACEA</b>							
* Amphipoda indet.		2					
* <i>Calanus finmarchicus</i>		1					
<i>Diastylis rathkei</i>		8	7	18	63	55	7
<b>MOLLUSCA</b>							
<i>Arctica islandica</i>			1				
<i>Astarte montagui</i>		0/1	1	0/1			
Caudofoveata indet.		1	1				
<i>Delectopecten vitreus</i>			1				
<i>Ennucula tenuis</i>		4/1	1				
<i>Hiatella</i> sp.		1					
<i>Lacuna vincta</i>			1				
<i>Mya arenaria</i>			1				
<i>Odostomia</i> sp			1				
<i>Thyasira equalis</i>		2	1				
<i>Thyasira flexuosa</i>		1	1				
<i>Thyasira sarsi</i>		8	11				
<b>ECHINODERMATA</b>							
<i>Ophiocten affinis</i>			0/1				
<i>Ophiopholis aculeata</i>						0/1	
* <b>VARIA</b>		+					

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

<b>Geometriske klasser</b>	<b>Set 1</b>	<b>Set 2</b>	<b>Set 3</b>
I	22	8	7
II	9	2	1
III	8	2	0
IV	10	1	1
V	4	0	0
VI	0	0	1
VII	3	1	0
VIII	0	0	0
IX	2	0	0
X	0	0	0
XI	0	0	0
XII	0	0	0

## Vedleggstabell 4. 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-13-MX-002386-01



EUNOBE-00007874

Prøvemottak: 18.09.2013  
Temperatur:  
Analyseperiode: 18.09.2013-01.10.2013  
Referanse: 807541/99/13

## ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 1100	mg/kg tv	a) 950	mg/kg tv	a) 890	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 13	mg/kg tv	a) 26	mg/kg tv	a) 27	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 58	mg/kg tv	a) 97	mg/kg tv	a) 110	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 18	mg/g tv	a) 42	mg/g tv	a) 40	mg/g tv	EN 13137	0,1
Total tørrstoff		a) 56,4	% (w/w)	a) 39,4	% (w/w)	a) 42,4	% (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 01.10.2013

*Helene L. Botnevik*

Helene Lillethun Botnevik

Kvalitesleder/avd.leder mikro

Tegnforklaring:

\* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, nd : Ikke påvist, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Uncertainty of Measurement, LOQ : 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 5. 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		
		<b>RAPPORT</b>  <b>Analyse av sediment</b>		
Kunde: Uni Research AS Att: Kristin Hatlen Sentralt fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 51826	Antall sider + bilag: 2	
		Rapport referanse: KR-17613	Dato: 24.09.2013	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr. / ref.: 611101	Utført: Terje Kolberg	Ansvarlig signatur: Terje Kolberg 	

Prøver mottatt dato: 18.09.2013

## RESULTATER

Prøve merket:			807541/ 3/13 SET 1	807541/ 3/13 SET 2	807541/ 3/13 SET 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA- 082879	KA- 082880	KA- 082881		
TOM (550 oC)	%	23.09.13	5,26	9,92	10,9		

## Kornfordeling

Analysedato: 19.09.13

SET 1		KA- 082879					
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
>2000	-1	0,08	0,9	0,9	MdΦ	Silt og leire	81,0
1000	0	0,02	0,2	1,2	5,53	Sand	18,1
500	1	0,03	0,3	1,5		Grus	0,9
355	1,5	0,01	0,1	1,6	SdΦ		
250	2	0,02	0,2	1,9	1,55		
180	2,5	0,07	0,8	2,7			
125	3	0,16	1,9	4,5	SkΦ		
90	3,5	0,32	3,7	8,2	-0,02		
63	4	0,93	10,8	19,0			
<63	8	7,00	81,0	100,0	KΦ		
		8,64	100,0		0,78		

Prøveresultatene 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.



SET 2		KA-082880							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
>2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md $\Phi$	Silt og leire		90,9	
1000	0	0,02	0,4	0,4	5,80	Sand		9,1	
500	1	0,01	0,2	0,6		Grus		0,0	
355	1,5	0,02	0,4	1,0	Sd $\Phi$				
250	2	0,01	0,2	1,2	1,38				
180	2,5	0,02	0,4	1,6					
125	3	0,05	1,0	2,6	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,08	1,6	4,2	-0,03				
63	4	0,25	5,0	9,1					
<63	8	4,59	90,9	100,0	K $\Phi$				
		5,05	100,0		0,78				

SET 3		KA-082881							
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
>2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md $\Phi$	Silt og leire		95,5	
1000	0	0,02	0,3	0,3	5,91	Sand		4,5	
500	1	0,01	0,2	0,5		Grus		0,0	
355	1,5	0,01	0,2	0,7	Sd $\Phi$				
250	2	0,01	0,2	0,9	1,28				
180	2,5	0,03	0,5	1,4					
125	3	0,03	0,5	1,9	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,04	0,7	2,6	0,00				
63	4	0,11	1,9	4,5					
<63	8	5,49	95,5	100,0	K $\Phi$				
		5,75	100,0		0,74				

### ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediteringsstatus	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjonsgrense	Enhet
TOM (550 °C)	NS-4764	A	20	0,30	%
Kornfordeling	NS-9423	A	10	-	%

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

### ANMERKNINGER

Prøveresultatene 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.

## Vedleggstabell 6. CTD- data

MiniSoft SD200W Test Build - STDOXOF - C:\Users\Rune\Desktop\std200w\STD 29.08.13 Oterneset

File View Display Util Help

SD204, Serial No 1053

Ser	Meas	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	F (µg/l)	Density	Press	Date	Time
14	2351	29.78	12.132	97.74	8.76	2.20	22.518	0.70	22.Aug-13	07:16:29
14	2352	29.79	12.132	97.55	8.74	2.08	22.526	0.72	22.Aug-13	07:16:31
14	2353	29.73	12.133	97.64	8.75	1.98	22.479	0.70	22.Aug-13	07:16:33
14	2354	29.73	12.135	97.71	8.76	2.04	22.479	0.71	22.Aug-13	07:16:35
14	2355	29.75	12.137	97.61	8.75	1.96	22.494	0.70	22.Aug-13	07:16:37
14	2356	29.75	12.137	97.44	8.73	2.12	22.494	0.69	22.Aug-13	07:16:39
14	2357	29.79	12.140	88.27	7.91	2.11	22.527	1.18	22.Aug-13	07:16:41
14	2358	31.08	12.259	95.54	8.47	1.86	23.512	2.87	22.Aug-13	07:16:43
14	2359	32.24	12.344	95.77	8.41	1.57	24.404	4.76	22.Aug-13	07:16:45
14	2360	32.60	12.298	96.54	8.47	1.49	24.699	6.32	22.Aug-13	07:16:47
14	2361	32.75	12.213	98.28	8.63	1.37	24.839	8.09	22.Aug-13	07:16:49
14	2362	32.82	12.141	100.47	8.83	1.35	24.915	9.99	22.Aug-13	07:16:51
14	2363	32.95	11.690	101.62	9.02	1.40	25.109	11.82	22.Aug-13	07:16:53
14	2364	33.00	11.035	102.90	9.26	1.74	25.274	13.48	22.Aug-13	07:16:55
14	2365	33.11	10.485	103.72	9.44	1.75	25.466	15.71	22.Aug-13	07:16:57
14	2366	32.93	8.991	102.18	9.63	1.73	25.582	18.17	22.Aug-13	07:16:59
14	2367	33.14	6.952	98.58	9.73	1.24	26.053	20.14	22.Aug-13	07:17:01
14	2368	32.96	5.855	94.28	9.57	0.85	26.061	22.20	22.Aug-13	07:17:03
14	2369	32.93	5.383	89.33	9.17	0.73	26.104	24.41	22.Aug-13	07:17:05
14	2370	32.98	5.143	83.17	8.59	0.39	26.181	26.55	22.Aug-13	07:17:07
14	2371	33.01	4.993	77.05	7.98	0.36	26.232	28.65	22.Aug-13	07:17:09
14	2372	32.98	4.943	70.44	7.31	0.38	26.222	30.44	22.Aug-13	07:17:11
14	2373	32.99	4.886	64.92	6.75	0.28	26.244	32.18	22.Aug-13	07:17:13
14	2374	32.98	4.815	60.48	6.30	0.26	26.252	33.93	22.Aug-13	07:17:15
14	2375	33.00	4.772	56.52	5.89	0.25	26.280	35.42	22.Aug-13	07:17:17
14	2376	33.01	4.741	52.69	5.49	0.23	26.299	37.04	22.Aug-13	07:17:19
14	2377	32.99	4.720	48.91	5.10	0.38	26.292	38.54	22.Aug-13	07:17:21
14	2378	33.01	4.718	45.64	4.76	0.61	26.311	39.20	22.Aug-13	07:17:23
14	2379	33.01	4.709	43.26	4.51	0.32	26.312	39.24	22.Aug-13	07:17:25
14	2380	32.98	4.711	41.22	4.30	0.38	26.288	39.15	22.Aug-13	07:17:27
14	2381	33.00	4.710	40.02	4.18	0.37	26.304	39.08	22.Aug-13	07:17:29
14	2382	33.00	4.704	39.30	4.10	0.36	26.303	38.81	22.Aug-13	07:17:31
14	2383	33.00	4.705	38.75	4.04	0.31	26.302	38.55	22.Aug-13	07:17:33
14	2384	32.99	4.709	38.33	4.00	0.29	26.292	38.21	22.Aug-13	07:17:35
14	2385	32.98	4.709	38.12	3.98	0.32	26.282	37.74	22.Aug-13	07:17:37
14	2386	32.98	4.710	37.96	3.96	0.38	26.279	37.26	22.Aug-13	07:17:39
14	2387	32.99	4.711	37.89	3.95	0.25	26.285	36.79	22.Aug-13	07:17:41
14	2388	33.00	4.711	38.21	3.99	0.28	26.291	36.34	22.Aug-13	07:17:43
14	2389	32.99	4.721	38.38	4.00	0.28	26.280	35.86	22.Aug-13	07:17:45
14	2390	32.98	4.730	38.49	4.02	0.30	26.268	35.40	22.Aug-13	07:17:47
14	2391	32.97	4.735	38.74	4.04	0.49	26.258	34.95	22.Aug-13	07:17:49
14	2392	32.98	4.750	38.99	4.07	0.28	26.262	34.50	22.Aug-13	07:17:51
14	2393	32.99	4.749	39.47	4.12	0.23	26.268	34.05	22.Aug-13	07:17:53