

SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 17– 2014

***MOM C-undersøkelse fra lokalitet Sørebø i Høyanger kommune,
2013***



**Torben Lode
Einar Bye-Ingebrigtsen
Trond Einar Isaksen
Per Johannessen**



ID: 10723 Versjonsnr: 003

**SF506-Utforming av sammendrag
SAM e-rapport****Uni Miljø - Sam Marin**

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 19.05.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 19.05.2014 (Øydis Alme)

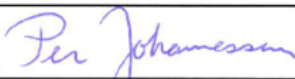

	SAM-Marin	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Sørebo i Høyanger kommune, 2013	Dato: 18.12.2013
	Antall sider og bilag: 42
Forfatter(e): Torben Lode, Einar Bye-Ingebrigtsen, Trond Einar Isaksen og Per Johannessen	Prosjektleder: Trond E. Isaksen
	Prosjektnummer: 808200
Oppdragsgiver: Osland Settefisk AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the land-based aquaculture smolt-facility Sørebo on its surrounding environment and recipient Øystrebøvatnet. In general conditions were poor with respect to most parameters surveyed, and in two of the three investigated areas no macro-fauna (> 1 mm) were found. While wastewater from the facility itself must be considered one part of the answer to conditions found, the natural condition of the recipient and its surrounding area is likely to impact to a great extent. The enclosed fjord into which facility wastewater emits is connected to Fuglesetfjorden via a shallow and narrow outlet, thus restricting water exchange and causing anoxic conditions in deeper parts of Øystrebøvatnet. A large terrestrial impact area further ensures high input of nutrients from drainage water.

Keywords: Marine, environment, MOM C-survey, recipient	Emneord: Marin, miljø, MOM C-undersøkelse, resipient
--	--

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 17-2014

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger: Per Johannessen	27/5-2014	
Prosjektet / undersøkelsen: Trond Einar Isaksen	27/5 - 2014	

ID: 10723 Versjonsnr: 003

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

Uni Miljø - Sam Marin

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 19.05.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 19.05.2014 (Øydis Alme)

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: Frøydis Lygre og Torben Lode (opplæring)
Litoralundersøkelse utført av: -
Sortering av sediment utført av: Natalia Korableva, Nargis Islam og Ragna Tveiten
Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad
Faglige vurderinger og fortolkninger utført av: Per Johannessen

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Polarcirkelbåt (Osland Settefisk AS)

Kjemiske analyser utført av: Eurofins AS akkrediteringsnummer Test 003

Akkreditert: Sink, kobber, fosfor, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

Geologiske analyser utført av: Molab AS akkrediteringsnummer Test 032

Akkreditert: TOM, korfordeling

Ikke akkreditert: -

Andre: -

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget.....	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	17
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	21
5 TAKK.....	23
6 LITTERATUR	24
7 Vedlegg	25
<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata</i>	<i>26</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre.....</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	<i>36</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	<i>38</i>
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	<i>39</i>
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	<i>42</i>

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra Osland Settefisk AS sin settefisklokalitet Sørebø (lokalitetsnr. 12177) ved Øystrebøvatnet i Høyanger kommune. Innsamlingene ble gjennomført 18. desember 2013.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Sørebø. 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 (SFT 97:03 og TA 2229/2007), Vanddirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410:2007).

Undersøkelsen er utført av Uni Research Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del (SAM-Marin) på oppdrag fra Osland Settefisk AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten er et landbasert settefiskanlegg i sørenden av Øystrebøvatnet, øst for Fuglsetfjorden i Høyanger kommune (Figur 2.1 og 2.2). Plassering av anleggets utslippspunkt er angitt i Figur 2.3. Resipienten for utslipp er en relativt grunn brakkvannspoll med begrensede muligheter for vannutskifting gjennom kanalen ytterst mot Fuglsetfjorden. Bunnen i området for prøvetakning måler fra 11 m til 41 m dyp. Typisk for slike poller er opphopning av tungt og salt vann på dyp under innløpsterskelen, med ferskere vannlag øverst. Vannlag over terskelen vil ha god utskiftning av vannmasser, mens de dypere vannlagene kun får begrenset utskiftning gjennom noe innstrømning av tidevann. Utskiftning av vannsøylen i slike poller er svært begrenset og vil avhenge av tykkelsen av de øvre vannlagene, som igjen varierer med årstider og nedbørsmengder. Ofte vil det i løpet av vinteren forekomme en periode hvor hele eller deler av dypvannet i pollen fornyes gjennom innstrømning over terskelen av saltere og tyngre vann. Frem mot slike utskiftningsperioder vil vannkvaliteten i dyplaget gradvis forverres grunnet nedbryteraktivitet og mangel på fornying av oksygen. Ofte dannes det da giftig hydrogensulfid som resultat av de anoksiske forholdene som oppstår.

Det omkringliggende området rundt Øystrebøvatnet preges av fjell og dalstrek og utgjør samlet et nedslagsfelt med potensielt høy tilførsel av organisk materiale.

Lokaliteten ble sist undersøkt i september 2008 og undersøkelsen konkluderte da med at området totalt sett var å karakterisere som belastet (Aqua Management AS, 2008)

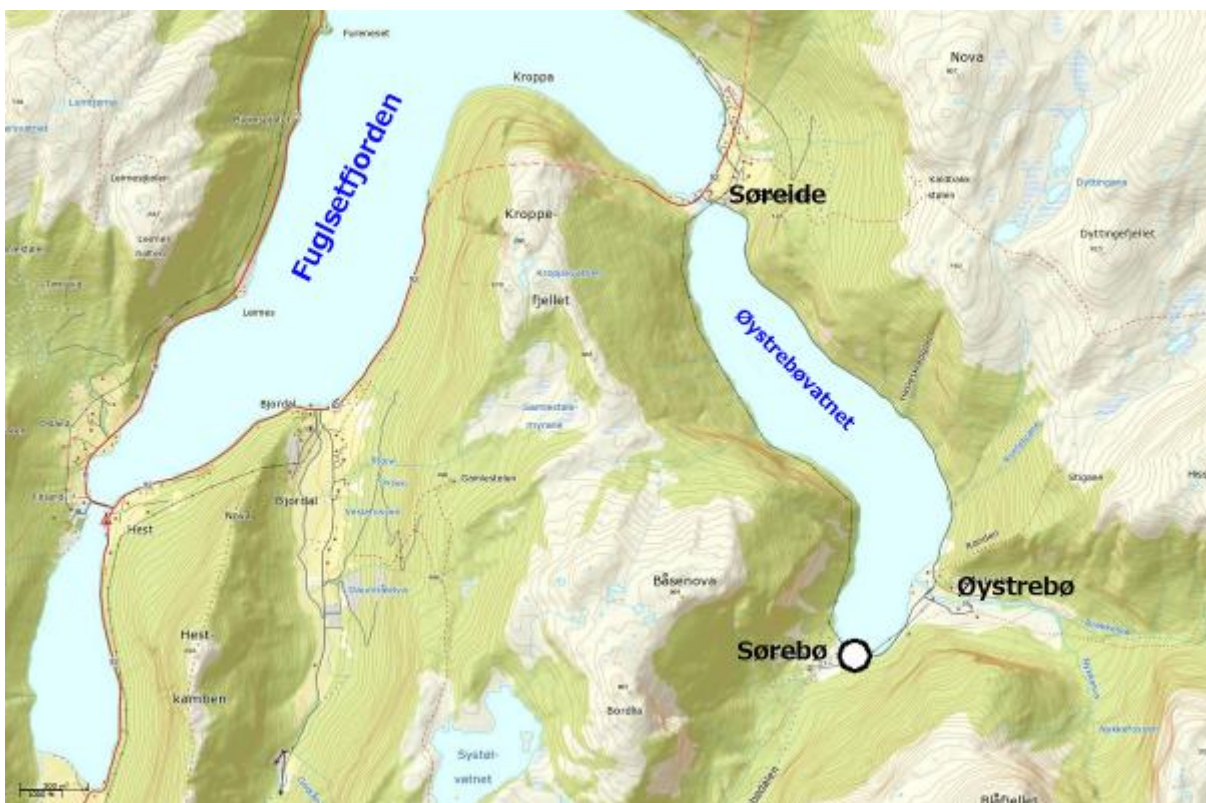
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 18. desember, 2013. Det ble tatt prøver fra tre stasjoner i en gradientlinje ut fra anlegget. En stasjon plassert i nærsone like ved anleggets utslippspunkt (St. 1), en stasjon i overgangssone (St.2), og en stasjon lengst vekk fra anlegget, fjernsone, ut mot dypet av resipienten (St.3). Undersøkelsen ble gjennomført av Frøydis Lygre og Torben Lode fra SAM-Marin. Ved prøvetaking av marin bløtbunn bør man iht. NS-EN ISO 16665:2014 ha en treffsikkerhet på maksimalt 20 meter fra angitt punkt for prøvetakingen. Tross noe drift ved innsamling av prøvene, spesielt ved nærsone, er prøvetakingen fortsatt utført innenfor dette kravet.

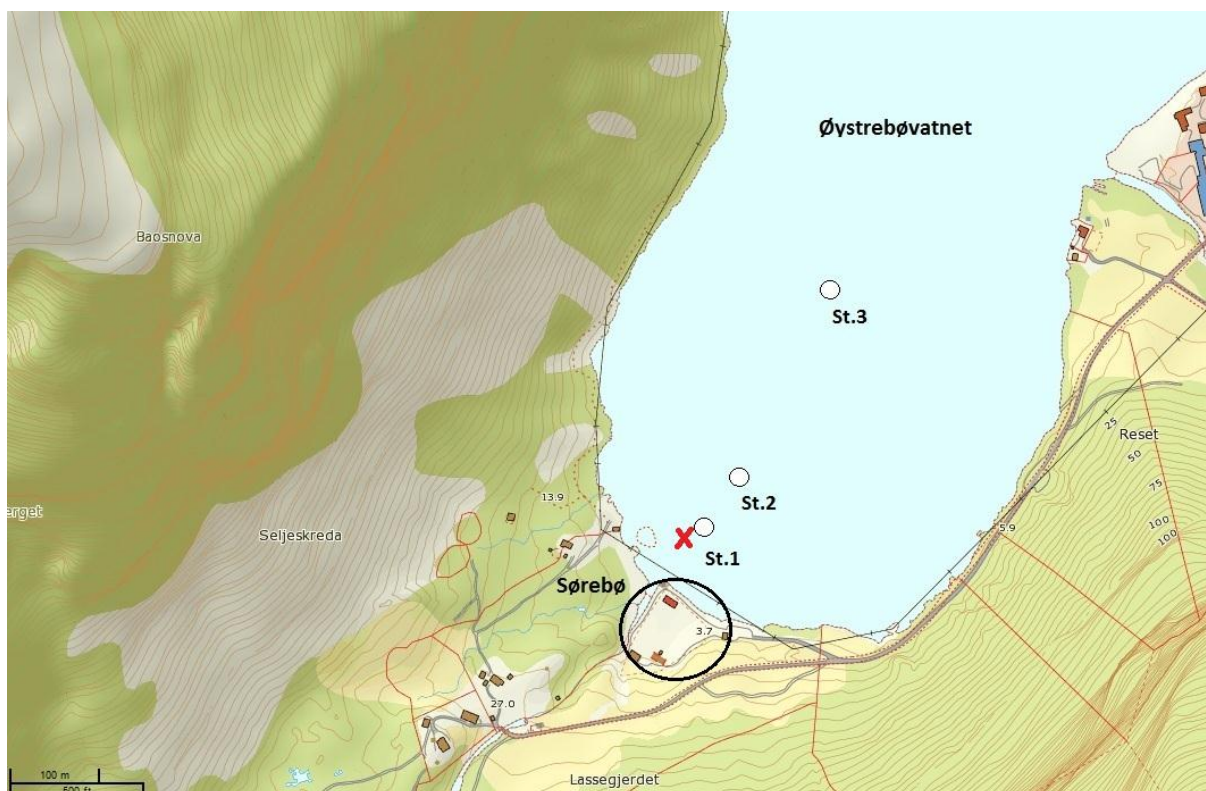
Det ble tatt vannprøver for hydrografi ved alle 3 undersøkelsesstasjonene (St.1, St.2, og St.3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktskart over ytre Sognefjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Sørebø. Kartkilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 2.2: Utsnitt av nærområdet til lokalitet Sørebø. Anleggets plassering er angitt ved hvit sirkel. Kartkilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 2.3: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjoner tegnet inn. Anleggets plassering er markert med en sirkel, plassering av utslippspunkt er markert med rødt kryss (61.06645N, 5.90564Ø). Eksakt plassering av stasjoner er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: norgeskart.no

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Øystrebøvatnet, ved lokalitet Sørebo. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. CTD. Det ble benyttet en håndholdt Van veen grabb med en åpning på 250 cm², hvor samleprøve fra 4 hugg utgjør prøveoverflate på 0.1m². Samlet prøvevolum er gitt i tabellen. Stasjonene St.1, St.2 og St.3 representerer de samme stasjonene som ble undersøkt i 2008 (St.1, St.2 og St.3).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsonne St.1 18.12.2013	61° 03.990 N 05° 54.366 Ø	11	1-2 3-6 7-10	6,75* 2,75*	Geologi, kjemi Biologi (blandprøve) Biologi (blandprøve) CTD m/oksygenmåler Brunt/svart sediment, sterk lukt, slam, noe organisk materiale
Overgangs- sone St.2 18.12.2013	61° 04.021 N 05° 54.400 Ø	23	1-2 3-6 7-10	11 12,2	Geologi, kjemi Biologi (blandprøve) Biologi (blandprøve) CTD m/oksygenmåler Brunt/svart sediment, sterk lukt, slam, forrester og fekalier, bobling
Fjernsone St.3 18.12.2013	61° 04.150 N 05° 54.492 Ø	41	1-2 3-6 7-10	13,2 13,2	Geologi, kjemi Biologi (blandprøve) Biologi (blandprøve) CTD m/oksygenmåler Brunt/grått sediment, silt og leire

*underkjent prøve for biologi iht. NS-EN ISO 16665:2014 grunnet sediment-volum.

I henhold til NS-EN ISO 16665:2014 må prøvetaking for biologi oppfylle krav med tanke på bitedybde ned i sedimentet. Ved bruk av håndholdt Van-veen grabb (0,025m²) tilsvarer dette minst 3 liter sediment ved løse sedimenter (for eksempel mudderbunn) og 1,5 liter sediment ved fastere sedimenter.

2.2.1 Hydrografi

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

Måling av temperatur, saltholdighet, oksygen og oksygenmetning i vannsøylen ble utført med en STD/CTD-sonde av typen SD204 med påmontert oksygensensor. For å hente ut og analysere data ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w (versjon 3.17.11.164) benyttet.

2.2.2 Sediment

Ved hver av de tre stasjonene ble det tatt ut en prøve til analyse av totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og analyse av kornfordeling. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

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.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen i vekt mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764:1980. 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 sedimentoverflaten, og avgi rått lukt (H₂S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

Prøvetaking og analyse er utført etter gjeldende Norsk Standard NS 4764. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillende NS-EN ISO-17025 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale (TOM) og kornfordeling med akkrediterings nr. Test 032.

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 %.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19.

Analysene er utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) er utført etter NS-EN-ISO 17294-2.

Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137 og beregning av normalisert TOC i henhold til SFT 97:03. For klassifisering av totalt organisk karbon i sedimentprøver, må konsentrasjoner av TOC i sediment standardiseres for andel finstoff (F) med bruk av formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

Det er de normaliserte verdiene som brukes i tilstandsklassifiseringen av TOC med bruk av grenseverdier som oppgitt i Tabell 2.3. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346. Tilstandsklasser gis for de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets veiledere (SFT 97:03 og TA 2229/2007) (Tabell 2.3).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo™ pH/Eh metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M KCl løsning.

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Dersom det er dårlige miljøforhold vil det være få eller ingen arter tilstede i sedimentet.

For innsamling av bunnprøver er 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. Vanligvis blir det brukt grabber som tar bunnprøver fra overflate på 0,1 m². Slike store grabber krever kran og vinsj / nokk til prøvetaking operasjonen.

Resipienten til lokalitet Sørebo er i Øystrabøvatnet som har forbindelse til Fuglesetfjorden via en liten kanal (se Figur 2.2). Det er av denne grunn ikke mulig å komme til med båt utstyrt med nødvendig kran og vinsj for håndtering av store grabber. I henhold til ISO 16665:2014 ble det derfor brukt mindre håndholdte Van Veen grabber (med topp-luker) som tar bunnprøver fra en overflate på 0,025m².

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 0,025 m² Van Veen grabb har et volum på 3,3 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet. Dette betyr at type håndholdt grabb bør inneholde minst 1,5 liter sediment med fast konsistens eller full grabb (3 liter) dersom løs konsistens. Prøver med mindre sediment volum enn det som er beskrevet over kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene. Tilstandsvurdering av bunndyr (makrofauna) gjelder for prøveareal 0,2 m² (NS 9410:2007). Det ble derfor tatt ut samleprøver fra 2 x 4 hugg med 0,025 m² grabb som representerer to parallelle grabbprøver fra sedimentoverflaten tilsvarende 2 x 0,1 m². Prøvevolum fra alle hugg er loggført.

Grabbinholdet vaskes 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 er fiksert ved tilsetning av 20 % formalin tilsatt bengalrosa og nøytralisert med boraks. I laboratoriet skylles prøvene på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene sorteres ut fra sediment-restene og overføres til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det lar seg gjøre bestemmes dyr til art. Bunndyrmaterialet oppbevares i SAM-Marins lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

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

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrmaterialet. 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 (Veileder 02:2013). Denne veilederen erstatter Veileder 01:2009 og på sikt SFT 97:03 og TA 2229/2007. Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), Hulberts diversitetsindeks (E_{S100}), NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI₂₀₁₂ og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. Inndeling i tilstandsklasser for indeksene er gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.3). Indeksverdiene blir omregnet til nEQR-verdier (normalised ecological

quality ratio) med en tallverdi mellom 0 og 1. Denne omregningen gjør at tallverdiene fra de forskjellige indeksene kan sammenliknes (se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenes nEQR-verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller evt. lavt stasjonen er plassert i denne klassen (Tabell 2.2). Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.4).

Tabell 2.2: Klassegrenser for nEQR i henhold Veileder 02:2013.

Tilstandsklasse	Basisverdi (nedre grenseverdi)
Klasse 1 (Svært god)	0,8
Klasse 2 (God)	0,6
Klasse 3 (Moderat)	0,4
Klasse 4 (Dårlig)	0,2
Klasse 5 (Svært dårlig)	0,0

Tabell 2.3: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i SFT 97:03, TA 2229/2007 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 ₂ / 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	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	Shannon-Wiener (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	ES ₁₀₀	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI ₂₀₁₂	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	<4,5
	NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	<10
	DI	02:2013		<0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220	

*Omregningsfaktoren til mgO₂ /l er 1,42

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

Tabell 2.4: Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410:2007 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Det har vært drift ved lokaliteten Sørebo siden produksjonen først startet i 1987. Anlegget er av typen settefiskanlegg og har en maksimal kapasitet på 2 500 000 stk. Ved undersøkelsestidspunktet var det en innestående biomasse på 54 600 kg. Det har siden 2012 har vært produksjon av både laks og regnbueørret ved lokaliteten. Årlig gjennomføres brakklegging av hele anlegget fra ca. 10. mai til ca. 10. juni.

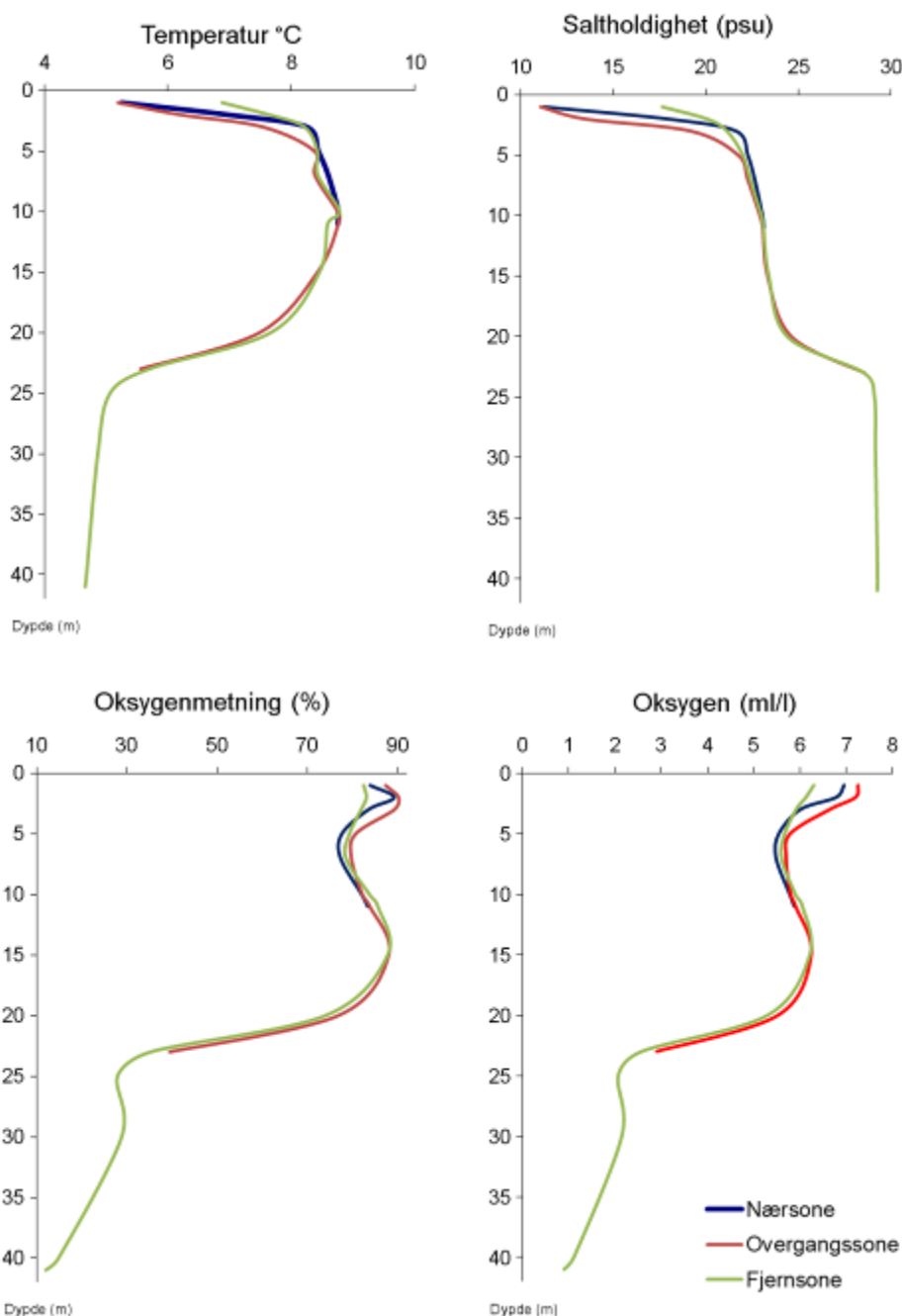
Tabell 2.5. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

	Utfôret mengde	Produsert mengde (antall individ)
2013	250t	1 646 000 smolt + 842 000 yngel
2012	243t	1 332 000 smolt
2011	205t	1 700 000 smolt

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon St.1 (nærsone), St.2 (overgangssone) og St.3 (fjernsone), 18. desember 2013. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



Figur 3.1: Lokaltet Sørøbø. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på nærsone-, overgangssone-, og fjernsonestasjon, målt med STD/CTD-sonde med påmontert oksygensensor fra overflaten og ned mot bunn den 18. desember 2013. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Både temperatur- og saltholdighetsstratifiseringen er svært lik på alle de 3 målte stasjonene og varierer i liten grad. Det er tydelige sprangsjikt (pyknoklin) på 3-4 meters dyp og et dypere sprangsjikt på dyp mellom 20-25 meter som skiller overflatevannet fra de underliggende vannmassene på undersøkelsestidspunktet. Et sprangsjikt er en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet og dermed blanding av vannmassene. Sprangsjiktet ved disse 3 stasjonene hindrer effektivt vannmassene i de øvre vannlag fra å blandes med vann nedenfor. Dybden på sprangsjiktet vil variere med dybdefordelingen av temperatur og saltholdighet som følge av årstider og værforhold.

Oksygeninnholdet i vannsøylen varierer i liten grad mellom de ulike stasjonene. Felles for alle 3 er høyest verdier i det øvre vannlaget. De høyest registrerte oksygenverdiene viser metning mellom 81-91 % (oksygen innhold 5,9-7,3 ml O₂/liter) på alle stasjonene i de øverste 3 meterne.

Hydrografimålingene viser avtagende oksygeninnhold på dybder under 15 meter. Oksygeninnhold i vannmasser er ikke like stabilt som temperatur og saltholdighet, og vil i større grad bli påvirket av små-skala endringer, som for eksempel tidevannsstrømmer og høye konsentrasjoner av planktoniske organismer ved enkelte dyp. Det er derfor ikke unormalt med slike variasjoner vertikalt som fremstår av disse målingene.

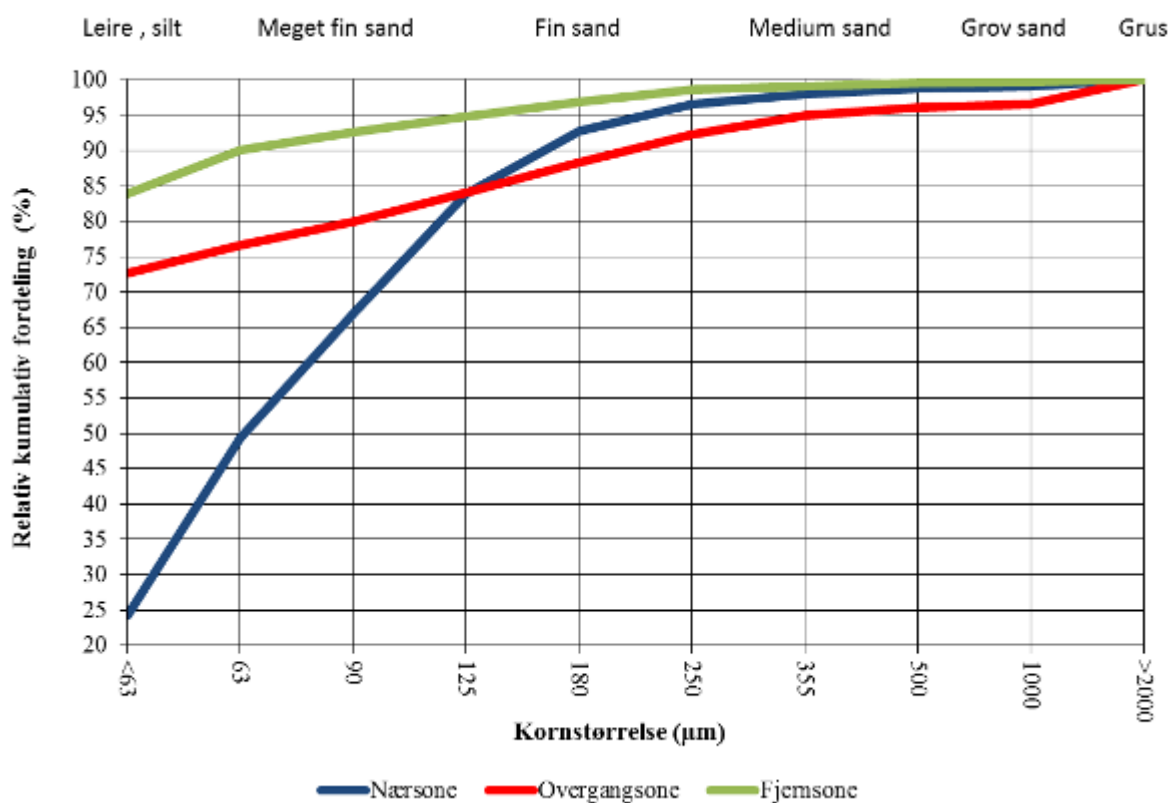
Oksygeninnhold i bunnvann ble målt til 5,88 ml O₂/liter (metning 83,4 %) i nærsone (St.1, dybde 11 meter). I overgangssone (St.2, dybde 23 meter) ble oksygeninnholdet i bunnvannet målt til 2,91 ml O₂/liter (metning 39,5 %). På det dypeste i fjernsone (St.3, 41 meter) ble det registrert svært lite oksygen, med oksygeninnhold målt til kun 0,91 ml O₂/liter (metning 12,1 %). Det er ikke mulig å inndele etter Miljødirektoratets tilstandsklasser for oksygeninnhold i bunnvannet ved stasjonene ettersom disse er gitt for vannmasser med saltholdighetsverdi lik 33 ‰ (Tabell 2.3).

3.2 Sediment

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

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Sørebø, desember, 2013.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
St.1, Nærsonne	11	2,52	24,3	74,9	0,8
St.2, Overgangssone	23	23,6	72,7	23,9	3,4
St.3, Fjernsone	41	11,2	84,0	15,8	0,2



Figur 3.2: Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Sørebbø: Nærsonen, St.1; Overgangssonen, St.2; Fjernsonen, St.3. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (ISO 16665:2005): leire / silt (< 63 µm), meget fin sand (63 – 124 µm), fin sand (125 – 249 µm), medium sand (250 – 499 µm), grov sand (500 – 2000 µm), grus (> 2000 µm).

Tabell 3.1 viser prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner for de 3 undersøkte stasjonene.

Nærsonen (St.1) domineres av middels grove til grove partikler i form av sand (74,9 % av alt sediment) og grus (0,8 %). Den resterende andelen består av finere partikler som silt og leire. Overgangssonen (St.2) har en ganske annerledes sediment-sammensetning, og 72,7 % av alt sediment ved denne stasjonen er utgjort av finere partikler som silt og leire. De resterende prosentene er i stor grad preget av sand, men det er også ved denne stasjonen den høyeste forekomsten av gruspartikler finner sted. I fjernsonen (St.3) består sedimentet av hele 84 % leire og silt. Den resterende andelen av sediment i fjernsonen er nærmest utelukkende bestående av partikler definert som sand.

Ut fra kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene kan det virke som om det er bedre bunnstrømforhold i nærsonen (St.1) sammenlignet stasjonene lenger ute i pollen (St.2 og St.3). Dette er også naturlig å forvente gitt pollens bunntopografi. Bunnstrømforhold påvirker sedimenteringsrater av ulike partikkelstørrelser ved at svake bunnstrømmer tillater finere partikler å sedimentere. Slike lavstrømsområder kan påvirke områders miljøkvalitet ved at finpartikulært sediment enklere binder opp organiske og kjemiske avfallsstoffer, samtidig som disse avfallsstoffene har lettere for å sedimentere grunnet den lave strømhastigheten.

Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligg på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien for nærsone (St.1) er å anse som svært bra, mens det for fjernsone (St.3) virker å være noe svakt forhøyet. Ved overgangssone (St.2) er det imidlertid en høy verdi for glødetap på 23,6 %. Dette indikerer høy grad av organisk belastning ved denne stasjonen.

3.3 Kjemi

3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis omkring 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Alle de 3 undersøkte stasjonene har fosforverdier ovenfor det som betraktes som normalt (Tabell 3.2). Verdiene for fosfor ved nærsone (St.1) og fjernsone (St.3) er bare svakt forhøyet og henholdsvis lik 1 400 mg/kg TS og 1 300 mg/kg TS. Ved overgangssone (St.2) ligg imidlertid konsentrasjonen av fosfor på hele 24 000 mg/kg TS. Dette er sterkt forhøyede verdier og tyder på høy grad av organisk belastning.

Overgangssone (St.2) og fjernsone (St.3) har svært høye verdier for normalisert TOC og begge stasjonene får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Nærsone (St.1) viser langt bedre verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). TOC-verdiene for stasjonene samlet tyder på en vesentlig grad av organisk belastning i resipienten ved undersøkelsestidspunktet (Tabell 3.2).

Klassifiseringssystemet krever beregning av normalisert totalt organisk karbon (TOC). Dette betyr at både finstoff (leire og silt) og TOC må analyseres og brukes i beregningene. I følge SFT 97:03 har dette medført at grenseverdiene mellom tilstandsklassene har blitt strengere. Formelen som benyttes til dette er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten. Slike kystnære områder kan ha til dels store variasjoner med tanke på organisk materiale i sediment. Kilden til slike variasjoner kan være både terrestrisk og marin (TA-1883/2002). Det påpekes også i veileder 02:2013 at forholdet mellom normalisert TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Verdiene av metallene kobber og sink er målt for samtlige undersøkte stasjoner. Samtlige stasjoner viser svært gode til gode verdier (tilstandsklasse I-II, Bakgrunnsnivå - God) for begge måleparameterne. Nærsone (St.1) skiller seg ut ved at den har beste tilstandsklasse I (Bakgrunn) for både kobber og sink (Tabell 3.2).

Tabell 3.2: Innholdet av de undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering (TA 2229/2007) for sink, kobber og etter SFT 97:03 for normalisert TOC; for TK grenseverdier, se Tabell 2.3.

Stasjon	Totalt organisk karbon		TK	Fosfor		Sink		Kobber		Tørrstoff (TS) %
	mg/g	Normalisert TOC mg/g		mg/kg TS	mg/kg TS	TK	TS	TK	TS	
St.1, Nærsone	10	23,6	II	1400	74	I	16	I	60,8	
St.2, Overgangssone	58	62,9	V	24000	340	II	25	I	32,2	
St.3, Fjernsone	61	63,9	V	1300	140	I	36	II	19,5	

3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (E_h)

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

pH verdiene er lave for alle de 3 målte stasjonene. Kombinert med E_h målinger gir dette tilstand 3 (Dårlig) for overgangssonen (St.2) og fjernsonen (St.3). Grunnet utstyrsvikt er det dessverre ikke tilgjengelig måling av E_h ved nærsone (St.1) og følgelig kan det heller ikke gis en tilstand.

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

Stasjon / Parameter	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
St.1, Nærsonen	6,77	-	-	-
St.2, Overgangssone	6,85	-85	3	3
St.3, Fjernsone	6,93	54	3	3

3.4 Bunndyr

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

Det er tidligere gjort en resipientundersøkelse i 2008 (Aqua Management AS, 2008). Bunndyrdata fra denne undersøkelsen er imidlertid ikke direkte sammenlignbare ettersom grabbene brukt i 2008 grabber en overflate lik 0,2 m² sammenlignet med 0,1 m² i 2013 (samlehugg: 4 x 0,025 m²). Følgelig er det ikke mulig å sammenligne indeksene som baserer seg på snitt pr flate (m²) og total sum.

I bunndyrsprøvene fra nærsone (St.1) er det totalt 6 arter bestående av til sammen 249 individer. Det samlede resultatet av diversitets-, individtetthets-, ømfintlighets- og sammensatte-indeks (nEQR) plasserer St.1 i Direktoratgruppens tilstandsklasse IV (Dårlig) (Se Tabell 2.2 og 2.3 for oversikt over grenseverdier og tilstandsklasser). I følge MOM-standard er diversitetsindeks lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen like ved anlegg (Tabell 2.4). Etter dette klassifiseringssystemet får stasjonen St.1 miljøtilstand 2 (God).

I prøvene fra overgangssonen (St.2) og fjernsonen (St.3) forekommer det ikke bunndyr av kategorien makrofauna (> 1 mm). Dette tilsvarer Direktoratgruppens dårligste tilstandsklasse – V (Svært dårlig) for begge stasjonene St.2 og St.3. MOM-standardens klassifiseringssystem for bedømming av bunnfauna like ved anlegg gjelder i tillegg til nærsone også for overgangssonen. Etter dette klassifiseringssystemet får stasjonen St.2 miljøtilstand 4 (Meget dårlig). MOM-standard klassifiseringssystemet er ikke gjeldende for fjernsonen.

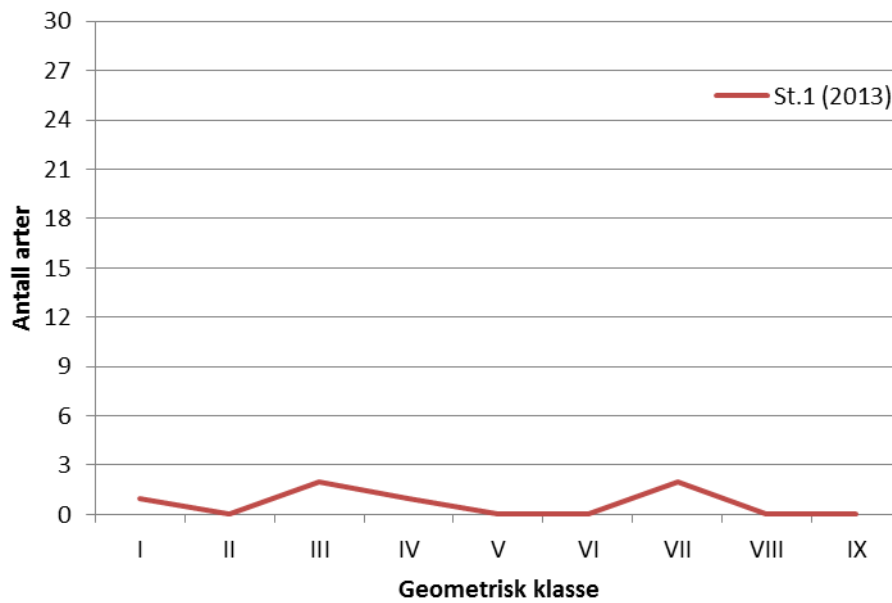
Prøvene fra nærsone (St.1) samler totalt 116 individer av børstemarken *Capitella capitata* og 107 individer av børstemarken *Phyllodoce mucosa*. Dette er de klart mest dominerende artene i nærsone ved undersøkelsestidspunktet og utgjør henholdsvis 46,3 % og 43,0 % av prøvenes totale antall individer (se Tabell 3.5 for oversikt over de ti mest tallrike artene ved hver stasjon). *C. capitata* er en opportunist og en typisk art å finne i områder med høy grad av organisk belastning. *P. mucosa* på den annen side livnærer seg av diverse åtsel. *P. mucosa* har ingen særs kopling til organisk belastede områder, men er kjent å forekomme i høye konsentrasjoner, særlig om vinteren, i områder med høy tilførsel av døde organismer (f. eks børstemark, skjell og krepsdyr). Totalt utgjør *C. capitata* og *P. mucosa* 89,6 % av prøvens totale antall individer. En så høy andel av totale antall individer utgjort av bare 2 arter vitner om belastede forhold ved St.1 på undersøkelsestidspunktet. De øvrige artene funnet ved St.1 er som *C. capitata* også opportunistiske arter forbundet med organisk belastede områder. Figur 3.3 viser grafisk en oversikt over fordelingen av arter på geometriske klasser. Fraværet av en tidlig topp i starten, knekkene og de sene toppene i figuren indikerer påvirkning av miljøet på bunnfaunaen ved St.1.

Resultatmessig for bunndyr kom resipientundersøkelsen av Aqua Management AS i september 2008 noe bedre ut. Det ble funnet 18 ulike arter og en noe jevnere fordeling av individer blant de mest dominerende artene. Også da var området preget av arter forbundet med organisk belastede områder. En nedgang i arter fra undersøkelsen i september 2008 til undersøkelsen i desember 2013 kan i dette tilfellet skyldes flere årsaker. Utover høsten og vinteren vil oksygennivåene i de nedre vannlag avta helt frem til det skjer en utskiftning av vannsøylen. Det kan i denne perioden også oppstå økt dannelse av giftig hydrogensulfid (H_2S) både i sedimenter og i vannsøylen. En annen nærliggende forklaring på ulikheter i antall arter funnet er at undersøkelsen i 2008 grabbet på et overflateareal 4 ganger større enn det som ble grabbet fra ved gjeldende undersøkelse i 2013. Det er også mulig at forskjellen funnet fra 2008 til 2013 skyldes en økt belastning av området. Det er imidlertid vanskelig å si noe om dette med sikkerhet grunnet forskjeller i innsamlingsmengde og utstyr brukt, samt årstid kombinert med pollens naturlige egenskaper.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES_{100} og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. nEQR-verdier for kumulert grabbdata (sum) og gjennomsnitt av hugg (snitt) for hver enkelt indeks. Tilstandsverdier (nEQR TK) for stasjonen totalt. På St. 2 og St. 3 var det dødt (ingen bunndyr i 2013), og dermed ikke grunnlag for beregninger. Blå: svært god, Grønn: god, Gul: moderat, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se Generell vedleggsdel). For TK grenseverdier, se Tabell 2.2 og 2.3.

Stasjon	Hugg nr	Antall arter	Antall individer	NQI1 Verdi	H' verdi	ES_{100} verdi	ISI ₂₀₁₂ verdi	NSI verdi	DI verdi	nEQR TK	MOM TK
St.1 (2013)	1	2	59	0,16	0,21	2,00	3,61	6,98	0,28		
	2	6	190	0,40	1,55	5,30	5,14	9,24	0,23		
	Sum	6	249	0,37	1,54	5,25	5,14	8,67	0,35		2
	Snitt	4	125	0,28	0,88	3,65	4,38	8,11	0,25		
	nEQR (sum)				0,26	0,33	0,21	0,28	0,17	0,73	0,33
nEQR (snitt)				0,20	0,19	0,15	0,22	0,16	0,83	0,29	

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. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m².

Arter	Antall		
	individer	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	116	46,6	46,6
<i>Phyllodoce mucosa</i>	107	43,0	89,6
<i>Oligochaeta</i> indet.	14	5,6	95,2
<i>Scoloplos armiger</i>	7	2,8	98,0
<i>Polydora</i> sp.	4	1,6	99,6
<i>Pholoe inornata</i>	1	0,4	100,0

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i resipienten utenfor settefiskanlegget Sørebo ved Øystrebøvatnet innerst i Fuglesetfjorden, Høyanger kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 18. desember 2013. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en i nærheten av utslippspunktet (nærsonen), en i overgangssonen og en ut mot dypet av pollen (fjernsonen).

Den undersøkte stasjonen ved nærsonen består ved undersøkelsestidspunktet av et middels grovfragmentert sediment dominert av sand og med litt innslag av grus. Den resterende andelen består av finfragmentert leire og silt. Ved overgangssonen og fjernsonen er situasjonen omvendt. Her domineres bunnen av finpartikulært sediment, men med noe innslag av sand og grus. Sediment-forholdene tyder på bedre og kraftigere bunnstrømforhold ved nærsonen enn ved overgangssonen og fjernsonen.

Det er ikke mulig å gi Miljødirektoratets tilstandsklasser for oksygeninnhold i bunnvannet ved undersøkelsestidspunktet, ettersom saltholdigheten målt ved stasjonene avviker fra saltholdigheten tilstandsklassene er beregnet ut fra. Bunnvannet ved fjernsonen er svært oksygenfattig og har en metningsgrad på bare 12,1 % ved 41 meter. I overgangssonen og nærsonen er oksygentilstanden bedre med henholdsvis middels god metningsgrad ved 23 meter og god metningsgrad ved 11 meter.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet lave verdier for glødetap, godt innenfor normale verdier for norske fjorder som typisk er på under 10 %. Sedimentet ved overgangssonen har et høyt glødetap på 23,6 %, mens det i fjernsonen bare er svakt forhøyet i forhold til hva som antas normalt.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet gode TOC-verdier og får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). Prøver fra overgangssonen og fjernsonen viser imidlertid svært forhøyede verdier av TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare og TOC er ikke tilpasset forholdene i kystnære områder.

Verdier for fosfor er svært forhøyet i sedimentet ved overgangssonen ved undersøkelsestidspunktet. Ved nærsonen og fjernsonen måles det også smått forhøyede verdier av fosfor for marine sedimenter. Måling av pH og Eh viser generelt dårlige forhold både i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen, med lave verdier for begge parameterne.

Kobber og sink viser gode til svært gode verdier for samtlige undersøkte stasjoner. Best er det imidlertid ved nærsonen, hvor begge parameterne gir Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå/ Svært god).

Bunnfaunaen ved nærsone vitner om dårlige miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. Prøvene herfra finn totalt bare 6 ulike arter hvorav de 2 mest dominerende artene utgjør nær 90 % av alle samlede individer. Artene funnet i prøvene fra nærsone er typiske opportunistar og kjennetegner områder med høy organisk belastning. I henhold til MOM-standarden som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får imidlertid nærsone tilstand 2 (God). Både overgangssone og fjernsone har ved undersøkelsestidspunktet totalt fravær av makrofauna (> 1 mm). I henhold til MOM-standarden får overgangssone tilstand 4 (Meget dårlig). Både overgangssone og fjernsone tilsvarer Direktoratgruppens dårligste tilstandsklasse – V (Svært dårlig).

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Sørebo, desember 2013, viser dårlige forhold for lokaliteten ved undersøkelsestidspunktet. Spesielt fremstår overgangssone som svært belastet med høye verdier for glødetap og fosfor-konsentrasjon, i tillegg til totalt fravær av makrofauna i prøvene herfra. Ved fjernsone blir det heller ikke funnet makrofauna, hvilket trolig har en sammenheng med det svært lave oksygeninnholdet i bunnvannet ved denne stasjonen. Nærsone fremstår bedre basert på geologiske og kjemiske parametere, men bunnfaunaen i prøvene herfra vitner om høy grad av organisk belastning. Dette kommer også fram av pH/E_h målingene som angir dårlig tilstand for samtlige stasjoner. Den totale tilstanden for resipienten er å betrakte som dårlig og tilsvarende lik det observert ved resipientundersøkelsen i 2008 (Aqua Management AS, 2008), men med en klar forverring av overgangssone hva angår mengde organisk innhold i sediment.

Nærsone fremtrer med gode verdier for kjemiske og geologiske parametere som angår organisk belastning. Nærsone er plassert like ved utslippspunktet for avfallsvann fra anlegget. Det er tillatt en viss grad av drift rundt et satt punkt (± 20 m; NS-EN ISO 16665:2014) og ved prøvetaking rundt et enkelt utslippspunkt som her vil det følgelig være mulig å hugge innenfor godkjent rekkevidde av et punkt, uten å treffe i avsettingsområdet for utslippsstrømmen.

Fysiologiske faktorer i Øystrebovatnet kan være en avgjørende faktor i fordeling og avsetting av avfallsstoffer fra driften. Sedimentet i nærsone er langt grovere sammenlignet med det funnet i overgangssone og fjernsone, og tyder på sterkere bunnstrømforhold i nærsone. Motsatt fører lave bunnstrømhastigheter til høyere grad av finpartikulær sedimentering og utfall av avfallsstoffer til sedimentet. Finpartikulært sediment binder enklere til seg organiske og kjemiske avfallsstoffer enn grovere sediment-typer, og dette kan forklare forskjellen observert i organisk innhold i sedimentet fra de ulike stasjonene.

Topografien i området rundt Øystrebovatnet antyder at pollen mottar avrenning fra et relativt stort nedslagsfelt. Dette kombinert med begrensede muligheter for vannutskifting gjennom kanalen ytterst ut mot Fuglesetfjorden betyr at pollens dårlige miljøforhold er sannsynlig å være naturlig forekommende til en viss grad. Det er nærliggende å forklare de svært lave oksygenkonsentrasjonene i fjernsone på bakgrunn av dette. Det er ikke mulig å si med sikkerhet noe om hvor stor grad av miljøpåvirkningene i Øystrebovatnet som skyldes drift og hvor stor grad som skyldes naturlige faktorer. Hvorvidt naturlig belastede vannsystem som dette i utgangspunktet bør belastes videre med anleggsdrift er en annen sak. En konsekvens av videre høy tilførsel av organisk materiale kan være økt dannelse av giftig hydrogensulfid.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene for resipienter nøye for å unngå negativ innvirkning både på driften og miljøet. Spesielt kan det være nyttig å få til bunnundersøkelser både i forbindelse med maks produksjon og fullført brakkleggingsfase. Resipienters evne til å innhente seg til sin naturlige tilstand i løpet av brakkleggingsperioder er viktig for bedømme hvorvidt pågående drift er forsvarlig med tanke på resipientens fremtidige miljøkvalitet.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Frøydis Lygre og Torben Lode fra SAM-Marin, samt Henrik Oppen fra Osland Settefiskanlegg AS. Bunnprøvene ble sortert av Natalia Korableva, Nargis Islam og Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- Anon. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet, 181 s.
- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen, 263 s.
- Aqua Management AS. 2008. Resipientundersøkelse Marine Harvest, lokalitet: Sørebo. 38 s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L., Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M. 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Kystovervåkingsprogrammet. TA-1883/2002.
- 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.
- 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. TA 1467/1997.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 13137. 2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 17294-2. 2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 16665. 2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- NS-EN ISO 5667-19. 2005. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 14346. 2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 Vedlegg

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata</i>	<i>26</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	<i>36</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	<i>38</i>
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	<i>39</i>
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	<i>42</i>

Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

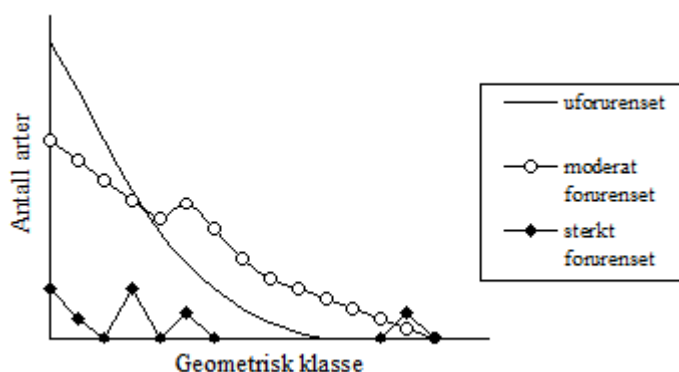
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksene kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al., 1997 og Veileder 02:2013).

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.

Hurlbert diversitetsindeks ES_{100} viser forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve, og er beskrevet vha. følgende formel:

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

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.

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

ISI er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes ISI₂₀₁₂ (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI er beskrevet med utføres med følgende formel:

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

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

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

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

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

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

Individtetthet

DI (density index) er en ny indeks for individtetthet (Rygg og Norling, 2013). DI er spesielt utviklet med tanke på tilstandsklassifisering av individfattig fauna. DI er beskrevet av formelen:

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

hvor abs står for absoluttverdi og $N_{0,1m^2}$ antall individer pr. $0,1 m^2$

Sammensatte indekser

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

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$NQI1 = \left[0,5 * \left(\frac{(1 - AMBI)}{7} \right) + 0,5 * \left(\frac{\left(\frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right)}{2,7} \right) * \left(\frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor N er antall individer og S antall arter

Klassegrenser

Klassegrensene for hver indeks er gitt av Veileder 02:2013 (Tabell v2). Samme grenseverdier brukes for grabbklassifisering (gjennomsnitt av grabbverdier) og stasjonsklassifisering (kumulerte grabbdata).

Tabell v2 :Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser 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 ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	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

* Klassegrensene er foreløpig de samme for alle påvirkningstyper, 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.

Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

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

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

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

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

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

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgrader. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra "godt" til "dårlig" miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av 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

prosentvis likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

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

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

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

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

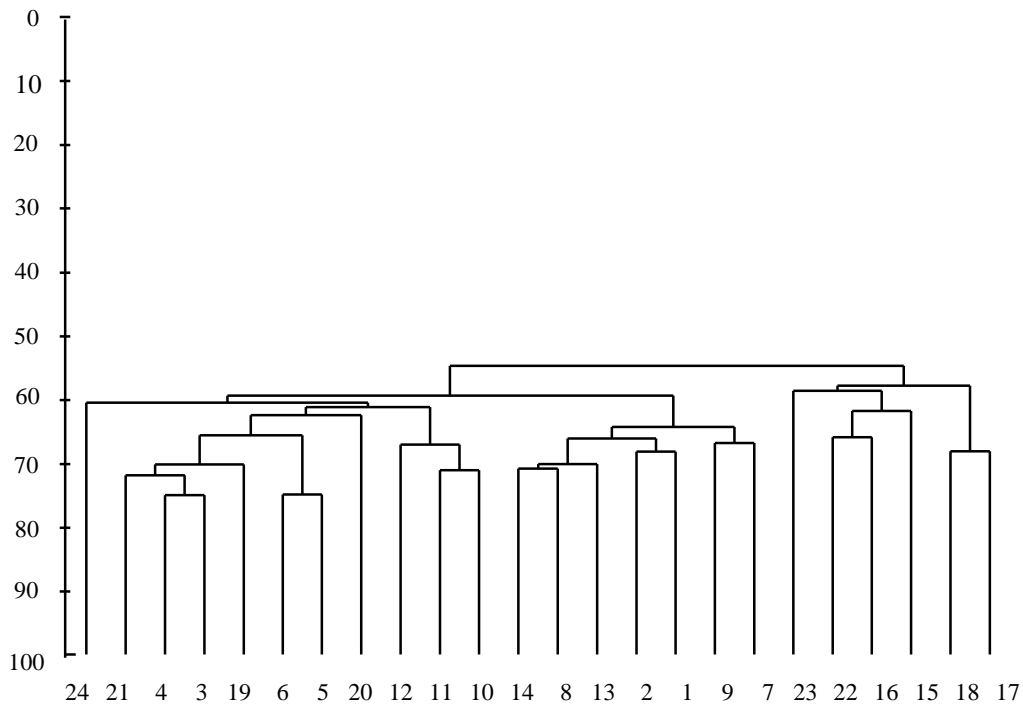
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

Dataprogrammer

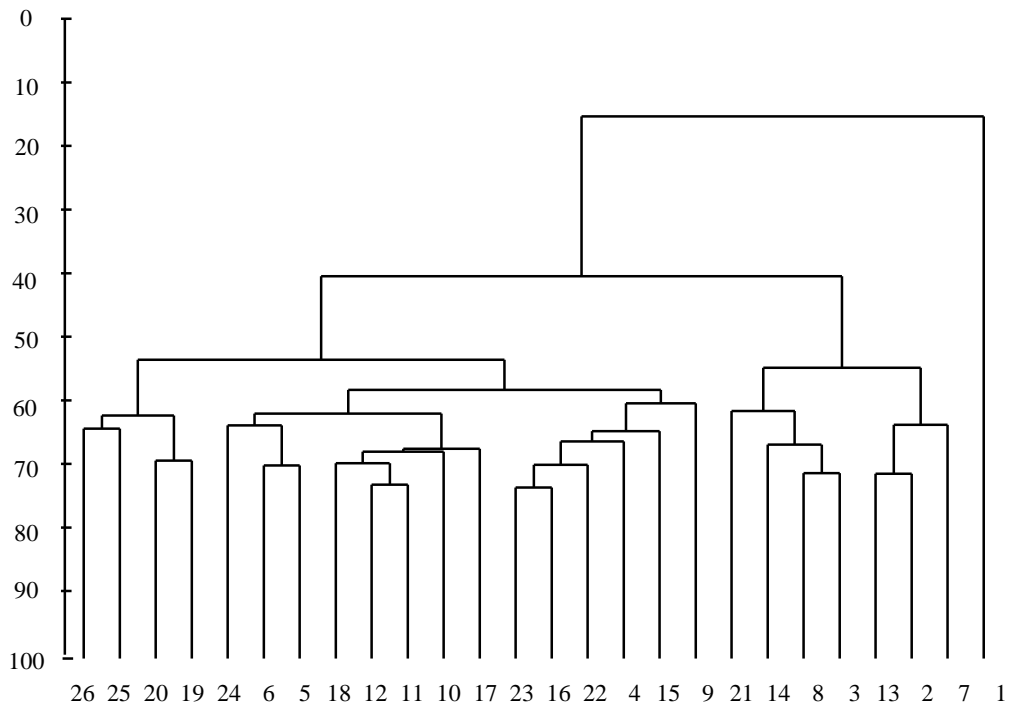
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet (H') og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi» er laget av Knut Årestad ved Insitutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

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

FAUNALIKHET

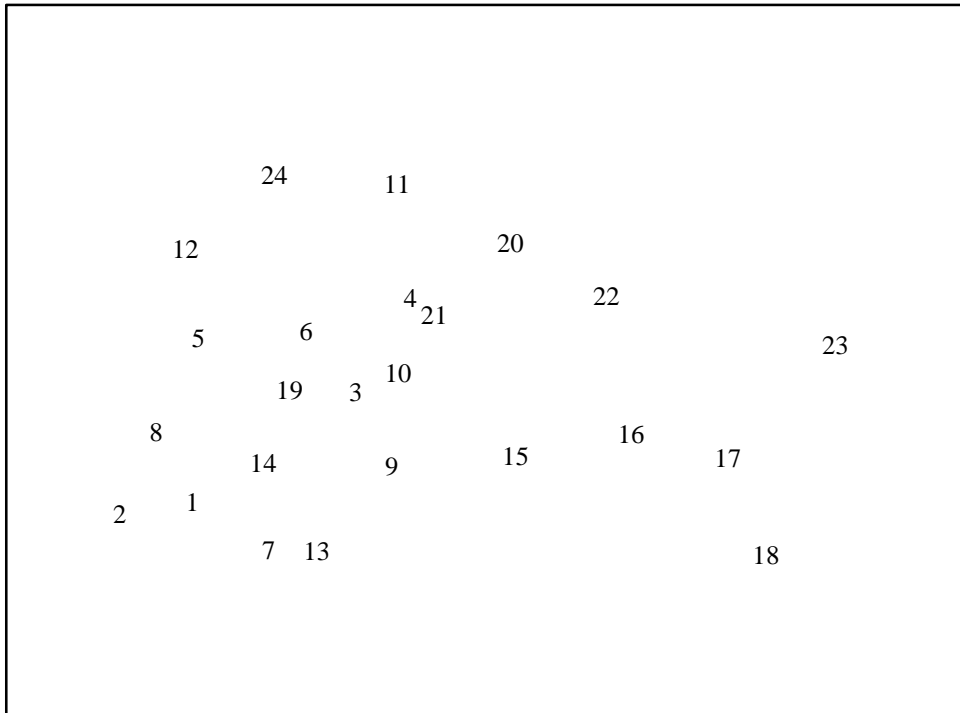


FAUNAFORSKJELL

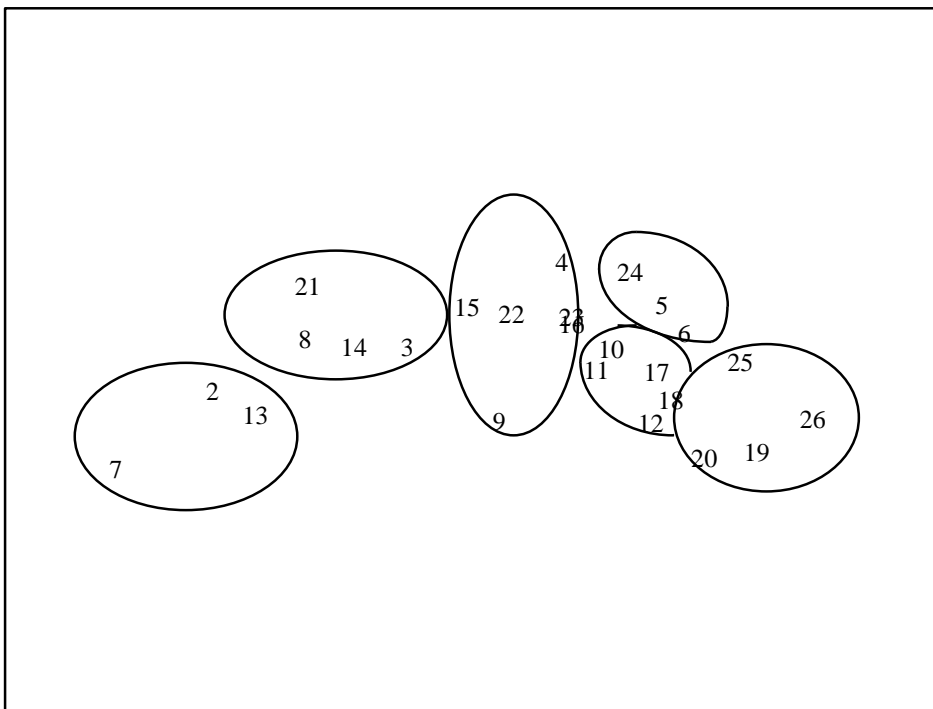


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen, 263 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
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Rygg B, Thélín, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI) NIVA-rapport 6475-2013, 46s
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Osland Settefisk AS

Dato: 18.12.2014

Lokalitet: Sørebø

Lokalitetsnr: 12177

Lokalitetstype: Settefisk

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr										Indeks				
			1	2	3												
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	1	1											0,67	
I	Tilstand (Gruppe I)		4														
II	pH	verdi	6,77	6,85	6,93												
	E _n (mv)	verdi		-308	-169												
		+ ref. verdi		-85	54												
	pH/E _n	fra figur		3	3											3,00	
	Tilstand, prøve			3	3												
	Tilstand, gruppe II																
	Buffer temp:		pH sjø: 7,75		Temp sjø: 5,2		Temp sediment: 5		Eh sjø: 530		Ref. elektrode: 223						
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):																
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	4	0												
	Farge	Lys/Grå = 0			0												
		Brun/Sort = 2	2	2													
	Lukt	Ingen = 0															
		Noe = 2	2		2												
		Sterk = 4		4													
	Konsistens	Fast = 0															
		Myk = 2			2												
		Les = 4	4	4													
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0															
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		1															
v ≥ 3/4 = 2			2	2													
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0			0													
	2 - 8 cm = 1	1															
	t ≥ 8 cm = 2		2														
	SUM		10	18	6												
	Korrigert sum (*0,22)		2,20	3,96	1,32											2,49	
	Tilstand prøve		3	4	2												
	Tilstand gruppe III		3														
	Middelverdi gruppe II og III		1,1	3,48	2,16											2,25	
	Tilstand gruppe II og III		3														
	pH/Eh Korr. sum Indeks Middelverdi	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										3				

Korrekturest: 20.05.2014
datoEBI
Sign.TL
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .

Vedleggstabell 2. Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 002

SF505-Benthos Artsliste

Uni Miljø - Sam Marin

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
 Dok. kategori: Vedlegg Sist endret: 07.03.2014 (Kristin Hatlen)
 Siste revisjon: Ikke satt Neste revisjon: Ikke satt
 Godkjent: GODKJENT 07.03.2014 (Kristin Hatlen)



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



Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): Osland Settefisk AS

Prosjekt nr.: 808200

Prøvetaksingssted (område): Sørebø

Dato for prøvetaking: 18.12.2013

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research Miljø, SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Tom Alvestad

	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: 1 sider.

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

Signatur: Tom Alvestad
 Godkjent taksonom

SAM-Marin

Stasjonsnavn	St.1	
Dato	18.12.2013	
Dybde	11 m	
Hugg (samlehugg)	1 (3 - 6)	2 (7 - 10)
POLYCHAETA		
Pholoe inornata		1
Phyllodoce mucosa		107
Scoloplos armiger		7
Polydora sp	2	2
Capitella capitata	57	59
OLIGOCHAETA		
Oligochaeta indet.		14
INSECTA		
*Chironomida larve	2	1

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

	2013
	Sum St.1
I	1
II	0
III	2
IV	1
V	0
VI	0
VII	2
VIII	0
IX	0

Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis



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

**Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)**

F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-14-MX-001198-01



EUNOBE-00010087

Prøvemottak: 09.04.2014
Temperatur:
Analyseperiode: 09.04.2014-23.04.2014
Referanse: 808200 / ref. 34/14

ANALYSERAPPORT

Provenr.: Prøvetakingsdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerking:	441-2014-0409-018 18.12.2013 Oppdragsgiver 09.04.2014 Sedimenter St. 1, 011 m Hugg 1 og 2	441-2014-0409-019 18.12.2013 Oppdragsgiver 09.04.2014 Sedimenter St. 2, 023 m Hugg 1 og 2	441-2014-0409-020 18.12.2013 Oppdragsgiver 09.04.2014 Sedimenter St. 3, 041 m Hugg 1 og 2						
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 1400	mg/kg tv	a) 24000	mg/kg tv	a) 1300	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 16	mg/kg tv	a) 25	mg/kg tv	a) 36	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 74	mg/kg tv	a) 340	mg/kg tv	a) 140	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 10	mg/g tv	a) 58	mg/g tv	a) 61	mg/g tv	EN 13137	0,1
Total tørrstoff		a) 60.8	% (w/w)	a) 32.2	% (w/w)	a) 19.5	% (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 23.04.2014

Kristine Fiare Johnson

Kristine Fiare Johnsson

Laboratorieingeniør

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

		Molab as, 8607 Mo i Rana 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		
		RAPPORT Sedimentprøver		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Israelsen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 54276	Antall sider + bilag: 2	
		Rapport referanse: KR-18759	Dato: 09.05.2014	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr./ ref.: 808200 / 21/14	Utført: Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur: Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 18.12.2013

RESULTATER

Prøve merket:			St 1	St 2	St 3		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000492	KG-000493	KG-000494		
TOM (550 °C)	%	23.04.14	2,52	23,6	11,2		

Kornfordeling

Analysedato: 23.04.2014

St 1	KG-000492							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,08	0,8	0,8	MdΦ	Silt og leire		24,3
1000	0	0,03	0,3	1,1		Sand	3,48	74,9
500	1	0,08	0,8	2,0		Grus		0,8
355	1,5	0,14	1,5	3,4	SdΦ			
250	2	0,37	3,8	7,3			1,55	
180	2,5	0,85	8,8	16,1				
125	3	1,63	16,9	33,0	SkΦ			
90	3,5	1,69	17,6	50,6			0,33	
63	4	2,42	25,1	75,7				
<63	8	2,33	24,3	100,0	KΦ			
		9,62	100,0				1,83	

Proveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjennelse. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se www.molab.no for disse betingelser.

St 2		KG-000493								
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)						
2000	-1	0,14	3,4	3,4	Md Φ	Silt og leire			72,7	
1000	0	0,02	0,5	3,9	5,25	Sand			23,9	
500	1	0,05	1,2	5,1		Grus			3,4	
355	1,5	0,11	2,7	7,7	Sd Φ					
250	2	0,16	3,9	11,6	2,18					
180	2,5	0,18	4,4	16,0						
125	3	0,17	4,1	20,1	Sk Φ					
90	3,5	0,14	3,4	23,5	-0,23					
63	4	0,16	3,9	27,3						
<63	8	3,01	72,7	100,0	K Φ					
		4,14	100,0						0,95	

St 3		KG-000494								
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)						
2000	-1	0,01	0,2	0,2	Md Φ	Silt og leire			84,0	
1000	0	0,01	0,2	0,5	5,62	Sand			15,8	
500	1	0,02	0,5	0,9		Grus			0,2	
355	1,5	0,02	0,5	1,4	Sd Φ					
250	2	0,08	1,8	3,2	2,96					
180	2,5	0,09	2,0	5,2						
125	3	0,10	2,3	7,4	Sk Φ					
90	3,5	0,11	2,5	9,9	-0,41					
63	4	0,27	6,1	16,0						
<63	8	3,72	84,0	100,0	K Φ					
		4,43	100,0						0,91	

ANALYSEINFORMASJON

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

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

ANMERKNINGER

Vedleggstabell 5. CTD Data

Resultater fra hydrografimålingene ved St.1:

Depth(m)	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	ml/l	F (µg/l)	Density
1	11,26	5,256	83,92	9,88	6,96	0,13	8,893
2	17,96	6,976	89,24	9,64	6,79	0,15	14,038
3	21,65	8,254	83,56	8,54	6,01	0,14	16,796
5	22,29	8,444	77,68	7,88	5,55	0,08	17,282
7	22,66	8,605	77,36	7,79	5,49	0,09	17,56
10	23,08	8,77	82,05	8,21	5,78	0,09	17,881
11	23,16	8,76	83,4	8,35	5,88	1,76	17,948

Resultater fra hydrografimålingene ved St.2:

Depth(m)	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	ml/l	F (µg/l)	Density
1	11,09	5,196	87,33	10,31	7,26	0,12	8,766
2	13,5	6,205	90,24	10,23	7,20	0,76	10,601
3	19,21	7,54	89,3	9,44	6,65	0,24	14,969
5	21,77	8,378	80,74	8,23	5,80	0,14	16,883
7	22,28	8,388	79,77	8,1	5,70	0,11	17,293
10	22,94	8,757	82,19	8,24	5,80	0,08	17,769
11	23,09	8,769	83,87	8,39	5,91	0,09	17,894
15	23,36	8,433	88,07	8,87	6,25	0,08	18,165
20	24,64	7,493	76,9	7,86	5,54	0,08	19,303
23	28,6	5,564	39,54	4,13	2,91	0,77	22,657

Resultater fra hydrografimålingene på St.3:

Depth(m)	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	ml/l	F (µg/l)	Density
1	17,66	6,885	82,49	8,95	6,30	0,68	13,811
2	20,08	7,643	83,11	8,71	6,13	0,29	15,63
3	21,16	8,219	81,95	8,41	5,92	0,15	16,415
5	22,02	8,43	79,34	8,06	5,68	0,11	17,074
7	22,42	8,436	78,56	7,96	5,61	0,1	17,393
10	23,02	8,79	83,77	8,38	5,90	0,09	17,827
11	23,13	8,597	85,64	8,6	6,06	0,08	17,95
15	23,42	8,463	87,82	8,83	6,22	0,08	18,21
20	24,42	7,675	74,04	7,54	5,31	0,08	19,11
23	28,56	5,708	35,3	3,67	2,58	0,06	22,608
25	29,13	5,07	27,99	2,95	2,08	0,06	23,134
30	29,19	4,871	28,92	3,06	2,15	0,06	23,223
40	29,29	4,688	14,96	1,59	1,12	0,07	23,369
41	29,28	4,666	12,11	1,29	0,91	0,00	23,372