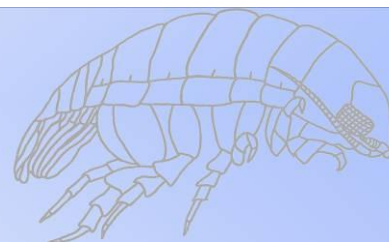


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 26 – 2013



MOM-C undersøkelse fra lokalitet Sandholmen i Sandøy kommune Mars 2012

Rune Haugen

Ragni Torvanger

Stian E. Kvalø




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

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Sandholmen i Sandøy kommune mars 2012	Dato: 26.6.13 Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Torvanger, Stian E. Kvalø	Prosjektleder: Stian E. Kvalø Prosjektnummer: 806573

Oppdragsgiver: Lerøy Hydrotech	Tilgjengelighet: Åpen
--------------------------------	-----------------------

Abstract: A recipient survey was conducted to ascertain whether the aquaculture facility Sandholmen in Sandøy municipality has any impacts on the marine environment. In general conditions were good in the recipient with regards to all parameters analysed (metals, fauna, organic content and oxygen). Although some influence could be seen on the station closest to the fish farm, as the species composition indicated influx of organic matter to the sediment.

Keywords: Recipient, environmental survey	Emneord: Resipient, miljøundersøkelse	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 26-2013
---	---------------------------------------	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	26/6 2013	
Prosjektet / undersøkelsen:	26/6 - 13	Stian E. Kvalø

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: Arild Kjerstad (Havbruktstjenesten)

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Natalia Korableva, Øydis Alme, Sharat Chandra Tumu

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad, Per Johannessen

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

Glødetapsanalyser utført av: Helge Grønning

Kornfordelingsanalyser utført av: Helge Grønning

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Hedda

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS med deres underleverandør Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg) **akkrediteringsnummer** Test 003,D-PL-14081-01-00

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, TOC

Ikke akkreditert: -

Andre:

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER.....	6
3 RESULTATER OG DISKUSJON	12
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	19
5 TAKK	19
6 LITTERATUR.....	20
7 VEDLEGG.....	21
Generell vedleggsdel	22
Vedleggstabell 1. MOM-B parametre	30
Vedleggstabell 2. Artsliste	31
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....	35
Vedleggstabell 4. Analysebevis.....	36

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Sandholman nord i Harøyfjorden, Sandøy kommune. Innsamlingene ble gjennomført 23. mars 2012.

Sandholman er en ny lokalitet og ble tatt i bruk i 2011.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Sandholman. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIFs tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær *et. al.*, 1997 og Bakke *et. al.*, 2007), Vanndirektivets indekser (Direktorats gruppa Vanndirektivet 2009) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra Lerøy Hydrotech AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Reserach AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 21 år og utført miljøundersøkelser i 11 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

2 MATERIALE OG METODER

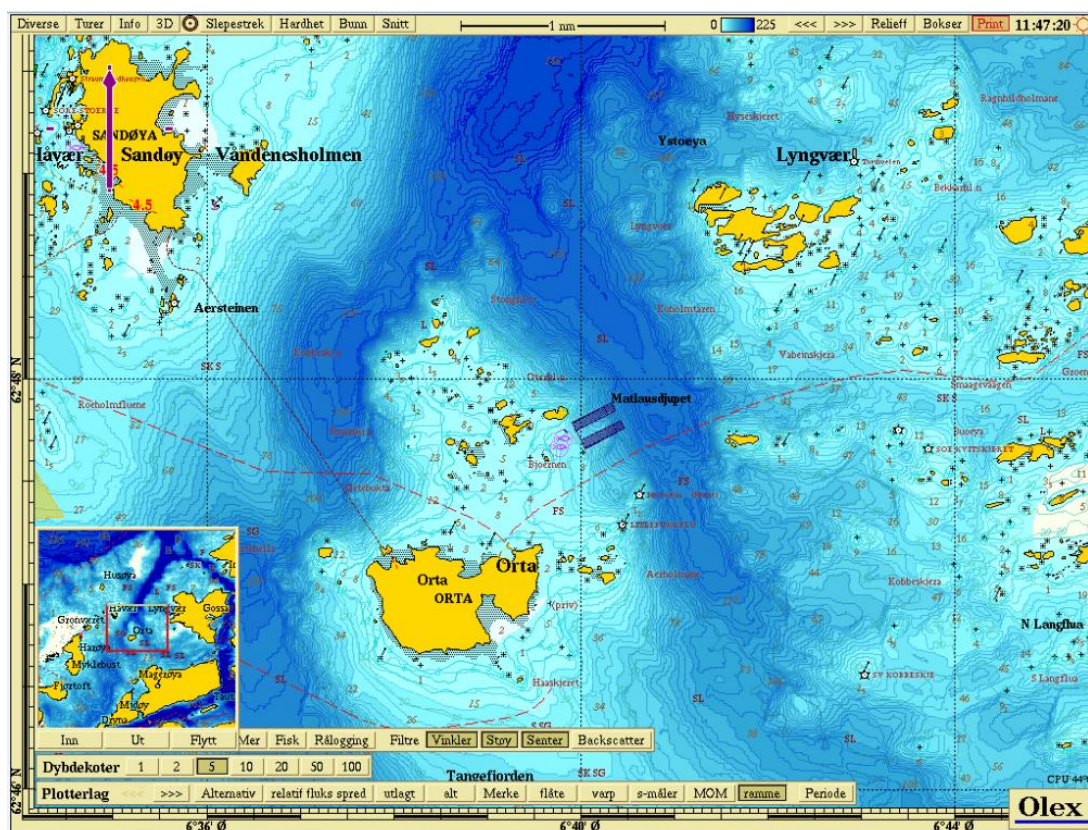
2.1 Undersøkelingsområdet

Lokaliteten ligger nord i Harøyfjorden, i Sandøy kommune (Figur 2.1. og 2.2). Anlegget ligger over skrånende terreng fra omtrent 35 m innerst til nærmere 100m dyp under anleggets ytterste del. Skråningen fortsetter og mellomstasjonen, San2 ligger lengre ut i denne skråningen, mens fjernstasjonene, San 3 ligger i områdets dypeste del på 152m. Sørøver er «fjordarmen» mye grunnere, mens den i nord skråner jevnt dypere ut i åpent hav.

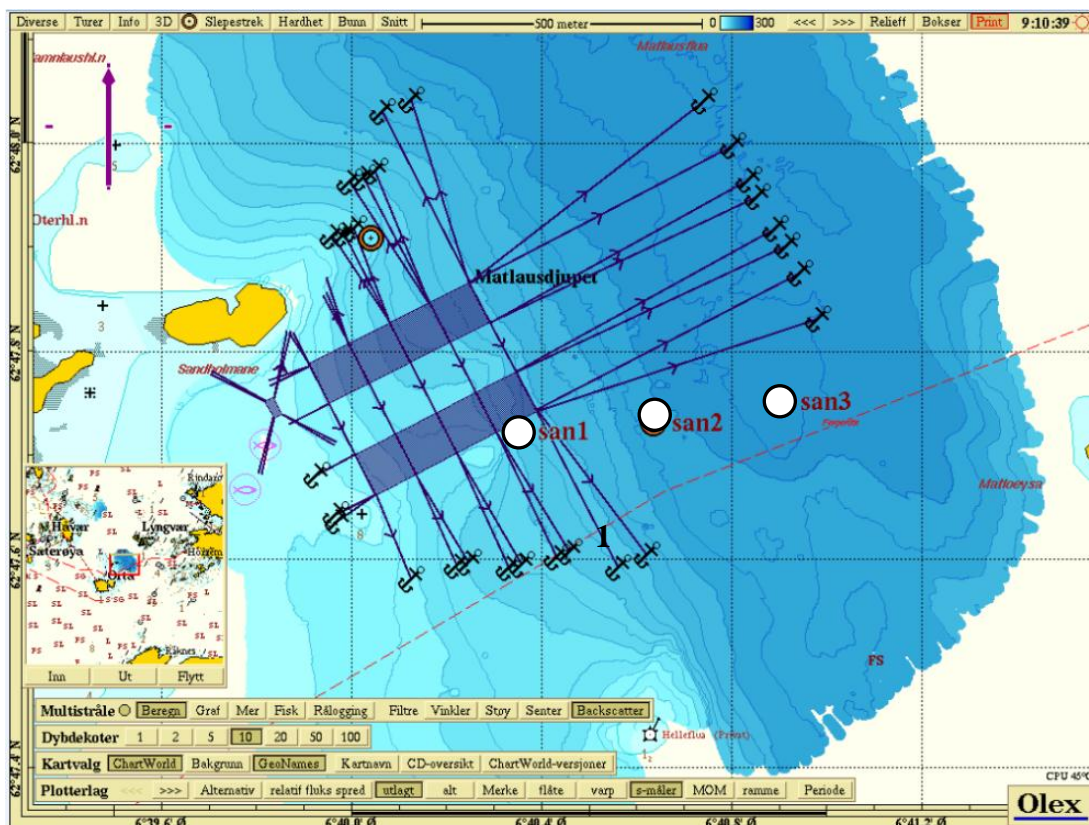
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 23. mars 2012. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Arild Kjerstad fra Havbrukstjenesten AS og røkerne på Sandholman.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (San 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble 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 Sandholman, nord i Harøyfjorden. Inn kart viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet nord i Harøyfjorden..



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

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i område og navn. Posisjonering ved hjelp av GPS (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
San 1 23.03.12	Område 62° 47.722 'N 06° 40.353 'Ø	86	1	7,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
			2	6,5	Biologi
			3	7,5	Biologi
San 2 23.03.12	Område 62° 47.730 'N 06° 40.634 'Ø	136	1	7,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
			2	5,5	Biologi
			3	7,5	Biologi
San 3 23.03.12	Område 62° 47.750 'N 06° 40.906 'Ø	152	1	8,5	Kjemi, geologi, pH og Eh
			2	7,5	Biologi
			3	7,5	Biologi

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskifting og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund

kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

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

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

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmen 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 1 hugg fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær *et. al.*, 1997 og Bakke *et. al.*, 2007) (Tabell 2.2).

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

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed

reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² 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 sediment-restene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i 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.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann, Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIFs veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og ømfintlighetsindeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og

NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederene. Klassegrensene for Shannon–Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 01:2009, Direktorats-gruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Meget god	II God	III Moderat/ Mindre god	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	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	01:2009		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	3-4	2-3	1-2	<1
	NQI1	01:2009		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2	01:2009		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

*Omregningsfaktoren til mgO₂ / l er 1,42

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

Tabell 2.3: Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m 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 .

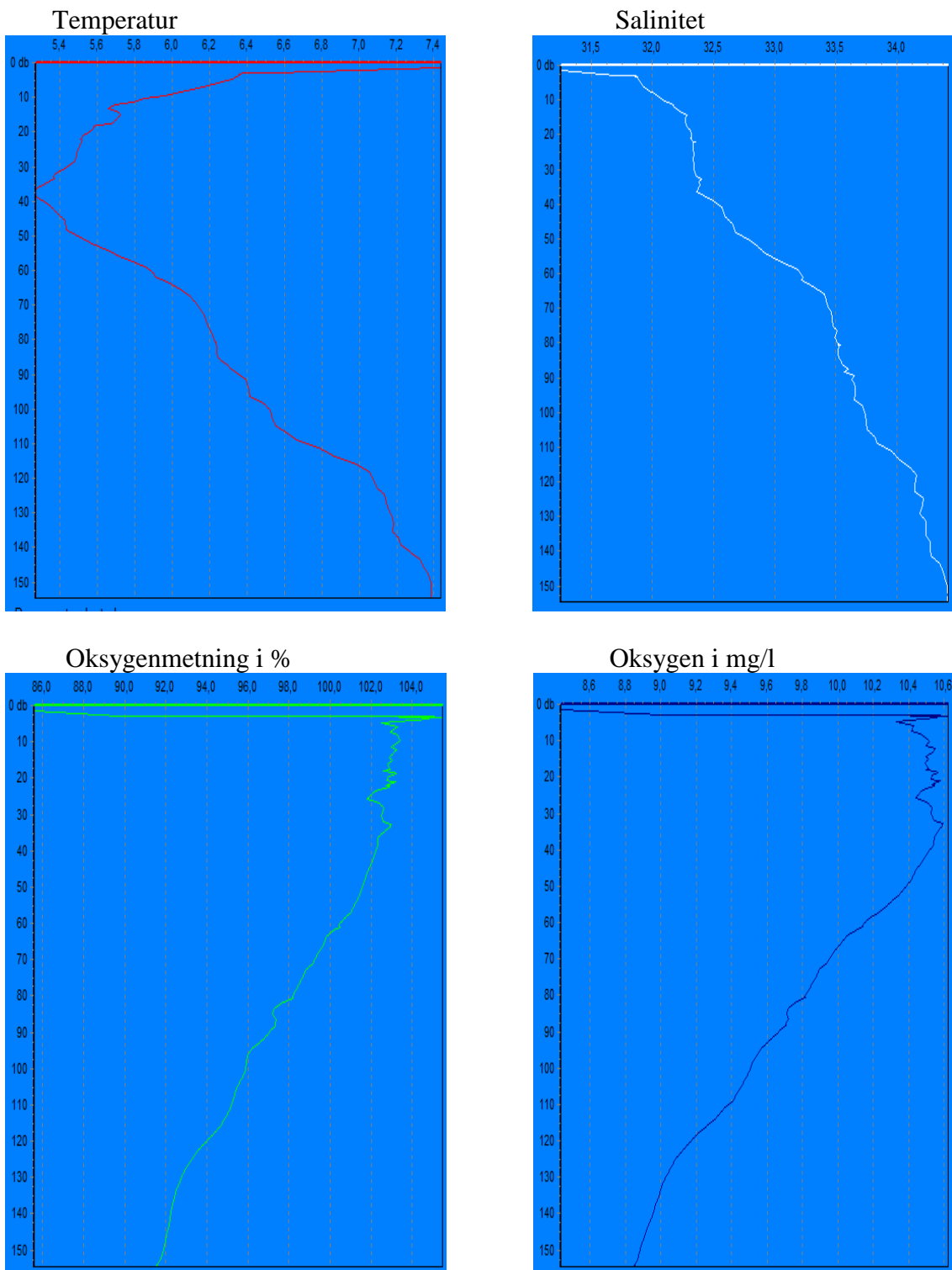
2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Sandholman bel tatt i bruk som oppdrettslokalitet i desember 2011. Da MOM C undersøkelsen ble gjennomført i mars 2012, hadde det derfor vært begrenset med fôrforbruk på lokaliteten.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon San 3 den 14. mai 2013. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1: Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på San 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 152 meter den 14.mai 2013. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på San 3 den 14. mai 2013, var 6,4 °C i overflatelaget, deretter sank den til i overkant av 5 °C ved 38 m dyp. Fra 40 m dyp steg den jevnt ned til bunnen på 152 m, til rundt 7,2 °C. Det var dermed små forskjeller og ingen gradient i temperaturforskjeller.

I overflatelaget var saltholdigheten rundt 32 promille. Deretter steg den jevnt uten noen gradient ned til bunnen, hvor den var i overkant av 34 promille.

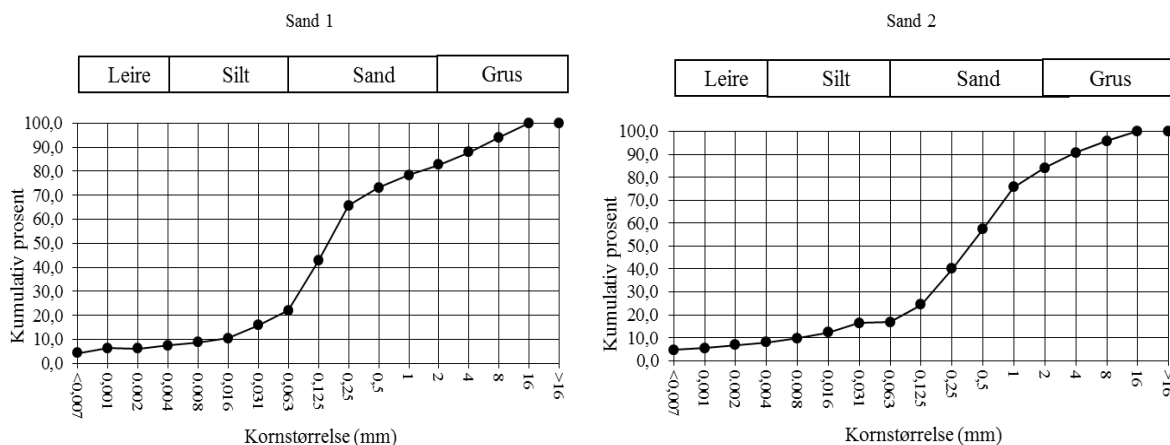
Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom vannsøylen. I overflatelaget lå konsentrasjonen på 10,5 mg/l. Oksygeninnholdet sank deretter jevnt ned mot 8,8 mg/l ved bunnen, hvilket tilsvarer 6,05 ml/l. Denne målingen bunnen plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

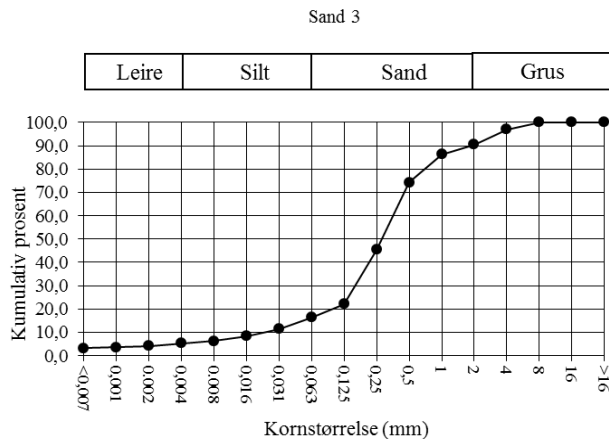
3.2 Sediment

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

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Sandholmen 23. mars 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
San 1	86	4,7	7,5	14,4	22,0	60,7	17,4
San 2	136	3,7	8,0	8,8	16,7	67,4	15,9
San 3	152	3,0	5,3	11,2	16,4	74,1	9,5





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

I nærsonen, San1, dominerte sand og utgjorde 60,7 % av sedimentet, 22% var finere d\sediment, leit\re og silt. De resterende 17,4 % var grus. Glødetapet var 4,7 %. Det organiske innholdet var dermed lavt og godt innenfor det som er normalt.

Overgangssonen, San 2, var mye lik San 1 og bestod av 67,4 % sand, 16,7 silt/leire og 15,9 % grus. Her var glødetapet lavt (3,7 %) og det organiske innholdet er derfor normalt lavt.

Fjernstasjon, San 3, hadde størst andel sand, 74,1 %. Leire/silt fraksjonen var 16,4 %, mens grusandelen var 9,5 %. Her var glødetapet lavest, på 3,0 %, normalt lavt.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Verdien for TOC var forhøyet på alle tre stasjonene, og ga Tilstandsklasse III (Moderat/mindre god) for San1 og San 2. For San 3 ga analysen Tilstandsklasse II (God). Metoden for normalisering av TOC er dog ikke tilpasset dette området og her vil glødetapet være en bedre indikasjon på innhold av organisk materiale, og det var lavt på samtlige stasjoner.

Verdiene av tungmetallene, kobber og sink var lave på alle tre stasjonene, og får tilstandsklasse I (Meget god). Verdiene for fosfor var og lave på alle tre stasjonene.

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 mg/g	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
San 1	17	31	III	630	32	I	11	I	64
San 2	13	28	III	570	44	I	10	I	75
San 3	11	26	II	370	30	I	7	I	74,4

Måling av pH og Redokspotensial (Eh)

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

Målingen av pH og E_h på alle stasjonene ga beste tilstandsklasse, tilstand 1. Det var ingen sensoriske faktorer som indikerer påvirkning, da det var ingen lukt, gass, slam eller farge.

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

Stasjon	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
San 1	7,52	-20	0	1
San 2	7,48	90	0	1
San 3	7,48	80	0	1

3.4 Bunndyr

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

I bunndyrsprøvene fra San 1 like ved anlegget, ble det funnet 93 arter med til sammen 887 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,62 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse I (Svært god). I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (meget god) (Tabell 2.3). Med et individantall på 297 dominerte børstemakken *Capitella capitata* på denne stasjonen, og utgjorde 33,5 prosent av alle individene i prøven. Dette er en art som trives i forhold med mye tilført organisk materiale der andre arter kan ha vansker med leve. Indeksene som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter, NQI1 og NQI2, havnet i tilstandsklasse II. Dette indikerer gode forhold på stasjonen, noe som også støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene. AMBI-verdiene indikerer at man har moderate forstyrrelser på stasjonen.

Ute i dypet på San 3 fant man 71 arter med til sammen 268 individer. Diversiteten ble beregnet til 5,23 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse I (Meget God). Blant de mest tallrike artene finner man 9 arter av børstemark og 2 arter av bløtdyr. Indeksene som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter havnet i beste tilstandsklasse. Dette indikerer gode forhold på stasjonen, noe som også støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene. AMBI verdiene indikerer noe forstyrrelse på stasjonen.

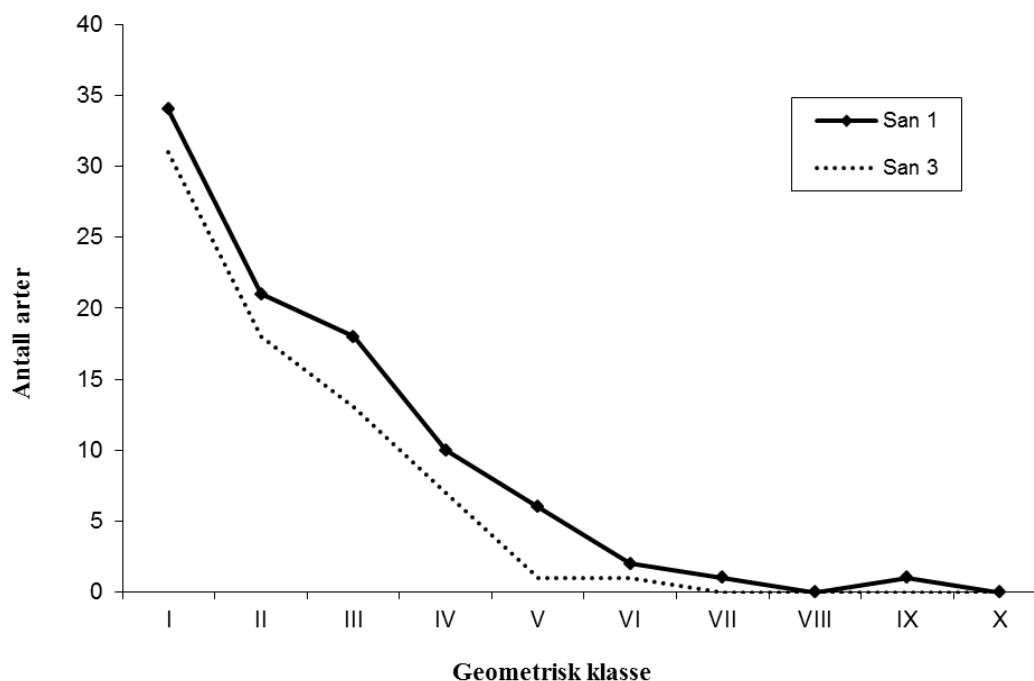
Grunnet de gode verdiene på San 1 og San 3 var det ikke behov for å analysere San 2. De multivariate analysene viser at det var 76 % likhet mellom huggene på stasjon Sand 1 og 60 % likhet mellom huggene på stasjon Sand 3. Det er imidlertid større forskjell mellom

stasjonene, der det kun var 52 % likhet (Figur 3.4 og 3.5). Dette er forventet og naturlig ettersom stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter og dyp.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	MOM tilstand	KLIF tilstand	AMBI	NQI 1	NQI 2
San 1	2	457	75	4,75	0,76			3,28	0,70	0,66
	3	520	73	4,49	0,72			3,34	0,69	0,64
	Sum	887	93	4,47	0,68	Meget god				
	Snitt	489	74	4,62	0,74				3,31	0,70
San 3	2	116	44	5,04	0,92			2,53	0,75	0,74
	3	134	58	5,42	0,93			2,05	0,81	0,81
	Sum	268	71	5,33	0,87					
	Snitt	125	51	5,23	0,92		I	2,29	0,78	0,77

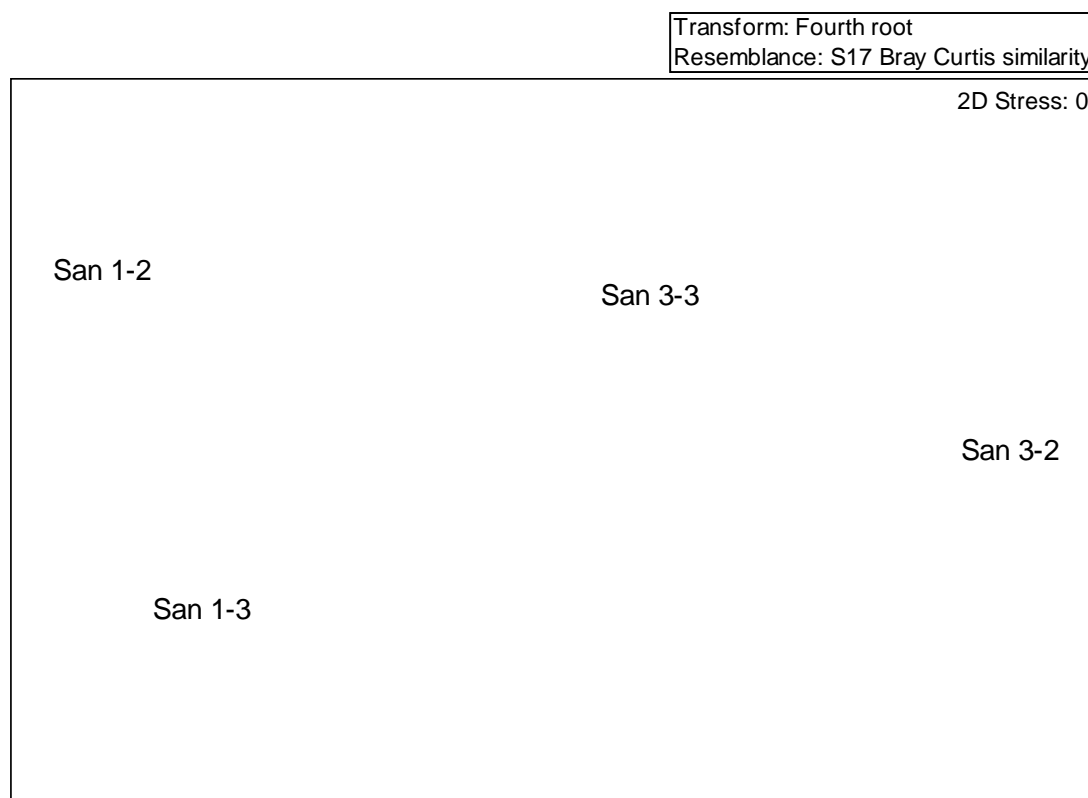
I – Meget god II - God III – Mindre god IV – Dårlig V – Meget dårlig



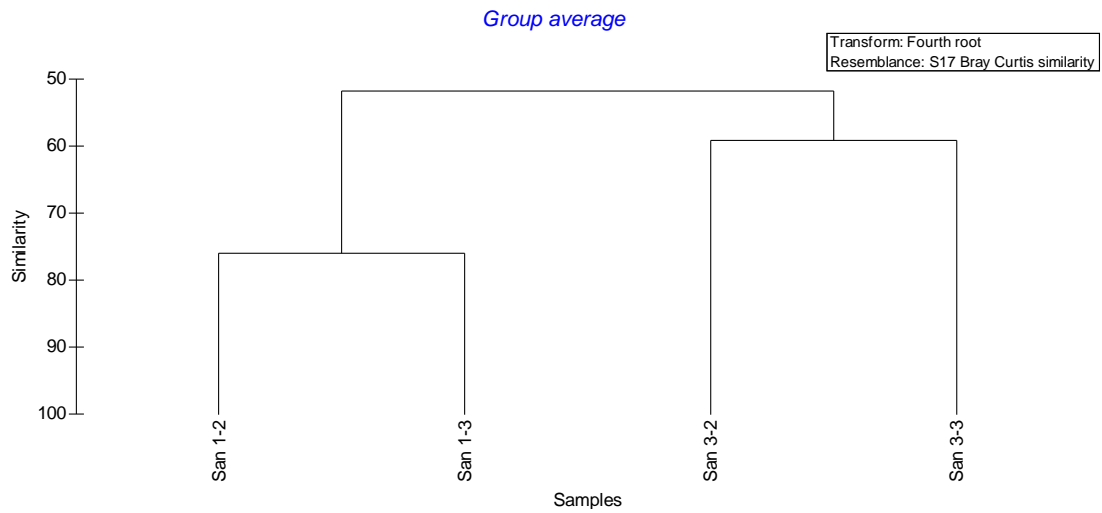
Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

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

Sand 1	Antall		Kumulativ	Sand 3	Antall		Kumulativ
Arter:	individer	%	%	Arter:	individer	%	%
<i>Capitella capitata</i>	297	33,5	33,5	<i>Polydora</i> sp.	42	15,7	15,7
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	71	8,0	41,5	<i>Notomastus latericeus</i>	16	6,0	21,6
<i>Amythasides macroglossus</i>	49	5,5	47,0	<i>Aphelochaeta</i> sp.	12	4,5	26,1
<i>Paraedwardsia cf. arenaria</i>	45	5,1	52,1	<i>Melinna albicincta</i>	12	4,5	30,6
<i>Chaetozone</i> sp.	29	3,3	55,4	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	9	3,4	34,0
<i>Amphiura chiajei</i>	29	3,3	58,6	<i>Amythasides macroglossus</i>	9	3,4	37,3
<i>Mendicula ferruginosa</i>	25	2,8	61,4	<i>Caudofoveata</i> indet.	9	3,4	40,7
<i>Pholoe baltica</i>	24	2,7	64,1	<i>Mendicula ferruginosa</i>	8	3,0	43,7
<i>Notomastus latericeus</i>	19	2,1	66,3	<i>Mediomastus fragilis</i>	8	3,0	46,6
<i>Eclysippe vanelli</i>	17	1,9	68,2	<i>Chaetozone</i> sp.	7	2,6	49,3
				<i>Sabellidae</i> indet.	7	2,6	51,9

**Figur 3.4:** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

SAM-Marin/Havbrukstjenesten



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene ved oppdrettslokaliteten Sandholman nord i Harøyfjorden, Sandøy kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført dato. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Sedimentet var dominert av sand på alle tre stasjonene, med minst andel på San1, 60,7 % og størst andel på dypstasjonen San 3 på 74, 1 %. Alle stasjonene hadde en mindre andel av silt/leire og en andel av grus.

Oksygenforholden målt ved bunnen ved San 3 ga 6,05 ml/l og ga beste tilstandsklasse, I.

Analysen av tungmetallene ga beste verdier for både fosfor og kobber for alle tre stasjonene. Likeledes var fosforverdiene lave for alle stasjonene. TOC verdiene var forhøyede på alle tre stasjonene, som henholdsvis fikk TK II (San III) og TK III (San I og San II), men glødetapet var derimot lavt på alle og viste at man har lite organisk stoff i sedimentet. Måling av pH og Eh ga alle stasjonene beste tilstand 1.

Analysene av bunnfauna ga beste tilstand etter MOM for nærstasjonen San 1 og beste tilstand etter KLIF for fjernstasjonen San 3. Begge hadde noe til moderat forstyrrelse av bunnfaunaen (etter AMBI indeksen). Grunnet de gode forholdene for fauna på både San 1 og San 3, ble ikke mellomstasjonen, San 2 analysert.

Siden anlegget nylig er opprettet er det vanskelig å kunne si noe om innvirkningen på miljøet da en ikke har noe sammenligningsgrunnlag med tidligere undersøkelser. Derimot ser man av det store antallet *Capitella capitata* på stasjon San 1 en indikasjon på tilført organisk materiale og at stasjonen kan være påvirket av driften, dette gjenspeiles også i TOC målingene. Det vil være interessant å følge utviklingen ved neste undersøkelse.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Aril Kjerstad fra Havbrukstjenesten AS og ansatte på lokaliteten Sandholman. Sediment analysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Natalia Korableva, Øydis Alme og Sharat Chandra Tumu. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<u>Generell vedleggsdel</u>	22
<u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</u>	30
<u>Vedleggstabell 2. Artsliste</u>	31
<u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u>	35
<u>Vedleggstabell 4. Analysebevis</u>	36

Generell vedleggsdel

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

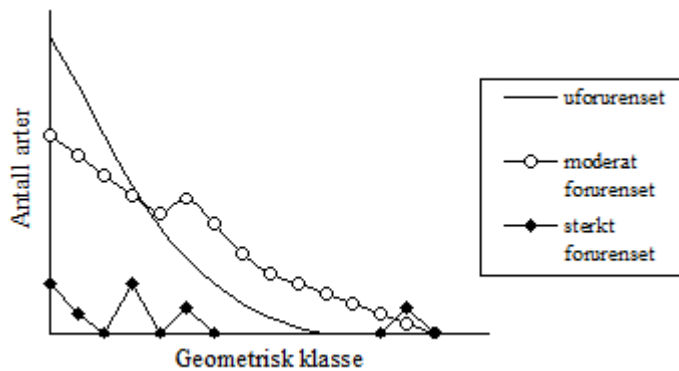
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

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

Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Diversitetsindekse SN er beskrevet som:

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

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

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig) (Tabell v2 og v3)

Tabell v2 : Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 01:2009*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
H'	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
ES_{100}	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

Tabell v3 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna. Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

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

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k
 y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen
 y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter
 p = totalt antall arter

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

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

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

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

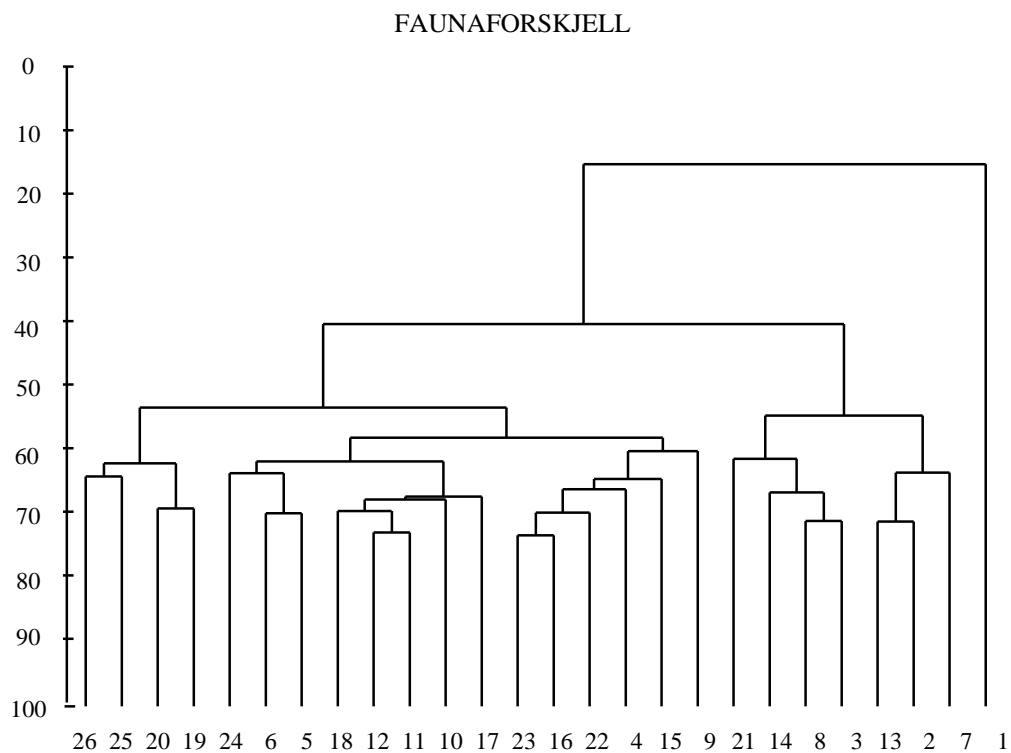
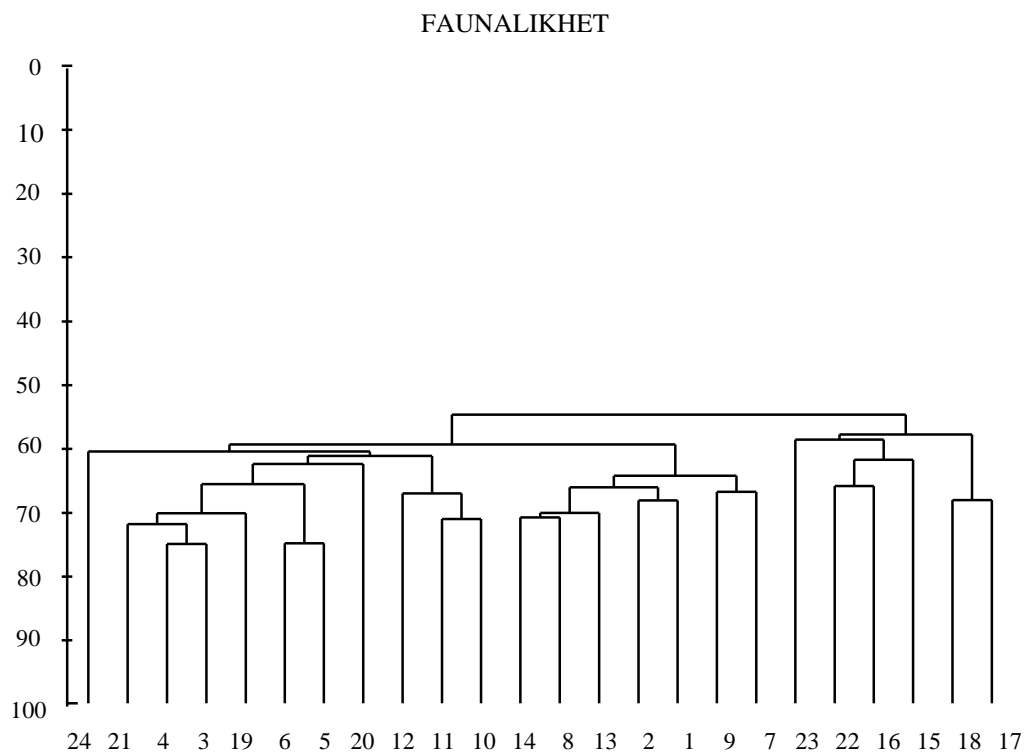
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

Dataprogrammer

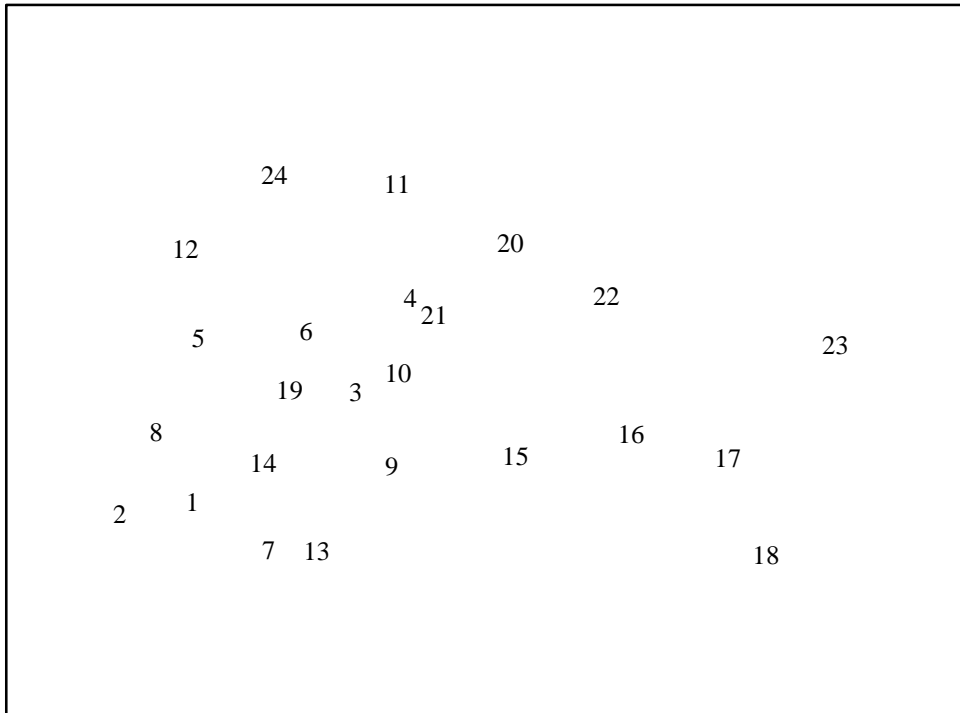
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget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

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

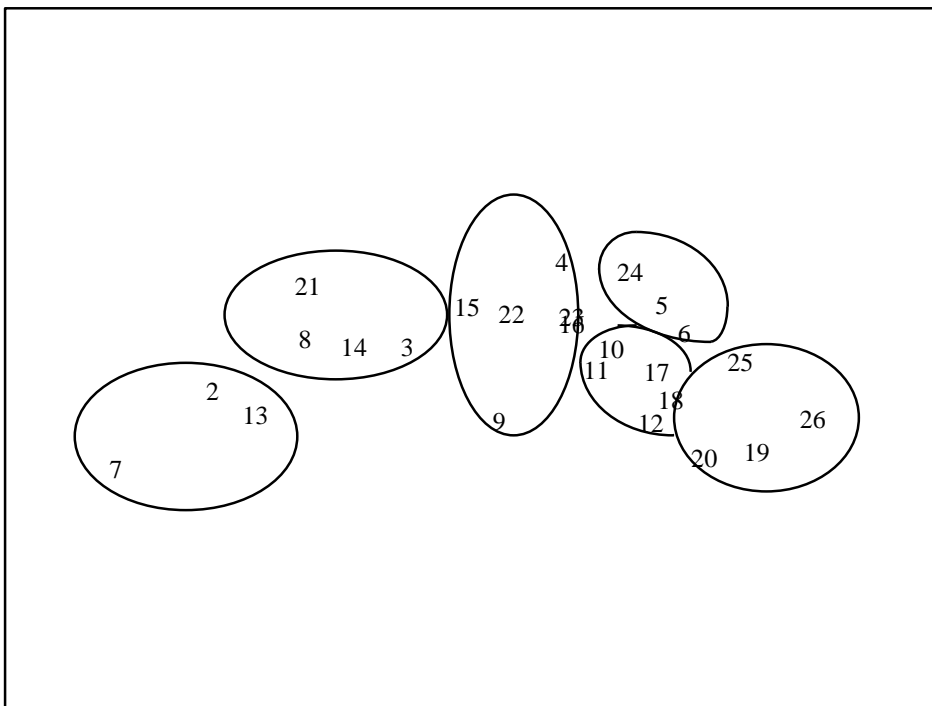


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS										
Firma: Lerøy Hydrotech										
Lokalitet: Sandholman										
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks	
			San 1	San 2	San 3					
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00	
I	Tilstand (Gruppe I)		1							
II	pH	Målt verdi	7,52	7,48	7,48					
	Eh (mV)	Målt verdi	-20	90	80					
		plus ref. potensial	n/a	321	311					
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0				0,00	
	Tilstand (prøve)		1	1	1					
	Tilstand (Gruppe II)		1							
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0					
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0					
		Brun/sort (2)								
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0					
		Noe (2)								
		Sterk (4)								
	Konsistens	Fast (0)	0	0	0					
		Myk (2)								
		Løs (4)								
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)								
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1	1	1					
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)								
Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0						
	$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)									
	$t \geq 8$ cm (2)									
	Sum		1	1	1					
	Korr. Sum (0,22)		0,22	0,22	0,22				0,22	
	Tilstand (prøve)		1	1	2					
	Tilstand (Gruppe III)		1							
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,11	0,11	0,11				0,11	
	Tilstand (prøve)		1	1	1					
	Tilstand (Gruppe II & III)		1							
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand								
		<1,1	1							
		1,1 - <2,1	2							
		2,1 - <3,1	3							
	$\geq 3,1$	4								
			Tilstand						1	
			Tilstand							
			Gruppe 1	Gruppe II og						
			A	1,2,3,4						
			4	1,2,3						
			4	4						

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Lerøy Hydrotech AS, Bentnesveien 50, 6512 Kristiansund

Prosjekt nr.: 806573

Prøvetakingssted (område): Sandholmen, Sandøy Kommune

Dato for prøvetaking: 23.03.2012

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Per Johannessen

	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:3 sider.

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

Signatur: *Tom Alvestad*
Godkjent taksonom

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

Stasjon Sandholmen 23 mars 2012		San 1	San 1	San 3	San 3
Arter:	Huggnr:	2	3	2	3
PORIFERA					
* Porifera indet.		+	+		+
CNIDARIA					
* Hydrozoa indet.				+	
Paraedwardsia cf. arenaria		14	31	2	1
Actinidae indet.				1	2
NEMERTINI					
* Nemertini indet.		3	7	2	5
NEMATODA					
* Nematoda indet.		4	2	7	6
PRIAPULIDA					
POLYCHAETA					
Aphrodita aculeata			0/2		
Pholoe baltica		13	11	3	2
Pholoe pallida		3	1		
Neoleranira tetragona					1
Phyllodoce groenlandica			0/1		
Sige fusigera		0/1			
* Eteone longa			1		
Glycera lapidum			0/4	0/3	
Goniada maculata			1		
Sphaerodorum flavum			0/1		
Syllidae indet.		1			
Exogone sp.			2		
Nereis pelagica		1			
Nephtys hystricis			0/1		
Paramphinome jeffreysii		29	42	5	4
Hyalinoecia tubicola		0/1			
Rhamphobranchium brevibranchiatum					0/1
Lumbrineridae indet.		7	13	2	3
Aricidea catharinae					1
Paraonis sp.		2	2		1
Aonides paucibranchiata				1	
Laonice sarsi		4/7	8/1		
Malacoceros sp.				1	1
Polydora sp.		1		12	30
Prionospio cirrifera		3	3		
Prionospio fallax					2
Prionospio dubia		6	3/1		0/1
Spiophanes kroeyeri		4/2	4/1	1	1
Spiophanes wigleyi		3	5		2/1
Aphelochaeta sp.		4	8	7	5
Chaetozone sp.		15	14	5	2
Cirratulus cirratus				1	
Macrochaeta polyonyx			1		
Diplocirrus glaucus		2/8	4/6		
Ophelina acuminata			1		
Scalibregma inflatum		1			

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

Stasjon Sandholmen 23 mars 2012		San 1	San 1	San 3	San 3
Arter:	Huggnr:	2	3	2	3
Capitella capitata		135	162	1	
Mediomastus fragilis				5	3
Notomastus latericeus		3/4	4/8	4	9/3
Maldanidae indet.		4	3	4	1
Myriochele danielsseni		1			
Galathowenia fragilis		5	6	1	
Galathowenia oculata		5	2	3	1
Myriochele heeri		9	5		
Owenia borealis		5/4	6	3	2/1
Pectinaria auricoma			1		
Ampharete lindstroemi			0/2		
Sabellides octocirrata		2/4	4/5		1
Anobothrus gracilis		1			
Anobothrus sp.				5	
Lysippides fragilis		3/1	0/1		
Amythasides macroglossus		16	33	3	6
Eclysippe vanelli		8/1	5/3		2
Sosanopsis wireni		3/1	1		
Melinna albicincta				2/5	0/5
Paramphitrite birulai		1			
Pista cristata		1			
Pista lornensis		1	4		1
Thelepus cincinnatus			0/1		
Streblosoma intestinale		2	0/1	2/3	3/2
Polycirrus norvegicus		0/1	0/1		2
Polycirrus plumosus		0/1	1	1	0/2
Polycirrus sp.		1	1		1
Hauchiella tribullata				1	
Trichobranchus roseus		1	0/1		1
Terebellides stroemi		0/2	0/2	0/2	
Euchone sp.		2	6		1
Jasmineira sp.				1	
Sabellidae indet.		6	3	5	2
Ditrupa arietina		1			
Hydroides norvegica				2	1
Siboglinum fjordicum		+	+	+	+
OLIGOCHAETA					
Oligochaeta indet.		1			
SIPUNCULA					
Sipuncula indet.		1	1		1
Aspidosiphon muelleri					1
Phascolion strombus		2	2		
Onchnesoma steenstrupi			0/1		
CRUSTACEA					
* Philomedes globosus				1	
* Calanus finmarchicus				1	
* Anapagurus laevis		1			
Nebalia sp.			1		
Amphipoda indet.		4	3		2
Eriopisa elongata			1		
Diastylis cornuta		1			
Tanaidacea indet.		1			

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

Stasjon Sandholmen 23 mars 2012		San 1	San 1	San 3	San 3
Arter:	Huggnr:	2	3	2	3
	Munna palmata	1			
*	Gnathia sp.	2			
	MOLLUSCA				
	Caudofoveata indet.	15	5	1	8
	Leptochiton asellus			1/2	1
	Stenosemus albus	1		0/1	
	Propilidium exiguum				1
	Philine scabra	0/1	1		1
	Ennucula tenuis			2	
	Yoldiella philippiana	2			
	Myrtea spinifera	5/4	6/5		3
	Thyasira biplicata		1	1	
	Thyasira equalis	2	4	1	1
	Thyasira obsoleta	2/2	2/1	1	5
	Thyasira sarsi	1	1		0/1
	Axinulus croulinensis	2/1	0/1	1	
	Mendicula ferruginosa	11/3	9/2	2	3/3
	Adontorhina similis	1			
	Kurtiella bidentata				1
	Parvicardium minimum	1	0/1		
	Timoclea ovata	0/1			
	Cuspidaria rostrata				1
	Antalis entalis	3	0/1	0/1	1
	Entalina tetragona		2		
	BRYOZOA				
*	Bryozoa grenet	+			+
	ECHINODERMATA				
	Ophiopholis aculeata				0/1
	Amphiura chiajei	9/3	7/10	0/1	4/1
	Amphiura filiformis	3/2	3/2	1	4
	Ophiocten affinis	1/1	1		
	Ophiura carnea				1
	Echinocardium flavescens	0/1			
	Pseudothyone raphanus	0/1	2/1	0/1	0/1
	Thyonidium drummondi	1	0/1		
	Synaptidae indet.	5	3	2	2
	ENTEROPNEUSTA				
	Enteropneusta indet.	3	3		1
	Graptolithoidea indet.	+			
	Polycarpa fibrosa		0/1		1
*	VARIA	+			+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	San 1	San 3
I	34	31
II	21	18
III	18	13
IV	10	7
V	6	1
VI	2	1
VII	1	0
VIII	0	0
IX	1	0
X	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-001073-01



EUNOBE-00002926

Prøvemottak: 16.04.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 16.04.2012-30.04.2012
Referanse: 806573 ref.20/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0417-006	Prøvetakingsdato:	23.03.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	SAN 1 - 86 m 23/3-12	Analysestartdato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	630	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	11	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	32	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	17	mg/g tv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	64	% (v/v)	EN 14346		0.1

Prøvenr.:	441-2012-0417-007	Prøvetakingsdato:	23.03.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	SAN 2 - 136 m 23/3-12	Analysestartdato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	570	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	10	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	44	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	13	mg/g tv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	75	% (v/v)	EN 14346		0.1

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2

AR-12-MX-001073-01



EUNOBE-00002926



Prøvenr.:	441-2012-0417-008	Prøvetakingsdato:	23.03.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	SAN 3 - 152 m 23/3-12	Analysedato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	370	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	7	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	30	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	11	mg/g tv	EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	74.4	% (v/v)	EN 14348	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 30.04.2012

Kristine Fiane Johnson

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 :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2