

# SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin  
Uni Research Miljø



e-rapport nr: 32 – 2014

## ***MOM C-undersøkelse fra lokalitet Kalvøya N i Askvoll kommune, 2014***

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





ID: 10723 Versjonsnr: 003

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

**Uni Miljø - Sam Marin**

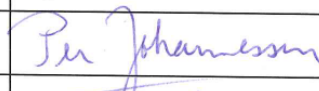

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 02.06.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 02.06.2014 ( Øydis Alme )

	<b>SAM-Marin</b>	
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 Kalvøya N i Askvoll kommune, 2014	Dato: 08.08.2014
	Antall sider og bilag: 48
Forfatter(e): Torben Lode, Einar Bye-Ingebrigtsen, Per Johannessen, Trond E. Isaksen	Prosjektleder: Trond Einar Isaksen
	Prosjektnummer: 808198
Oppdragsgiver: Landøy Fiskeoppdrett AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Kalvøya N on its surrounding environment. In the area close up to the facility the parameters surveyed indicate high organic load, with very high concentrations of phosphorus and a highly disturbed macrofauna. The two more distal stations showed in general good conditions, however the most distal station showed elevated levels of TOC and TOM.

Keywords: Marine, environment, MOM C-survey, recipient	Emneord: Marin, miljø, MOM C-undersøkelse, resipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 32-2014
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	11/8-14	
Prosjektet / undersøkelsen:	11/8-14	

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:** 02.06.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 02.06.2014 ( 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:** Trond Einar Isaksen og Torben Lode

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Ina Birkeland, Nargis Islam, Linda Bjelland Pedersen, Ingrida Petrauskaitė, Christine Pötsch, Natalia Korableva, Tom Alvestad og Ragna Tveiten

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

**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per Johannessen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Aqua Management AS, Brynjulf Haga

**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, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

## INNHold

<b>1 INNLEDNING</b> .....	5
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	6
2.1 Undersøkelsesområdet .....	6
2.2 Hydrografiske målinger .....	9
2.3 Bløtbunnundersøkelse – Prøvetaking og analyser.....	9
2.4 Produksjonsdata fra anlegget .....	14
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	15
3.1 Hydrografi.....	15
3.2 Sediment.....	16
3.3 Kjemi .....	18
3.4 Bunndyr .....	19
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	25
<b>5 TAKK</b> .....	26
<b>6 LITTERATUR</b> .....	27
<b>7 Vedlegg</b> .....	28
<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	29
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	38
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	39
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	44
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i> .....	45
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i> .....	48

## 1 INNLEDNING

Det ble i februar 2014 gjennomført marinbiologisk miljøundersøkelse fra tre oppdrettslokaliteter (Aldeøyna, Kalvøya N og Ånnaholmane) ved Værlandet, Askvoll kommune. Denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelsen ved Kalvøya N (lokalitetsnr. 10087). Innsamlingene ble gjennomført 27. februar 2014.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Kalvøya. 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 1997, SFT 2008), Direktoratets gruppa Vanndirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS9410:2007).

Det har tidligere ikke vært gjennomført MOM C-undersøkelse ved Kalvøya, men det er tidligere gjort en resipientundersøkelse i området, februar 1993 (Aabel, 1993). De tre siste MOM B-undersøkelsene ved Kalvøya har gitt lokaliteten gode og svært gode tilstander (Fiskeridirektoratet, 2014).

Undersøkelsen er utført av Uni Research Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del (SAM-Marin) på oppdrag fra Landøy Fiskeoppdrett 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

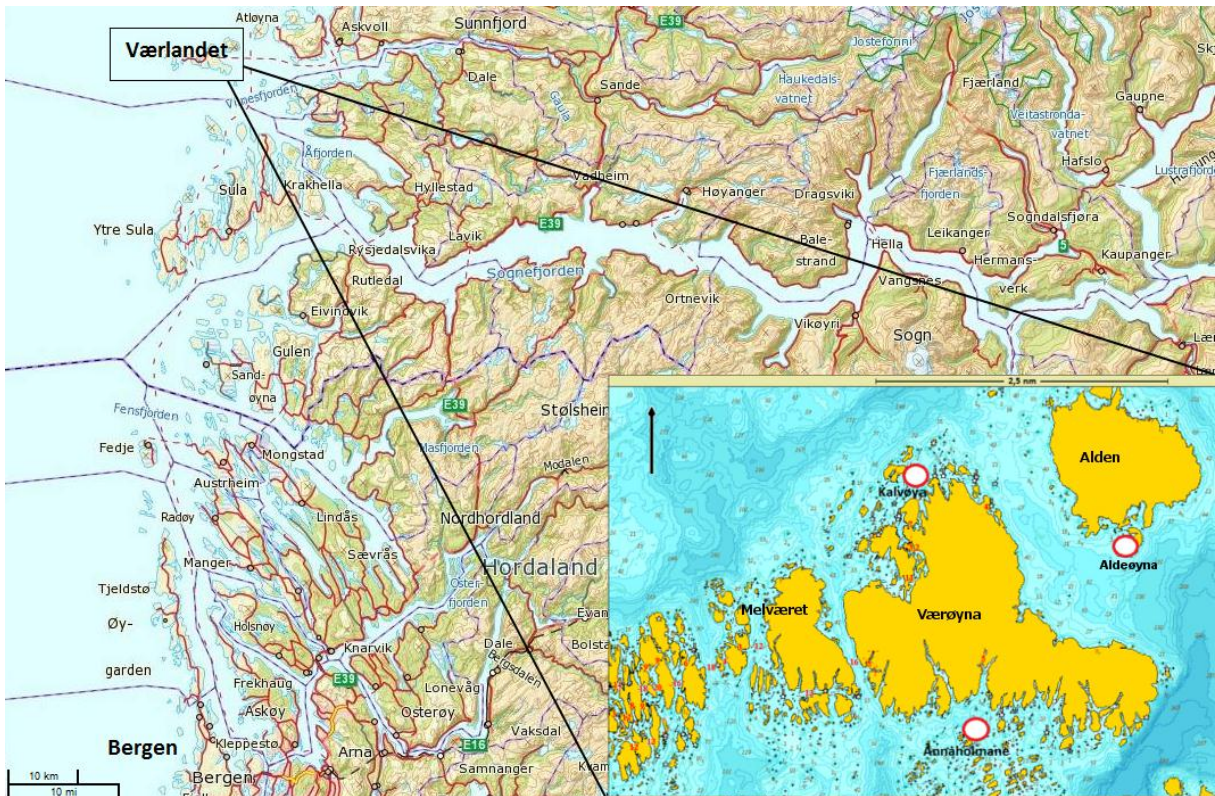
### 2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger nord-vest i Værlandet, Askvoll kommune (Figur 2.1). Lokaliteten er plassert like nord for Kalvøya og er skjermet fra vestlig og sørlig retning av Værøyna og Melværet. Mot nord og vest ligger en rekke småholmer som også gir noe beskyttet for havgapet utenfor, men mer begrenset. Anlegget ligger på ca 26 meters dyp og bunnen under skråner svakt nedover i nord - nordvestlig retning i form av en renne som går langsmed østsiden av Værholmane og ut mot Håskjeret. Rennene passerer mellom Værholmane og Håskjeret, og skråner deretter bratt ned mot 150 meters dyp i sjøområdet Håsteinosen i nordvestlig retning for lokaliteten (Figur 2.2 og 2.3).

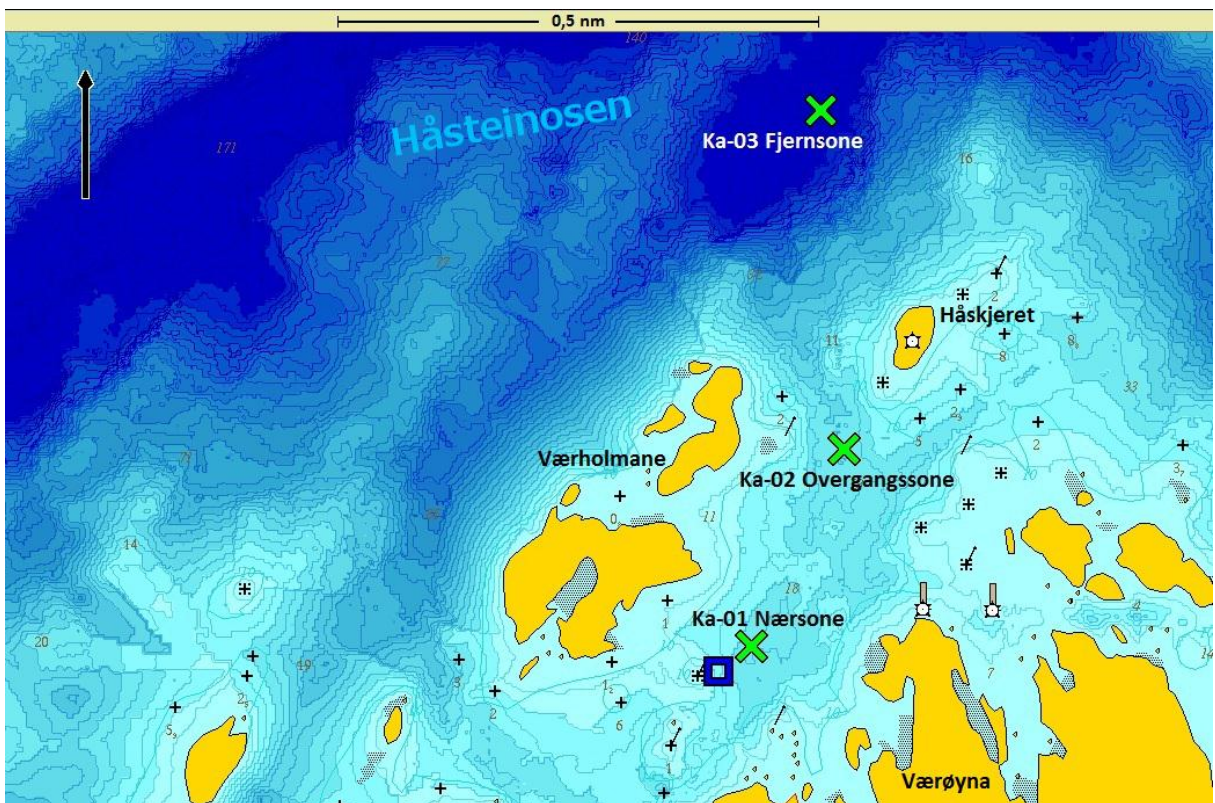
Det er tidligere gjort undersøkelser av området av AquaSafe i 1993 (Aabel, 1993). Stasjonene brukt den gangen er ikke oppgitt ved koordinater, og data fra undersøkelsen i 1993 kan følgelig ikke brukes direkte for stasjonssammenligning. Ut fra kart i rapporten for undersøkelsen i 1993 er stasjonene plassert i området mellom nærsone (Ka-01) og overgangssone (Ka-02) for undersøkelsen i februar 2014, og kan derfor brukes som en mer generell sammenligning av området mellom Værholmane, Værøyna og ut mot Håskjeret for 20 år siden (se Figur 2.2). Prøvene den gang viste at stasjonen nærmest anlegget (St.1 1993, 21 meter) var preget av drift, mens det dypeste punktet i bassenget hvor anlegget var plassert (St.2 1993, 23 meter) ble funnet å være upåvirket.

Prøveinnsamlingene ble gjort 27. februar 2014. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (Ka-01), en ved overgangssone (Ka-02) og en stasjon ved fjernsone i dypet av fjorden (Ka-03). Innsamlingen ble gjennomført av Trond Einar Isaksen og Torben Lode fra SAM-Marin.

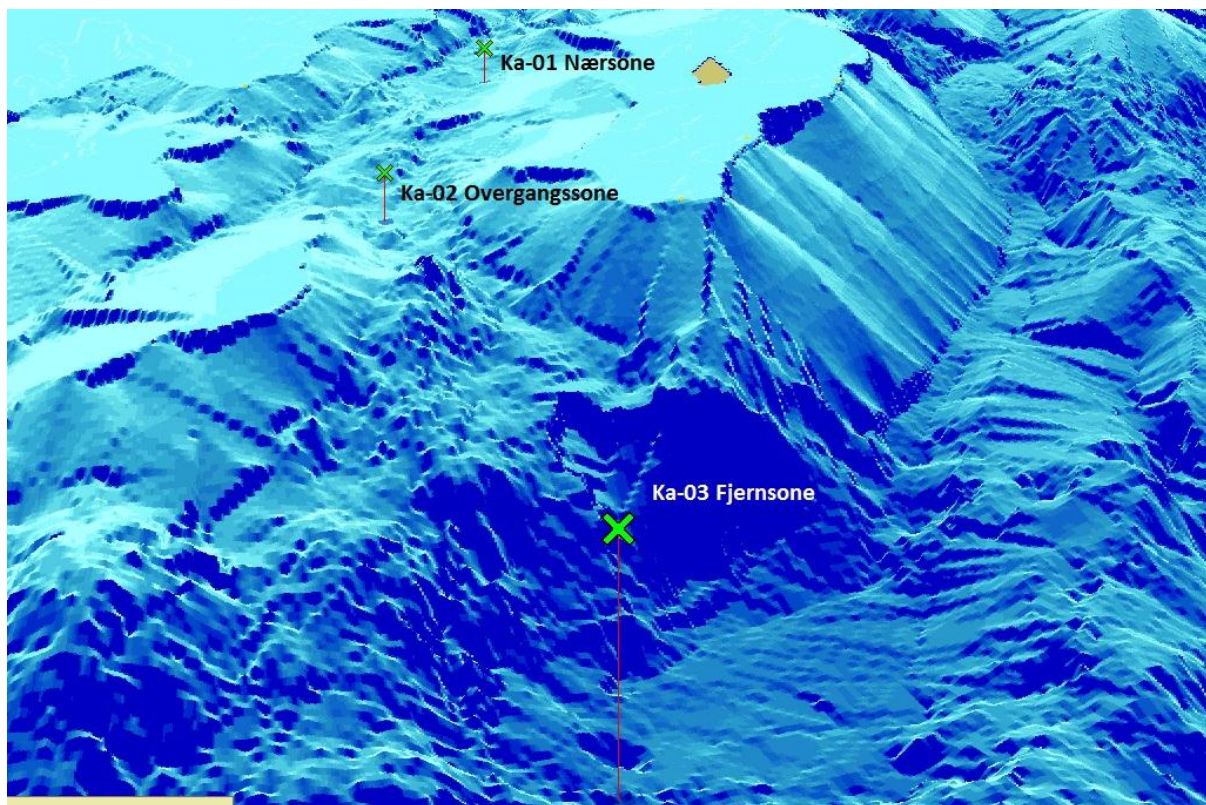
Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og bløtbunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproducerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene er registrert med bruk av SAM-Marin Olex m/ GPS. Plasseringa til stasjonene blir oppgitt med koordinater (WGS84, Tabell 2.1). Koordinatene er oppgitt som fulle koordinater med nord- og østverdi i meter med minimum 20 meters presisjon i henhold til kravspesifikasjonen (ISO 16665:2014).



**Figur 2.1:** Oversiktskart over strekningen Bergen - Værlandet. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet. Røde/hvite sirkler viser plasseringen til de 3 lokalitetene Aldøyna (oppe til høyre), Kalvøya (oppe til venstre) og Ånnaholmane (nederst) undersøkt ved utgangen av februar 2014. Kart kilde: Fiskeridirktoratet og Olex.



**Figur 2.2:** Kartutsnitt viser plassering av undersøkte stasjoner ved lokaliteten Kalvøya, februar 2014; stasjoner angitt med grønne kryss. Blå firkant angir plassering av anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex



**Figur 2.3:** Bunntopografisk kart over området ved lokaliteten Kalvøya; stasjoner angitt ved grønne kryss. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1:** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved lokaliteten Kalvøya. Posisjonering ved hjelp av Olex m/ GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. Olex m/ ekkolodd. Det ble benyttet duo grabb, hvor det ene kammeret utgjør en grabbåpning på 0,1 m<sup>2</sup> og brukes til biologiprøver (fullt kammer 21 l), mens det andre kammeret er mindre og brukes til kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Ka-01 27.02.2014	61° 19,188' N 004° 42,499' Ø	26	1	5,10	Biologi, geologi, MOM B-parametere Biologi, kjemi Lys sand, skjellsand og stein. Ingen lukt.
			2	6,10	
Overgangs- sone Ka-02 27.02.2014	61° 19,392' N 004° 42,701' Ø	30	1	7,10	Biologi, geologi, MOM B-parametere Biologi, kjemi Hvit sand/skjellsand. Ingen lukt.
			2	5,10	
Fjernsone Ka-03 27.02.2014	61° 19,744' N 004° 42,651' Ø	153	1	20	Biologi, geologi, MOM B-parametere Biologi, kjemi CTD m/ oksygenmåler Lysgrå silt/leire. Ingen lukt.
			2	20,5	



## 2.2 Hydrografiske målinger

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid ( $H_2S$ ), som er giftig, kan dannes og 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.

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt samtidig med innsamling av bløtbunnsprøver i henhold til NS 9410:2007.

## 2.3 Bløtbunnundersøkelse – Prøvetaking og analyser

Bløtbunnundersøkelsene omfatter sedimentprøver for analyse av geologi, kjemi og bunndyr (biologi). Prøvetakingen er utført akkreditert i samsvar med standard ISO 16665:2005 *Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna* og ISO 5667-19:2004 *Veileder i sedimentprøvetaking i marine områder*.

Bunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske sedimentanalyser samles inn ved bruk av van Veen grabb med justerbare vekter. Det ble brukt en type modifisert van Veen grabb (0,15 m<sup>2</sup> åpning og 0,5 mm perforerte silplater i inspeksjonslukene) som tar biologi-, kjemi- og geologiprøver i same hugg (kombi-grabb, utviklet av Det Norske Veritas). Biologikammeret tilsvarer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>, mens det minste kammeret har prøveareal på 0,05 m<sup>2</sup> som er tilstrekkelig for geologi- og kjemiprøver.

Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m<sup>2</sup>. Miljøtilstand basert på makrofauna vurderes på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> (NS 9410:2007). For å oppnå et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> ble det tatt to grabbprøver på samme posisjon fra hver stasjon.

Hvor dypt grabben graver ned i sedimentet avhenger av konsistensen til sedimentet og av vekt til grabben. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve blir sedimentnivået av hver grabbprøve målt. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Bitedybden til en grabbprøve må derfor være minst 5 cm i sediment med fast konsistens eller minst 7 cm i sediment med løs konsistens for at prøven kan godkjennes for biologiske analyser (ISO 16665:2014). Prøver med mindre bitedybde kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Alle huggprøver er kontrollert med hensyn til mengde samlet sediment (i form av liter sediment tilsvarende krevd bitedybde iht. ISO 16665:2014), type sediment (fast eller løs

konsistens, innhold av skjellsand, stein, grus o.a.) og farge. Grabb-hugg som inneholder tilfredsstillende sedimentmengde med uforstyrret sedimentoverflate regnes som godkjente prøver for geologi, kjemi og biologi analyser i henhold til akkrediteringskravene. Det er særlig viktig at øvre sedimentlag i grabbprøver som skal brukes til geologi- og kjemi analyser er uforstyrret (ISO 5667-19:2004).

For hver stasjon (nærsonen, overgangssonen og fjernsonen) i det undersøkte området ble det tatt 1 samle-hugg til biologi- og geologi-prøver samt MOM-skjema og 1 samle-hugg til biologi- og kjemi-prøver I. Totalt ble det samlet inn 6 huggprøver fra 3 stasjoner (se Tabell 2.1).

Bearbeiding av prøver og analysering av bløtbunnparameterne (geologi, kjemi og biologi) er beskrevet under.

### Sediment (geologi)

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. Klassifisering av ulike sedimentfraksjoner basert på partikkelstørrelse som oppgitt i ISO 16665:2014 er vist i Tabell 2.2 under.

**Tabell 2.2:** Klassifisering av kornstørrelse i sediment (ISO 16665:2014).

Silt / leire	Svært fin sand	Fin sand	Medium sand	Grov sand	Svært grov sand	Grus
< 63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500 µm - 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm

Organisk innhold i sediment blir målt som prosent glødetap i samsvar med Norsk Standard NS 4764-1980. I beregningen er dette differansen til vekt av tørket prøve (vannfri prøve) og vekt av prøven etter brenning ved 550 °C (aske). Organisk innhold i sediment samsvarer ofte med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale sammenlignet med grovt sediment. I områder med svake strømforhold og akkumulering av finere partikler kan slikt sediment ofte være oksygenfattig like under sediment-overflaten. Under slike forhold kan sedimentet ha en rått lukt av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S). Dette vil være særlig fremtredende i områder med stor organisk tilførsel og/eller dersom bunnvannet i området inneholder lite oksygen.

Det er samlet sedimentprøver fra hver stasjon i det undersøkte området. Prøvetakingen og analyse er utført etter gjeldende standarder ISO 5667-19:2004 og NS 4764. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstiller NS-EN ISO-17025 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale og kornfordeling med akkrediterings nr. TEST 032.

Resultat av kornfordelingen til sedimentprøvene er presentert i kurveform, der partikkelstørrelse fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelse blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/Eh)

Det er tatt ut prøver fra det ene hullet fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19. Miljøgifter i sediment er hovedsakelig knyttet til finstoff (leire, silt) og organisk materiale. Det ble tatt prøver til kjemisk analyse fra alle bløtbunnstasjonene med bruk av metoder i samsvar med "Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (TA-2229/2007). Prøvene ble sendt til Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (akkrediteringsnummer TEST 003) for kjemiske analyser.

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 2.4. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346. Tilstandsklasser gis for de målte parametere som inngår i gjeldende veiledere (SFT 1997; SFT 2008) (Tabell 2.4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i marint sediment kan si noe grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorganismer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensialet 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. Miljøtilstand basert på disse målingene er beregnet på samme måte som i MOM B-undersøkelser i henhold til skjema B1 (NS 9410:2007).

Bunndyr (biologi)

Bunndyr eller bløtbunnsfauna i denne undersøkningen skal forstås som virvelløse dyr større enn 1 mm som lever på- eller i overflatesediment (gravende dyr). Vanlige dyregrupper i denne sammenheng er børstemark, muslinger, snegler, krepsdyr og pigghuder.

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.

Metoder som omfatter innsamling av bløtbunnsprøver, opparbeidelse av prøvene, artsbestemmelse og databehandling er utført i samsvar med standard ISO 16665:2014. For innsamling av bunnprøver er det brukt van Veen grabb (som beskrevet innledningsvis i dette kapitlet). Grabbinnholdet vaskes gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard, 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene fikseres med 20 % boraks-bufret formalin (8 % formaldehyd løsning) tilsatt bengalrosa i felt. 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. Bunndyrsmaterialet oppbevares i SAM-Marin sine lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 3 år.

Opparbeidning av det biologiske materialet er utført i samsvar med SAM-Marin sin akkreditering for denne type arbeid (akkrediteringsnummer TEST 157). 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 bunndyrsmaterialet. 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 Vanndirektivet 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 veilederne (SFT 1997; SFT 2008). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hulberts diversitetsindeks ( $E_{S_{100}}$ ), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI<sub>2012</sub> og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. Inndeling i tilstandsklasser for indeksene er gjort på bakgrunn av Veileder 02:2013 (Tabell 2.4). 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 2.3). Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.5).

**Tabell 2.3:** Klassegrenser for nEQR i henhold Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 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 2.4:** Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i veilederne SFT 1997 (97:03) og SFT 2008 (TA 2229/2007) og Direktoratgruppa sin 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
<b>Dypvann</b>	Oksygen *	97:03	ml O <sub>2</sub> / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
<b>Sediment</b>	NQ11	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 <sub>100</sub>	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI <sub>2012</sub>	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 mgO<sub>2</sub> /l er 1,42

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

**Tabell 2.5:** Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen 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 <sup>2</sup> . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup>
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

## 2.4 Produksjonsdata fra anlegget

Det har vært drift ved lokaliteten Kalvøya siden produksjonen først startet i 1986. Anlegget består av 8 bur på 24 x 24 meter ved undersøkelsestidspunktet. Det er ikke noe produksjon ved undersøkelsestidspunktet (innestående biomasse på 0 t). Innsetting av ny fisk i mai 2014 (årsklasse Vår 2014) og planlagt utslakting høst 2015. Anlegget skal deretter brakklegges fra januar 2016 frem til mai 2016.

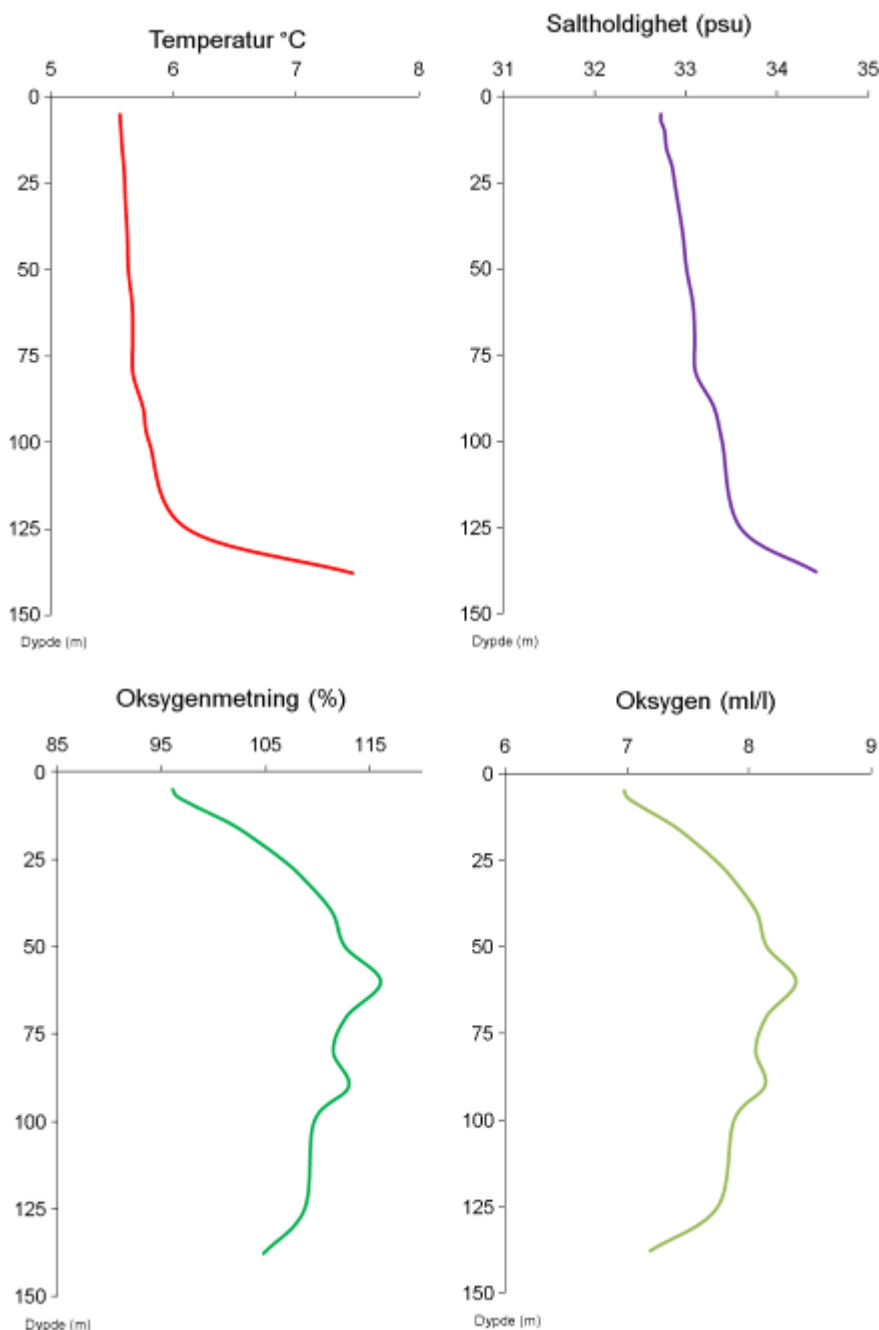
**Tabell 2.6.** Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

År	Utfôret mengde	Produsert mengde
2013	2137	2156
2012	498	427
2011	2008	1921

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved fjernsonen (Ka-03) 27. februar 2014. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



**Figur 3.1:** Lokalitet Kalvøya. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l ved fjernsonen (Ka-03), målt med STD/CTD-sonde med påmontert oksygensensor fra overflaten og ned mot bunn den 27. februar 2014. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra  $\text{mgO}_2/\text{l}$  med en omregningskoeffisient på 1,42.

Både temperatur og saltholdighet øker svakt med dybden ned mot 125 meters dyp. Videre ned mot 140 meters dyp øker begge parameterne kraftig, da spesielt for temperatur som øker med tilnærmet halvannen grad på 15 meter. Temperatur og saltholdighet påvirker direkte vannmassers tetthet. Lik tetthet av vann i vannsøylen ned til 125 meters dyp gir blanding av vannmassene og en jevn fordeling av næringsstoffer vertikalt. Vannmassene nedenfor 125 meters dyp er tilsynelatende adskilte fra det øvrige kystvannet.

Oksygeninnholdet er generelt høyt gjennom hele vannsøylen og kommer aldri under 95 % metningsgrad. Nivået av oksygeninnhold i de øverste meterne av vannsøylen øker med dybden og når høyeste nivå ved omtrent 60 meter med en metningsgrad på 116 % (8,39 ml O<sub>2</sub>/liter). Forskjeller i oksygeninnhold vil typisk variere mer samt fremstå mer ustabil sammenlignet med temperatur og saltholdighet. Dette skyldes at oksygeninnholdet i vannsøylen i større grad påvirkes av små-skala endringer slik som 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 bunnvannet ble målt til 7,19 ml O<sub>2</sub>/liter (metning lik 105 %) på 138 meters dyp ved fjernsonen (Ka-03). Dette gir Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i dypvann.

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2. Tabell 3.1 viser prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner for de 3 undersøkte stasjonene.

Nærsonen (Ka-01) domineres av middels grove til grove partikler i form av sand (81,3 % av alt sediment) og grus (10,0 %). Den resterende andelen består av finere partikler som silt og leire. Overgangssonen (Ka-02) består nesten utelukkende av middels grove sedimenter i form av sand (95,0 %). Ved fjernsonen (Ka-03) består sedimentet i størst grad av leire og silt (82,1 %). Den resterende andelen av sediment i fjernsonen består i hovedsak av partikler definert som fin sand.

Kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene indikerer bedre bunnstrømforhold ved nærsonen (Ka-01) og overgangssonen (Ka-02) sammenlignet med den dypere liggende fjernsonen (Ka-03). Slike ulikheter i bunnstrømforhold mellom grunne og dype fjordparti er vanlig forekommende.

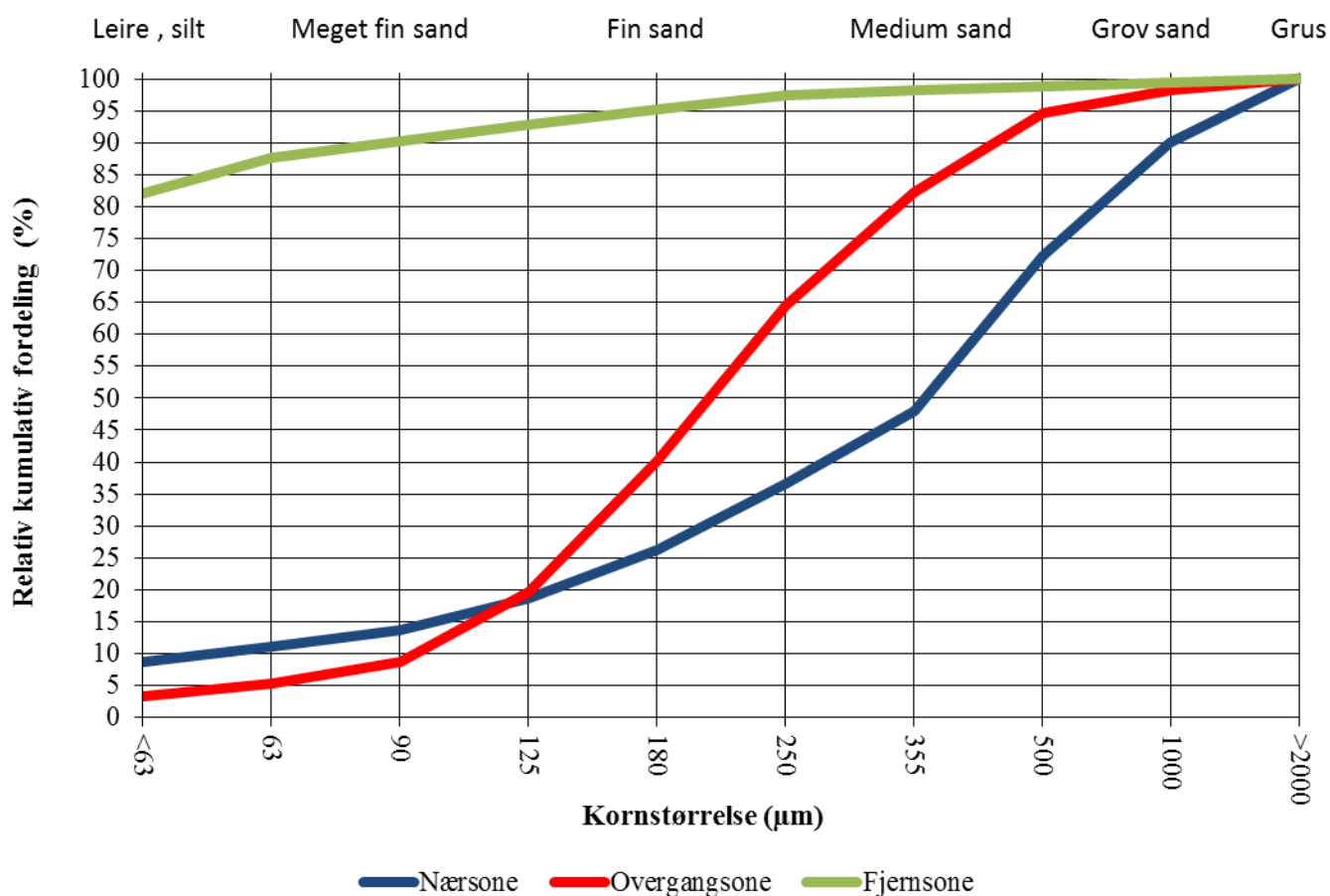
Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligger på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien for nærsonen (Ka-01) og overgangssonen (Ka-02) er å anse som gode og befinner seg godt innenfor normale verdier. Fjernsonen (Ka-03) viser forhøyet verdi for glødetap på 28,7 %. Finpartikulære sedimenter binder enklere til seg kjemiske og organiske avfallsstoffer sammenlignet med grovere sedimenter. Dette kan være noe av årsaken til forskjellene mellom stasjonene i forhold til glødetapsverdier. Men det er ikke uvanlig med slike glødetapsverdier på dypere vann og særlig i basseng på kysten som har sedimentering av tang og tare, som sannsynligvis er tilfellet her.

Ved undersøkelsen i 1993 ble det målt glødetap på 2,9 % ved St.1 1993 og glødetap på 10,4 % ved St.2 1993. Disse historiske stasjonene er plassert omtrentlig i området mellom nærsonen og overgangssonen for undersøkelsen i 2014. Basert kun på disse to undersøkelsene virker området mellom Værholmane, Værøyna og Håskjeret relativt uforandret de siste 20 årene med tanke på organisk opphopning.



**Tabell 3.1:** Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Kalvøya, februar 2014.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Ka-01, Nærsone	26	7,67	8,7	81,3	10,0
Ka-02, Overgangssone	30	5,14	3,3	95,0	1,7
Ka-03, Fjernsone	153	28,70	82,1	17,4	0,6


**Figur 3.2:** Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Kalvøya: Nærsone, Ka-01; Overgangssone, Ka-02; Fjernsone, Ka-03. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (ISO 16665:2014): 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).

### 3.3 Kjemi

#### 3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis omkring under 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene (Johansen & Isaksen, 2014). Ved nærsonen (Ka-01) er det svært høye verdier for fosfor med hele 20 000 mg/kg TS ved undersøkelsestidspunktet. Dette er langt ovenfor det som betraktes som normalt og antyder høy grad av organisk belastning ved nærsonen (Ka-01). De mer fjerntliggende stasjonene ved overgangssonen (Ka-02) og fjernsonen (Ka-03) har imidlertid gode verdier godt innenfor det som betraktes som normalt.

Både nærsonen (Ka-01) og fjernsonen (Ka-02) har sterkt forhøyede verdier for normalisert TOC, helt opp i grensesjiktet mot verste tilstandsklasse. Begge stasjonene (Ka-01 og Ka-03) får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig) for normalisert TOC. Overgangssonen (Ka-02) viser bedre verdier for normalisert TOC, men også her svakt forhøyet. Stasjonen ved overgangssonen (Ka-02) får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God) for normalisert TOC. 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 plassert i fjorder og andre kystnære områder, som 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. Nærsonen (Ka-01) viser ved undersøkelsestidspunktet forhøyede verdier av kobber og får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Sinkverdiene ved nærsonen (Ka-01) er også noe forhøyet og gir Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). Både ved overgangssonen (Ka-02) og fjernsonen (Ka-03) er det ved undersøkelsestidspunktet svært gode verdier for begge parameterne kobber og sink. Begge stasjonene (Ka-02 og Ka-03) får Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå) for begge parameterne kobber og sink.

Det virker å være en vesentlig grad av organisk belastning ved nærsonen på undersøkelsestidspunktet, basert på målinger av fosfor og TOC (Tabell 3.2). Også verdier for de to undersøkte metallene kobber og sink viser tydelige spor av drift ved nærsonen (Ka-01).

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

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

Tabell 3.3 viser målte verdier for pH og redokspotensialet ved undersøkte stasjoner, samt tilstandsvurdering på bakgrunn av disse parameterne. pH/Eh målingene viser gode tilstander ved alle de tre undersøkte stasjonene (Ka-01, Ka-02 og Ka-03). Samtlige stasjoner får beste tilstand – 1 (Meget god).

**Tabell 3.2:** Innholdet av de undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Kalvøya, februar 2013. Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering (TA 2229/2007I) for sink, kobber og etter SFT 97:03 for normalisert TOC; for TK grenseverdier, se Tabell 2.3.

Stasjon	Totalt organisk karbon mg/g	Normalisert TOC mg/g	Fosfor		Sink		Kobber		Tørrstoff (TS) %
			TK	TS	TK	TS	TK	TS	
Ka-01, Nærsone	24	40	IV	20000	210	II	180	IV	57
Ka-02, Overgangssone	8	25	II	530	21	I	5	I	57,1
Ka-03, Fjernsone	38	41	IV	790	78	I	22	I	46,5

**Tabell 3.3:** Målte pH og E<sub>h</sub> verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Kalvøya, februar 2014. Den beregnede pH/E<sub>h</sub> verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Ka-01, Nærsone	7,65	100	1	1
Ka-02, Overgangssone	7,92	386	0	1
Ka-03, Fjernsone	7,97	193	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 februar 2014. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra nærsonen (Ka-01) er det totalt 9 arter bestående av til sammen 1491 individer. I følge MOM-standarden (NS9410:2007) er diversitetsindekser 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 Ka-01 miljøtilstand 3 (Dårlig). Blant de ti mest tallrike artene i nærsonen ved undersøkelsestidspunktet finner man børstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus* som er opportunistiske arter og typiske for områder med høy grad av organisk belastning. *Capitella capitata* er den mest dominerende arten og utgjør hele 97 % av det totale antallet individer på stasjonen, til sammen utgjør de to artene 99,1 % og vitner om svært høy organisk belastning.

I prøvene fra overgangssonen (Ka-02) ble det funnet 49 arter med til sammen 581 individer. Blant de 10 mest tallrike artene finner man ni børstemarkarter og en fåbørstemark. Det samlede resultatet av diversitets-, individtetthets-, ømfintlighets- og sammensatte-indekser

gir en nEQR-verdi på 0,63 og plasserer Ka-02 i nedre del av Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God). I henhold til MOM-standarden (NS 9410:2007) får overgangssonen miljøtilstand 1 (Meget god).

I fjernsonen (Ka-03) ble det funnet 76 arter med tilsammen 954 individer. Blant de mest tallrike artene finner man fire bløtdyr, en pigghud, fem børstemarkarter. Det samlede resultatet av diversitets-, individtetthets-, ømfintlighets- og sammensatte-indekser gir en nEQR-verdi på 0,68 og plasserer Ka-03 i Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God).

De multivariate analysene viser først og fremst stor likhet mellom hugg innad på stasjonene (Figur 3.4 og 3.5). Det er videre en tydelig forskjell mellom alle de tre stasjonene som ble undersøkt ved Kalvøya i februar 2014. I tillegg viser de multivariate analysene at nærsone (Ka-01) skiller seg mest fra de andre stasjonene, og at overgangssonen (Ka-02) er den stasjonen fra denne undersøkelse som ligner mest på de undersøkte stasjonene i 199, mens nærsone (Ka-01) er den som ligner minst.

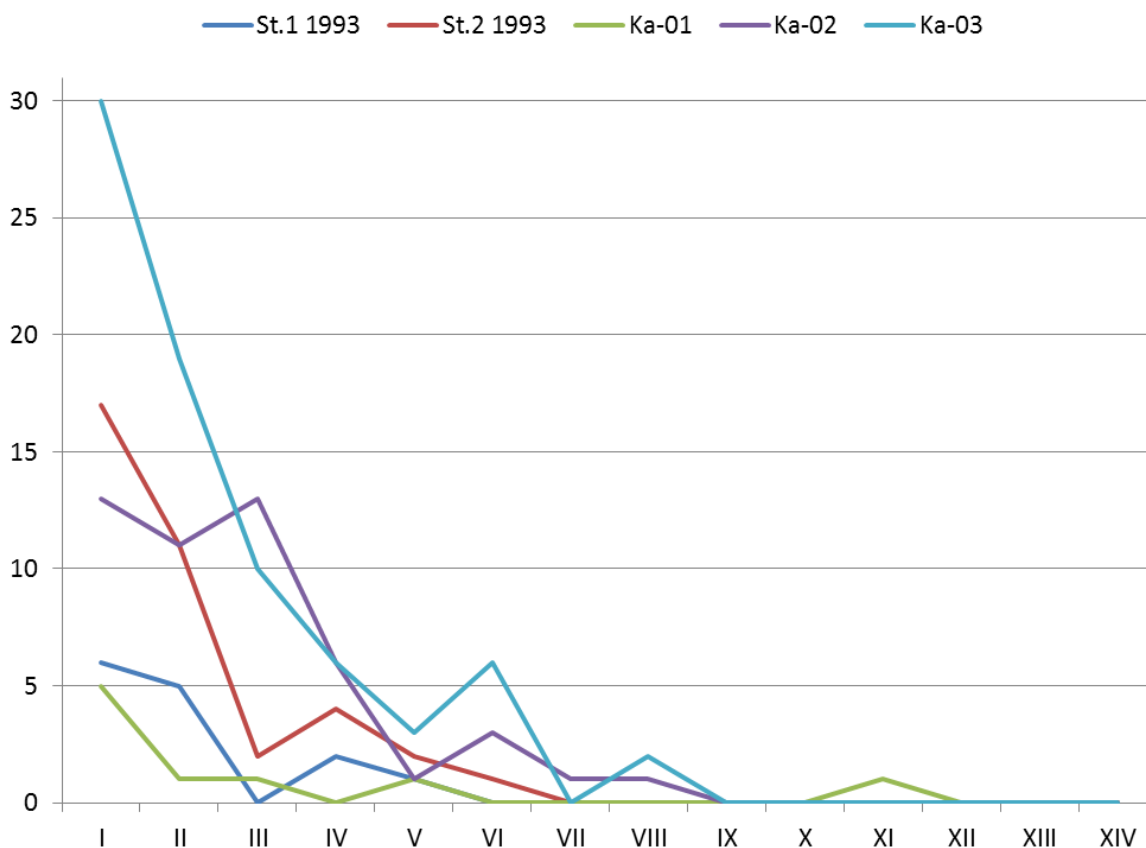
Det er for øvrig tydelig at forholdene ved Ka-01 på undersøkelsestidspunktet er betydelig dårligere sammenliknet med de undersøkte stasjonene i området i februar 1993.

**Tabell 3.4:** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved Kalvøy, februar 2014, samt historiske stasjoner i nærområdet til anlegget (st. 1 og st. 2, februar 1993). Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES<sub>100</sub> og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Beregnede indeksverdier og nEQR er vist for alle stasjonene (nær-, overgangs- og fjernsone), men gjelder strengt tatt kun for vurdering av tilstanden til fjernsonen. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Klassifisering av miljøtilstand i fjernsone er gitt i henhold til vanddirektivets veileder 02:2013 med bruk av nEQR-verdier. Grabbverdien av nEQR er basert på grabbgjennomsnittet for hver enkel indeks mens stasjonsverdien av nEQR er basert på sum (kumulert grabbdata). Miljøtilstand og tilstandsklasser er markert med fargekoder. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsen fra 2014 er 0,2 m<sup>2</sup>. Grabbstørrelse eller prøveareal i undersøkelsen fra 1993 er ukjent.

Stasjon	Grabb-hugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES <sub>100</sub> verdi	ISI <sub>2012</sub> verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi	Miljø-tilstand
<b>Nærsone</b>											
Ka-01	1	9	545	0,29	0,37	3,67	6,73	7,12	0,69		
27.02.2014	2	3	946	0,18	0,15	2,15	3,2	6,96	0,93		
26 m	sum	9*	1491	0,28	0,24	2,73	6,73	7,02	0,82		3
	snitt	6	745,5	0,24	0,26	2,91	4,97	7,04	0,82		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,18	0,05	0,11	0,49	0,14	0,22	-	
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,15	0,06	0,12	0,26	0,14	0,22	-	
St.1	1	14	53	0,59	3,02	14	8,51	27	0,33		
11.02.1993	nEQR			0,54	0,6	0,51	0,7	0,87	0,76	0,66	
26 m											
St.2	1	37	186	0,64	4,11	27,43	7,72	24,22	0,22		
11.02.1993	nEQR			0,61	0,72	0,72	0,62	0,77	0,85	0,72	
25 m											
<b>Overgangssone</b>											
Ka-02	1	33	354	0,57	3,41	20,44	7,9	19,66	0,5		
27.02.2014	2	39	227	0,65	3,88	26,39	8,13	20,35	0,31		
30 m	sum	49	581	0,62	3,99	25,37	7,98	19,96	0,41		1
	snitt	36	290,5	0,61	3,64	23,42	8,02	20,01	0,41		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,58	0,71	0,7	0,65	0,6	0,64	0,65	
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,57	0,67	0,68	0,65	0,6	0,64	0,64	
<b>Fjernsone</b>											
Ka-03	1	57	464	0,75	4,31	28,39	9,68	23,43	0,62		
27.02.2014	2	51	490	0,72	3,95	25,86	10,07	22,75	0,64		
153 m	sum	76	954	0,75	4,23	27,38	10,05	23,08	0,63		
	snitt	54	477	0,74	4,13	27,13	9,88	23,09	0,63		
	<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>			0,73	0,74	0,72	0,83	0,72	0,38	0,69	-
	<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>			0,71	0,73	0,72	0,82	0,72	0,38	0,68	-

\* En art (*Capitella capitata*) utgjør mer enn 90% av det totale individtallet

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 fra Kalvøya, februar 2014 og for de historiske stasjonene fra området, februar 1993.

**Tabell 3.5:** De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Kalvøya, februar 2014 og for de historiske stasjonene fra området, februar 1993. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m<sup>2</sup>.

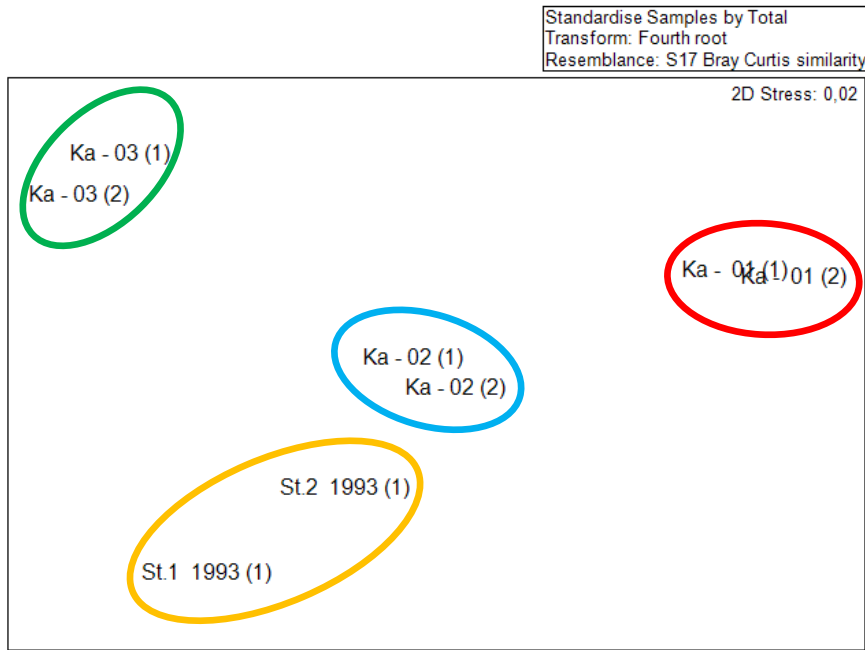
SUM St.1 1993	Antall	%	Kum %
<i>Aonides paucibranchiata</i>	16	30,2 %	30,2 %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	11	20,8 %	50,9 %
<i>Glycera alba</i>	9	17,0 %	67,9 %
<i>Pista cristata</i>	3	5,7 %	73,6 %
<i>Scoloplos armiger</i>	2	3,8 %	77,4 %
<i>Eteone longa</i>	2	3,8 %	81,1 %
<i>Raricirrus</i> sp.	2	3,8 %	84,9 %
<i>Echinocardium cordatum</i>	2	3,8 %	88,7 %
<i>Owenia borealis</i>	1	1,9 %	90,6 %
<i>Ophiura albida</i>	1	1,9 %	92,5 %
<i>Hydroides norvegicus</i>	1	1,9 %	94,3 %
<i>Spionidae</i> indet.	1	1,9 %	96,2 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	1	1,9 %	98,1 %
<i>Euspira nitida</i>	1	1,9 %	100,0 %

SUM St.2 1993	Antall	%	Kum %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	38	20,4 %	20,4 %
<i>Aonides paucibranchiata</i>	22	11,8 %	32,3 %
<i>Raricirrus</i> sp.	22	11,8 %	44,1 %
<i>Glycera alba</i>	14	7,5 %	51,6 %
<i>Prionospio cirrifera</i>	14	7,5 %	59,1 %
<i>Scoloplos armiger</i>	13	7,0 %	66,1 %
<i>Paraonis</i> sp.	9	4,8 %	71,0 %
<i>Capitella capitata</i>	5	2,7 %	73,7 %
<i>Owenia borealis</i>	4	2,2 %	75,8 %
<i>Ophiura albida</i>	3	1,6 %	77,4 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	3	1,6 %	79,0 %
<i>Euspira nitida</i>	3	1,6 %	80,6 %
<i>Spio</i> sp.	3	1,6 %	82,3 %
<i>Eulalia viridis</i>	3	1,6 %	83,9 %
<i>Holothuroidae</i> indet	3	1,6 %	85,5 %

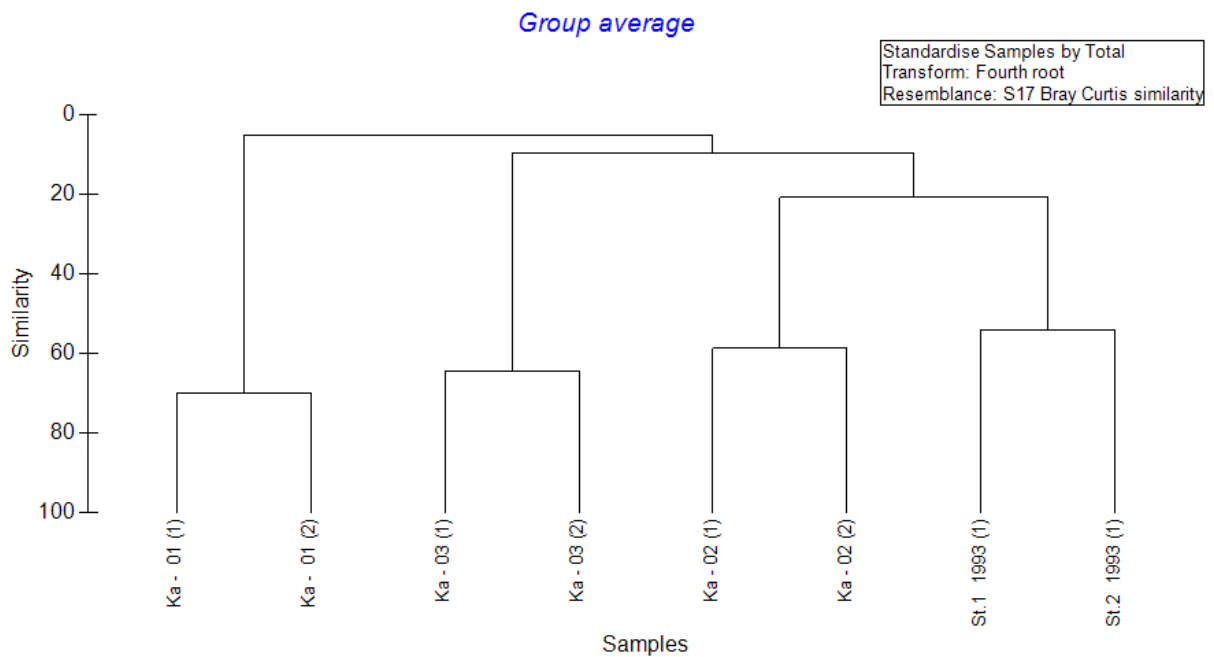
SUM Ka-01	Antall	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	1447	97,0 %	97,0 %
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	30	2,0 %	99,1 %
<i>Phyllodoce mucosa</i>	7	0,5 %	99,5 %
<i>Nudibranchia</i> indet	2	0,1 %	99,7 %
<i>Sabellides octocirrata</i>	1	0,1 %	99,7 %
<i>Exogone</i> sp	1	0,1 %	99,8 %
<i>Phyllodoce maculata</i>	1	0,1 %	99,9 %
<i>Prosobranchia</i> indet	1	0,1 %	99,9 %
<i>Margarites helacinus</i>	1	0,1 %	100,0 %

SUM Ka-02	Antall	%	Kum %
<i>Chaetozone</i> sp.	147	25,3 %	25,3 %
<i>Scoloplos armiger</i>	89	15,3 %	40,6 %
<i>Prionospio cirrifera</i>	63	10,8 %	51,5 %
<i>Cirriformia tentaculata</i>	51	8,8 %	60,2 %
<i>Oligochaeta</i> indet.	41	7,1 %	67,3 %
<i>Aonides oxycephala</i>	18	3,1 %	70,4 %
<i>Lumbrineridae</i> indet.	15	2,6 %	73,0 %
<i>Glycera lapidum</i>	14	2,4 %	75,4 %
<i>Spio</i> sp.	10	1,7 %	77,1 %
<i>Aonides paucibranchiata</i>	9	1,5 %	78,7 %

SUM Ka-03	Antall	%	Kum %
<i>Paramphinome jeffrey sii</i>	239	25,1 %	25,1 %
<i>Thyasira equalis</i>	167	17,5 %	42,6 %
<i>Amphiura chiajei</i>	61	6,4 %	49,0 %
<i>Aphelochaeta</i> sp.	45	4,7 %	53,7 %
<i>Lumbrineridae</i> indet.	44	4,6 %	58,3 %
<i>Amphiura filiformis</i>	41	4,3 %	62,6 %
<i>Diplocirrus glaucus</i>	39	4,1 %	66,7 %
<i>Pholoe pallida</i>	33	3,5 %	70,1 %
<i>Nucula tumidula</i>	31	3,2 %	73,4 %
<i>Adontorhina similis</i>	26	2,7 %	76,1 %



**Figur 3.4:** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt ved Kalvøya, februar 2014 og for de historiske stasjonene fra området, februar 1993. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



**Figur 3.4:** Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt ved februar 2014 og for de historiske stasjonene fra området, februar 1993. 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 i sjøen ved oppdrettslokaliteten Kalvøya ved Værlandet, Askvoll kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 27. februar 2014. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i fjernsonen.

Den undersøkte stasjonen ved nærsonen består ved undersøkelsestidspunktet av et middels grovt til grovt sediment dominert av sand og med innslag av grus. Ved overgangssonen består sedimentet av nesten utelukkende middels grovt sediment i form av sand. I fjernsonen består sedimentet hovedsakelig av leire og silt med innslag av sand. Sedimentforholdene tyder på bedre og kraftigere bunnstrømforhold ved nær- og overgangssonen sammenlignet med fjernsonen.

Bunnvannet ved fjernsonen (Ka-03) er oksygenrikt med en metningsgrad lik 105 %, og et oksygeninnhold på 7,19 ml O<sub>2</sub>/liter. Dette tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i dypvann.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Nær- og overgangssonen har ved undersøkelsestidspunktet lave verdier for glødetap, godt innenfor normale verdier for norske fjorder som typisk er på under 10 %. Sedimentet ved fjernsonen har et forhøyet glødetap på 28,7 %, som ikke er uvanlig på dypere vann og særlig i basseng på kysten som har sedimentering av tang og tare.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Nærsonen og fjernsonen har ved undersøkelsestidspunktet dårlige TOC-verdier og får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Prøver fra overgangssonen viser kun svakt forhøyede verdier av TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). 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 nærsonen på undersøkelsestidspunktet. Ved overgangssonen og fjernsonen måles normale verdier av fosfor for marine sedimenter.

Måling av pH og Eh viser generelt svært gode forhold både i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen.

Kobber- og sinkverdiene er ved undersøkelsestidspunktet svært lave i prøver fra overgangssonen og fjernsonen, og gir tilstandsklasse I (Bakgrunn). På nærsonen er nivåene imidlertid forhøyet for begge parameterne, og gir tilstandsklasse IV (Dårlig) for kobber og tilstandsklasse II (God) for sink.

Bunnfaunaen ved nærsonen vitner om miljøpåvirkning på undersøkelsestidspunktet. I prøvene herfra finner man totalt bare 9 ulike arter hvorav de 2 mest dominerende artene utgjør 99,1 % av alle samlede individer. Artene funnet i prøvene fra nærsonen er typiske opportunister og kjennetegner områder med høy organisk belastning. I henhold til MOM-standarden (NS 9410:2007) som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får nærsonen tilstand 3 (Dårlig). Overgangssonen og fjernsonen har ved undersøkelsestidspunktet

betydelig bedre bunndyrsforhold. I henhold til MOM-standarden får overgangssonen tilstand 1 (Meget god). Både overgangssonen og fjernsonen tilsvarer Direktoratgruppens tilstandsklasse – II (God).

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Kalvøya februar 2014, viser at bunnforhold ved nærsone er sterkt påvirket med forhøyede nivåer av fosfor og kobber. Bunndyrundersøkelsen viser også dårlig økologisk tilstand i dette området.

Stasjonene lengre ut i resipienten viser generelt gode forhold. Bunnfauna i både overgangs- og fjernsonen er gode med artsmangfold som tyder på liten påvirkning av de økologiske forholdene på bunn.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg 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, da dette gir utfyllende informasjon på driftens belastende effekt og områdets evne til innhenting. Resipientens evne til å ta seg inn igjen til sin naturlige tilstand i løpet av brakkleggingsperiodene er avgjørende for hvorvidt pågående drift er forsvarlig med tanke på områdets fremtidige miljøkvalitet.

## 5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Trond Einar Isaksen og Torben Lode fra SAM- Marin, samt Brynjulf Haga med båt fra Aqua Management AS. Bunnprøvene ble sortert av Ina Birkeland, Nargis Islam, Linda Bjelland Pedersen, Ingrida Petrauskaite, Christine Pötsch, Natalia Korableva, Tom Alvestad og Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad, Lenka Nealova og Per Johannessen.

## 6 LITTERATUR

- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratets gruppa for gjennomføring av vanndirektivet, 181 s.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratets gruppa, 263 s.
- Fiskeridirektoratet. 2014. Fiskeridirektoratets kartløsning - MOM B Miljøtilstand, Kalvøya N [internett]. Tilgjengelig fra: <http://kart.fiskeridir.no> [lest 16.7.2014].
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- International standard. ISO 17294-2:2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. *Norges Standardiseringsforbund*.
- International standard. ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- International standard. ISO 5667-19:2005. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- International standard. ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Johansen, P. O., T. E. Isaksen. 2014. Vurdering av totalt organisk karbon (TOC) og totalt organisk materiale (TOM) som støtteparameter ved miljøgranskinger etter MOM-C metodikk. SAM notat nr. 11-2014. 24s.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn. Veiledning nr. 97:03, TA 1467/1997. 36s.
- SFT 2008. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. TA 2229/2007. 12s.
- Statlig program for forurensingsovervåking, 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02. TA 1883/2002. 138s.
- Norsk Standard NS 4764:1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9423:1998. Vannundersøkelse – Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. *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 14346:2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Aabel, J.P. 1993. Resipientundersøkelse - Landøy Fiskeoppdrett A/S lok: Værholmen. Aqua Safe. 9 s.

## 7 Vedlegg

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	29
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	38
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	39
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	44
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i> .....	45
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i> .....	48

## Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata

### Generelt

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

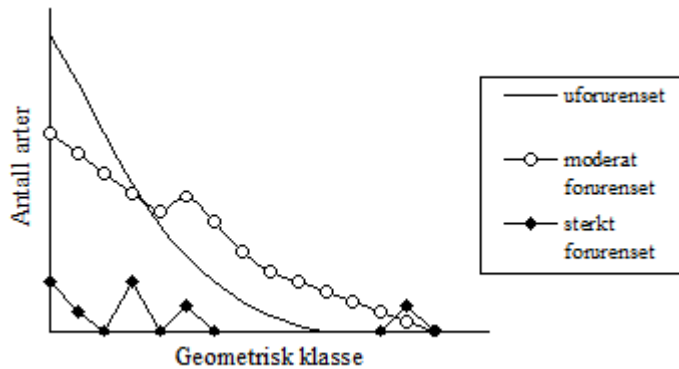
### Geometriske klasser

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

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små 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 arts mangfoldet (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  $ISI_{2012}$  (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI er beskrevet med utføres med følgende formel:

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

hvor  $ISI_i$  er verdi for arten  $i$  og  $S_{SI}$  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 <sub>100</sub>	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI <sub>2012</sub>	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05

\* 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 individtallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver



med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

### Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

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

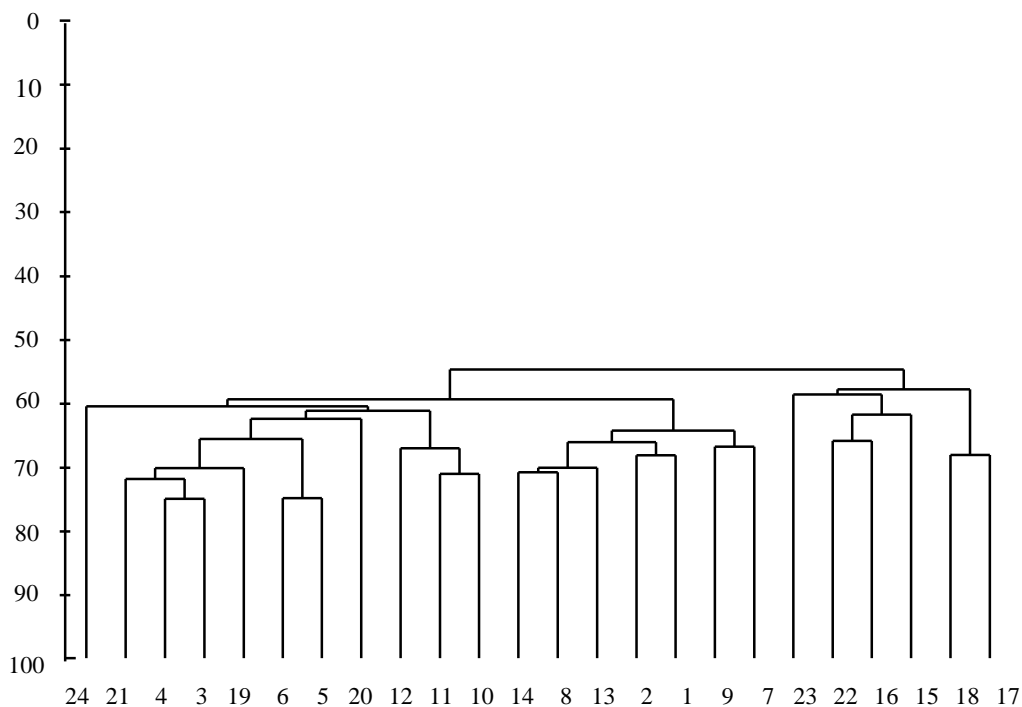
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

### **Dataprogrammer**

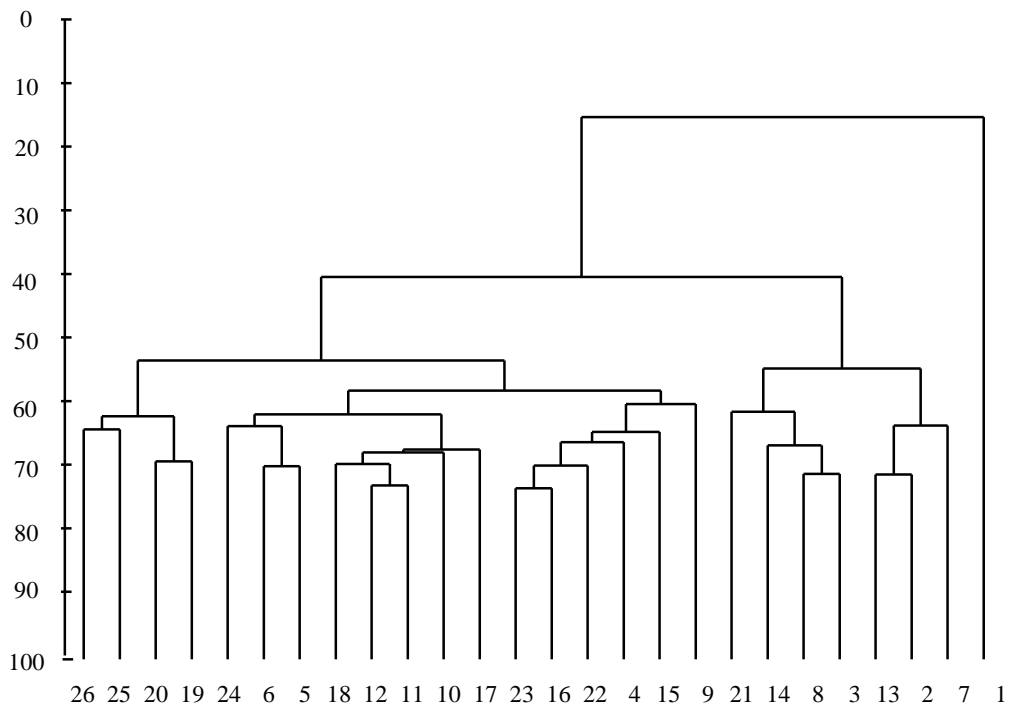
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet ( $H'$ ) og inndelingen i geometriske klasse.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

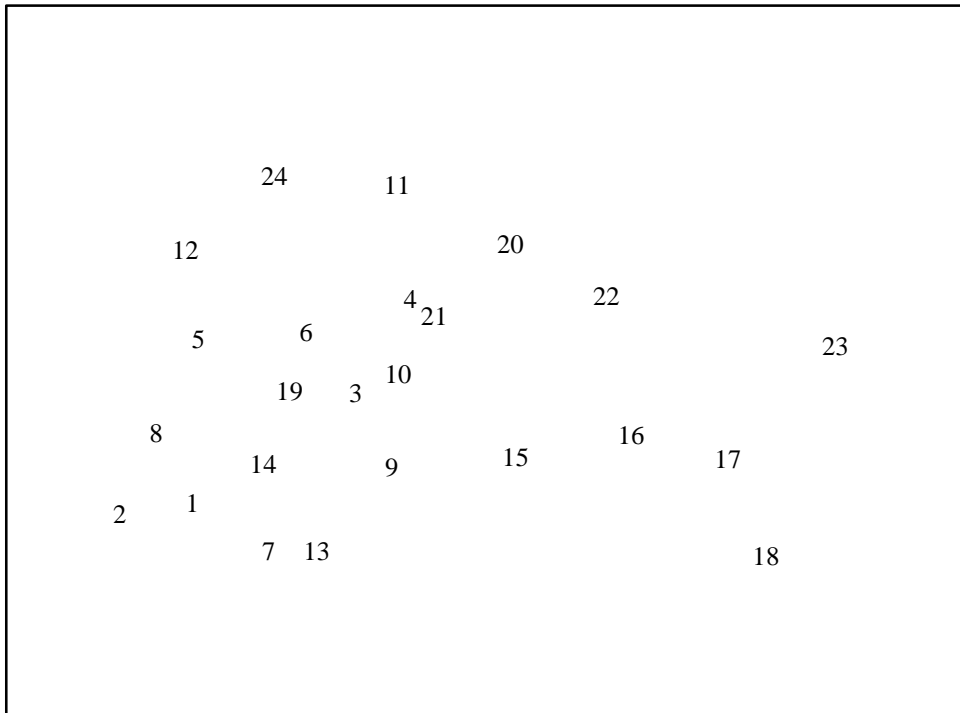


FAUNAFORSKJELL

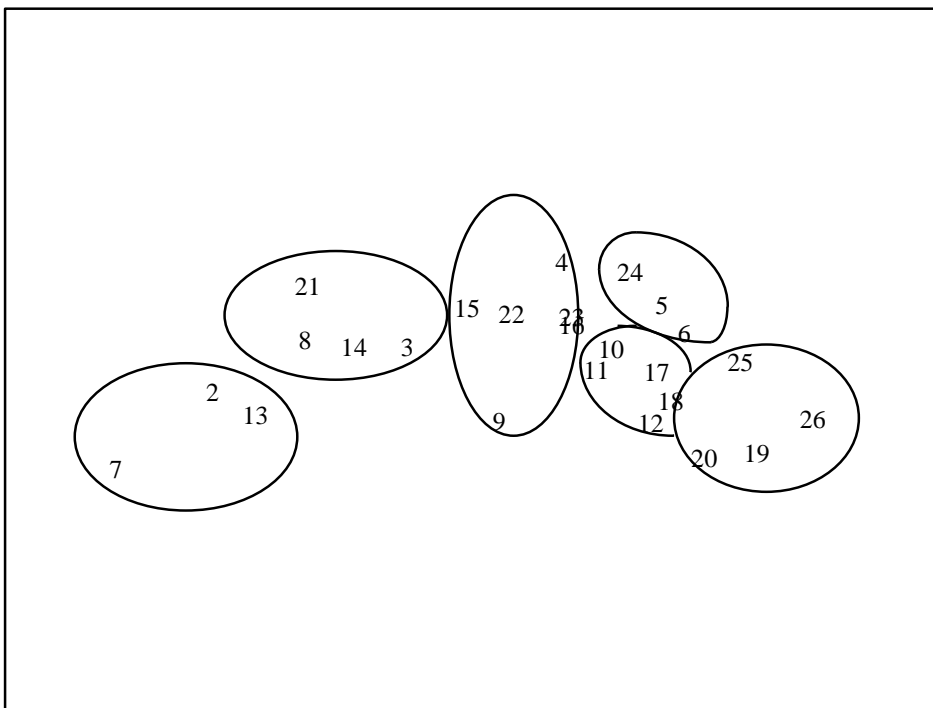


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratets gruppa, 263 s.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- 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
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn. Veiledning nr. 97:03, TA 1467/1997. 36s.
- SFT 2008. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. TA 2229/2007. 12s.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

### Vedleggstabell 1. MOM-B parametere

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

**PRØVESKJEMAET, B.1**

**Firma:** Landøy  
**Lokalitet:** Kalvøya N  
**Lokalitetstype:** Matfisk

**Dato:** 27.02.2014  
**Lokalitetsnr:** 10087

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks	
			1	2	3						
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0						0,0
I	Tilstand (Gruppe I)		A								
II	pH	verdi	7,65	7,92	7,97						
	E <sub>h</sub> (mv)	verdi	-122	164	-29						
		+ ref. verdi	100	386	193						
	pH/E <sub>h</sub>	fra figur	1	0	0						0,3
	Tilstand, prøve		1	1	1						
	Tilstand, gruppe II		1								
	Buffer temp:		7,98		Temp sjø:	6,0		Temp sediment:	5,9		
	pH sjø:		7,98		Eh sjø:	494		Ref. elektrode:	222		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		27.02.14 TEI								
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									
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0									
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		1	1								
v ≥ 3/4 = 2				2							
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0							
	2 - 8 cm = 1										
	t ≥ 8 cm = 2										
	SUM		1	1	2						
	Korrigert sum (*0,22)		0,22	0,22	0,44						0,3
	Tilstand prøve		1	1	1						
	Tilstand gruppe III		1								
	Middelverdi gruppe II og III		0,61	0,11	0,22						0,3
	Tilstand gruppe II og III		1								
	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				
	< 1,1	1									
	1,1 - < 2,1	2									
	2,1 - < 3,1	3									
	≥ 3,1	4									
	LOKALITETSTILSTAND									1	

**Korrekturlest:** 26.05.2014  
dato

EBI  
Sign.

TL  
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .

**Vedleggstabell 2. Artsliste**

ID: 10728 Versjonsnr: 003

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

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 27.06.2014 ( Øydis Alme )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 27.06.2014 ( Øydis Alme )



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

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Landøy Fiskeoppdrett AS, 6986 Værlandet****Prosjekt nr.: 808198****Prøvetakingssted (område): Kalvøy N 10087****Dato for prøvetaking: 27.02.2014****Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Tom Alvestad, Lenka Nealova og Per Johannessen**

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

**Opplysninger om merker i artslisten:**

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

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

**Andre opplysninger:**

Tabellen starter på neste side og består av:4 sider.

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

Signatur:   
 Godkjent taksonom

Stasjonsnavn	Ka - 01	Ka - 01	Ka - 02	Ka - 02	Ka - 03	Ka - 03
Dato	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014
Dyp	26 m	26 m	30 m	30 m	153 m	153 m
Hugg	1	2	1	2	1	2
<b>PORIFERA</b>						
* Porifera indet.				+		
Sycon sp.				+		
<b>HYDROZOA</b>						
* Hydrozoa indet.	+			+		
<b>ANTHOZOA</b>						
Cerianthus lloydii				6/2		
Actiniaria indet.					1	
Edwardsia sp.				3		
<b>PLATYHELMINTES</b>						
* Platyhelminthes indet.	1				1	
<b>NEMERTEA</b>						
* Nemertea indet.			5	8	6	9
<b>NEMATODA</b>						
* Nematoda indet.	16	21	ca. 100	9	2	2
<b>ANNELIDA</b>						
<b>POLYCHAETA</b>						
Polynoidae indet.			0/1		0/1	
Pholoe baltica			2/6		2	
Pholoe pallida					12/2	11/8
Pholoe assimilis			1	1		
Phyllodoce groenlandica			1			
Phyllodoce maculata	1					
Phyllodoce mucosa	3	2/2	0/4	3		
Eumida bahusensis			1/4			
Sige fusigera					2	
Eteone sp				4		
Glycera alba			5	2		
Glycera lapidum			1	13		
Glycera unicornis					1	
Goniada maculata				6		
Kerfersteinia cirrata			2	1		
Nereimyra punctata			1			
Ophiodromus flexuosus					1	
Syllidae indet			1	1		
Exogone sp	1		3	1		
Ceratocephale loveni						1/1
Eunereis elitoralis						0/1
Nephtys hystericis						1
Paramphinome jeffreysii					6/92	22/119
Lumbrineridae indet.			13	2	20	24
Dorvilleidae indet			2			
Naineris quadricuspida				1		



## Uni Research Miljø, SAM-Marin

Stasjonsnavn	Ka - 01	Ka - 01	Ka - 02	Ka - 02	Ka - 03	Ka - 03
Dato	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014
Dyp	26 m	26 m	30 m	30 m	153 m	153 m
Hugg	1	2	1	2	1	2
<i>Scoloplos armiger</i>			6/18	5/60		
<i>Aricidea catharinae</i>					2	5
<i>Levinsenia gracilis</i>						1
<i>Aonides oxycephala</i>			17	1		
<i>Aonides paucibranchiata</i>				9		1
<i>Laonice sarsi</i>					1	
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	6/10	9/5		2		
<i>Malacoceros vulgaris</i>			2			
<i>Prionospio cirrifera</i>			29	34		
<i>Prionospio fallax</i>			6		1	
<i>Spiophanes kroeyeri</i>					1	
<i>Spiophanes bombyx</i>			3	2		
<i>Scoelelepis korsuni</i>				2		
<i>Spio sp.</i>			8	2		
<i>Aphelochaeta sp.</i>					15/8	20/2
<i>Caulleriella killariensis</i>				2		
<i>Caulleriella zetlandica</i>				1		
<i>Chaetozone sp.</i>			135	12	1/3	2
<i>Cirriformia tentaculata</i>			39/10	0/2		
<i>Diplocirrus glaucus</i>					29	10
<i>Brada villosa</i>					1	
<i>Scalibregma inflatum</i>			1			
<i>Capitella capitata</i>	423/96	788/140	4	2		
<i>Heteromastus filiformis</i>					1	8
<i>Mediomastus fragilis</i>			2	1		
<i>Notomastus latericeus</i>					3/1	2
<i>Praxillella affinis</i>					1/3	7/1
<i>Praxillella praetermissa</i>					1/1	
<i>Rhodine gracilior</i>					2	1/1
<i>Galathowenia oculata</i>	+	+				
<i>Owenia borealis</i>			2	3/1		
<i>Pectinaria auricoma</i>						1
<i>Lagis koreni</i>					3	
<i>Ampharete lindstroemi</i>					1/1	
<i>Sabellides octocirrata</i>	1				1	
<i>Eclysippe vanelli</i>						1
<i>Melinna elisabethae</i>					1	
<i>Paramphitrite birulai</i>						3
<i>Pista cristata</i>					1	
<i>Pista lomnensis</i>						0/1
<i>Polycirrus plumosus</i>					6	3/2
<i>Polycirrus sp.</i>			3	1		
<i>Amaeana trilobata</i>					2	1
<i>Trichobranchus roseus</i>					1/1	3

## Uni Research Miljø, SAM-Marin

Stasjonsnavn	Ka - 01	Ka - 01	Ka - 02	Ka - 02	Ka - 03	Ka - 03
Dato	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014
Dyp	26 m	26 m	30 m	30 m	153 m	153 m
Hugg	1	2	1	2	1	2
Terebellides stroemi					2/2	3
Sabellidae indet					1	
<b>OLIGOCHAETA</b>						
Oligochaeta indet.			16	25	1	2
<b>SIPUNCULA</b>						
Sipuncula indet.					5	1
Onchnesoma steenstrupi						2
<b>ARTHROPODA</b>						
<b>CRUSTACEA</b>						
<b>COPEPODA</b>						
* Calanus finmarchicus					5	3
<b>DECAPODA</b>						
<b>LEPTOSTRACA</b>						
* Nebalia sp.	11	10	2	2		
<b>AMPHIPODA</b>						
* Amphipoda indet.	526	108	6	167		
<b>CUMACEA</b>						
* Eudorella emarginata					6	3
<b>ISOPODA</b>						
* Idotea sp.	32	13		701		
<b>PYCNOGONIDA</b>						
* Pycnogonida indet.				1		
<b>MOLLUSCA</b>						
<b>APLACOPHORA</b>						
Caudofoveata indet.					2	2
<b>GASTROPODA</b>						
Prosobranchia indet	1					
Margarites helycinus	1					
Euspira pulchella			0/1	0/1		
Philine scabra					1/1	0/1
Scaphander lignarius					0/1	0/1
Nudibranchia indet	2					
<b>BIVALVIA</b>						
Nucula sulcata						0/1
Nucula tumidula					15/4	6/6
Yoldiella nana						1
Mytilidae indet.						0/1
Lucinoma borealis			0/2	0/3		
Myrtea spinifera					0/9	0/5
Thyasira equalis					51/25	65/26
Thyasira flexuosa			1			
Thyasira obsoleta						1
Thyasira sarsii					2/7	8/8
Axinulus croulinensis					1/1	1

## Uni Research Miljø, SAM-Marin

Stasjonsnavn	Ka - 01	Ka - 01	Ka - 02	Ka - 02	Ka - 03	Ka - 03
Dato	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014	27.02.2014
Dyp	26 m	26 m	30 m	30 m	153 m	153 m
Hugg	1	2	1	2	1	2
Mendicula ferruginosa					5/1	5/1
Adontorhina similis					11	15
Kurtiella bidentata				1		1
Kurtiella tumidula					1	
Acanthocardia echinata						0/1
Parvicardium minimum					1/1	
Abra nitida					3	5/3
Arctica islandica				0/1		
Kelliella abyssicola					1/1	5
Corbula gibba				1		
Hiatella sp.				0/1		
Cardiomya costellata						1
Cuspidaria obesa						2/1
Tropidomya abbreviata					1/4	1/1
<b>SCAPHOPODA</b>						
Entalina tetragona					1	
Pulsellum lofotense					1	
<b>BRYOZOA</b>						
* Bryozoa indet. grenet	+		+	+		
<b>ECHINODERMATA</b>						
<b>ASTEROIDEA</b>						
Asteroidea indet					0/2	
<b>OPHIUROIDEA</b>						
Amphipholis squamata			0/1	0/4		1/1
Amphiura chiajei					22/10	20/9
Amphiura filiformis					0/29	0/12
Amphilepis norvegica					1	
Ophiocten affinis				1		
<b>ECHINOIDEA</b>						
Spatangoidea indet					0/2	
<b>HOLOTHUROIDEA</b>						
Synaptidae indet				1	2	
<b>CHAETOGNATHA</b>						
* Chaetognatha indet.					1	1
<b>PISCES</b>						
<b>VARIA</b>						

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Lokalitet Kalvøya. Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Kalvøya N				
	St.1 (1993)	St.2 (1993)	Ka-01	Ka-02	Ka-03
I	6	17	5	13	30
II	5	11	1	11	19
III	0	2	1	13	10
IV	2	4	0	6	6
V	1	2	1	1	3
VI	0	1	0	3	6
VII	0	0	0	1	0
VIII	0	0	0	1	2
IX	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0
XI	0	0	1	0	0
XII	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	0
XIV	0	0	0	0	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-000986-01**



**EUNOBE-00009736**

Prøvemottak: 17.03.2014  
Temperatur:  
Analyseperiode: 17.03.2014-03.04.2014  
Referanse: 808198/21/14

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:		441-2014-0317-007		441-2014-0317-008		441-2014-0317-009			
Prøvetakingsdato:		26.02.2014		26.02.2014		26.02.2014			
Prøvetaker:		Trond E. Isaksen		Trond E. Isaksen		Trond E. Isaksen			
Analysestartdato:		17.03.2014		17.03.2014		17.03.2014			
Prøvetype:		Sedimenter		Sedimenter		Sedimenter			
Prøvemerkning:		KA-01 Dyp 26, Hugg 2		KA-02 Dyp 30, Hugg 2		KA-03 Dyp 153, Hugg 2			
Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 20000	mg/kg tv	a) 530	mg/kg tv	a) 790	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 180	mg/kg tv	a) 5	mg/kg tv	a) 22	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 210	mg/kg tv	a) 21	mg/kg tv	a) 78	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 24	mg/g tv	a) 8	mg/g tv	a) 38	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 57	% (w/w)	a) 57.1	% (w/w)	a) 46.5	% (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 03.04.2014**

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 :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).

		<b>Molab as, 8607 Mo i Rana</b> Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
		<b>RAPPORT</b>  <b>Sedimentanalyser</b>		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: <b>54081</b>	Antall sider + bilag: <b>4</b>	
		Rapport referanse: <b>KR-18716</b>	Dato: <b>29.04.2014</b>	
Rev. nr. <b>0</b>	Kundens bestillingsnr./ ref.: <b>808198 / 14/14</b>	Utført: <b>Eli Ellingsen</b>	Ansvarlig signatur: <b>Eli Ellingsen</b>	

Prøver mottatt dato: 01.04.2014

## RESULTATER

Prøve merket:			KA-01	KA-02	KA-03
Parameter	Enhet	Ana.dat	KG-000468	KG-000469	KG-000470
TOM (550 °C)	%	22.04.14	7,67	5,14	28,70

KA-01		KG-000468							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,86	10,0	10,0	MdΦ	Silt og leire		8,7	
1000	0	1,52	17,7	27,7	0,92	Sand		81,3	
500	1	2,09	24,3	52,1		Grus		10,0	
355	1,5	0,97	11,3	63,4	SdΦ				
250	2	0,90	10,5	73,8	1,92				
180	2,5	0,64	7,5	81,3					
125	3	0,43	5,0	86,3	SkΦ				
90	3,5	0,22	2,6	88,9	0,23				
63	4	0,21	2,4	91,3					
<63	8	0,75	8,7	100,0	KΦ				
		8,59	100,0		1,28				

KA-02		KG-000469							
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,16	1,7	1,7	MdΦ	Silt og leire	3,3		
1000	0	0,33	3,6	5,3	1,80	Sand	95,0		
500	1	1,16	12,5	17,8		Grus	1,7		
355	1,5	1,63	17,6	35,4	SdΦ				
250	2	2,26	24,4	59,8	1,01				
180	2,5	1,91	20,6	80,4					
125	3	1,02	11,0	91,4	SkΦ				
90	3,5	0,30	3,2	94,6	-0,03				
63	4	0,19	2,1	96,7					
<63	8	0,31	3,3	100,0	KΦ				
		9,27	100,0		1,29				

KA-03		KG-000470							
Diameter(μm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,04	0,6	0,6	MdΦ	Silt og leire	82,1		
1000	0	0,04	0,6	1,2	5,56	Sand	17,4		
500	1	0,04	0,6	1,7		Grus	0,6		
355	1,5	0,06	0,9	2,6	SdΦ				
250	2	0,15	2,2	4,8	1,71				
180	2,5	0,16	2,3	7,1					
125	3	0,18	2,6	9,7	SkΦ				
90	3,5	0,18	2,6	12,3	-0,13				
63	4	0,39	5,6	17,9					
<63	8	5,67	82,1	100,0	KΦ				
		6,91	100,0		0,96				

## 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

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

**Vedleggstabell 5. CTD Data**

Lokalitet Kalvøya. Tabellen viser hydrografiske profilmålinger ved fjernsonen (ÅN-03) med parametere salinitet (S), temperatur (T), oksygen (O<sub>2</sub>), fluorescense (F) og tetthet ( $\sigma_T$ ; funksjon av S og T).

Dyp (m)	S ‰	T °C	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ml/l	F (µg/l)	$\sigma_T$
5	32,7	5,6	96,1	9,9	7,0	0,2	25,8
7	32,7	5,6	96,5	10,0	7,0	0,2	25,8
10	32,8	5,6	98,4	10,1	7,1	0,3	25,9
15	32,8	5,6	101,8	10,5	7,4	0,2	25,9
20	32,9	5,6	104,3	10,7	7,6	0,2	26,0
25	32,9	5,6	106,6	11,0	7,7	0,2	26,0
30	32,9	5,6	108,5	11,2	7,9	0,2	26,1
40	33,0	5,6	111,4	11,5	8,1	0,2	26,2
50	33,0	5,6	112,6	11,6	8,2	0,2	26,3
60	33,1	5,7	116,1	11,9	8,4	0,1	26,4
70	33,1	5,7	112,8	11,6	8,2	0,1	26,4
80	33,1	5,7	111,5	11,4	8,1	0,1	26,5
90	33,3	5,8	113,0	11,6	8,1	0,1	26,7
100	33,4	5,8	109,7	11,2	7,9	0,1	26,8
125	33,6	6,1	108,8	11,0	7,8	0,1	27,0
138	34,4	7,5	104,8	10,2	7,2	0,0	27,5