



## MOM C-undersøkelse fra lokalitet Munkholmen i Tysvær kommune, 2015



**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

	<b>SAM-Marin</b>	
Uni Research Miljø SAM-Marin Thormøhlensgt. 55 5008 Bergen, Norway		Tlf: 55 58 44 05 E-post: <a href="mailto:Sam-marin@uni.no">Sam-marin@uni.no</a> Internet: <a href="http://www.uni.no">www.uni.no</a> Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Munkholmen i Tysvær kommune, 2015	Dato: 31.08.2015 Antall sider og bilag: 47
Forfatter(e): Einar Bye-Ingebrigtsen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond. E. Isaksen Prosjektnummer: 809589
Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway AS	Tilgjengelighet: Åpen

**Abstract:** A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Munkholmen on its surrounding environment. Sediment samples near the facility showed very high values of TOC og phosphorous, high copper values and moderat elevated sink values. The condition of the macro-fauna was poor at the time of the survey. Apart from very elevated TOC levels and slightly elevated TOM, the two more distal stations showed no other indication of benthic impact from the facility.

Keywords: Marine, environnement, survey, MOM C, recipient	Emneord: Marin, miljø, undersøkelse, MOM-C, resipient	ISSN NR.: 1890-5153
		SAM e-Rapport nr. 13-2015

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	19.08.2015	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	31.08.2015	<i>Silje Hadler-Jacobsen</i>

---

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

---

SAM-marin er en del av Uni Research Miljø (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 ved SAM-marin:**

**Prøvetaking til sediment- analyser, samlet av:** Einar Bye-Ingebrigtsen, Trond E. Isaksen

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Linda Bjelland Pedersen, Ragna Tveiten

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Øydis Alme, Tom Alvestad, Frøydis Lygre

**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per-Otto Johansen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Katamaran (Marine Harvest AS)

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environmental Testing Norway AS akkrediteringsnummer TEST 003

Akkreditert: TOC, fosfor, kobber, sink, tørrstoff

Ikke akkreditert: -

**Geologiske analyser utført av:** Molab AS akkrediteringsnummer TEST 032

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

**Andre:** -

## Innhold

1. Innledning .....	5
2. Materiale og metode .....	6
Undersøkelsesområdet .....	6
Hydrografi .....	9
Bløtbunnsundersøkelse – Prøver og analyser .....	10
Sediment (geologi) .....	11
Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/ $E_h$ ) .....	11
Bunndyr (biologi).....	12
Produksjonsdata fra anlegget .....	15
3. Resultater og diskusjon .....	16
Hydrografiske målinger .....	16
Sediment (geologi) .....	17
Kjemiske analyser.....	19
Sedimentanalyser.....	19
Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) .....	20
Bunndyr.....	21
4. Sammendrag og konklusjon .....	26
5. Takk .....	27
6. Litteratur .....	28
7. Vedlegg.....	29
1) Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata .....	29
2) MOM B-parametere .....	38
3) Artsliste.....	40
4) Geometriske klasser .....	43
5) Analysebevis .....	44
6) CTD-data .....	47

## 1. INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Munkholmen (lokalitetsnr. 13629) i Hervikfjorden, Tysvær kommune. Innsamlingene ble gjennomført 28. mai 2015.

Bakgrunnen for undersøkelsen er at Marine Harvest Norway AS har søkt om utvidet MTB for lokaliteten. Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Munkholmen. 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 Miljødirektoratet tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (TA, 1467/1997; 2229/2007), Direktoratets gruppa Vanndirektivets indekser (Veileder, 02:2013) og mot C-delen av MOM-standarden (NS, 9410:2007).

Undersøkelsen er utført av Uni Research Miljø, seksjon for anvendt miljøforskning – marin del (SAM-Marin) på oppdrag fra Marine Harvest Norway AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåking 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.

Det er tidligere blitt utført MOM C-undersøkelser ved lokaliteten i januar (Skaar, 2007) og desember 2007 (Heggøy og Johansen, 2008). Anlegget har blitt endret siden den gang, men de historiske stasjonene Her-1 (fjernsone) og St.1 (overgangssone) er også brukt i denne undersøkelsen og resultatene vil bli sammenlignet med tidligere resultater. Samtlige MOM B-undersøkelser utført på lokaliteten etter anleggsendringen i 2011 har vist gode eller meget gode lokalitetstilstander (Isaksen og Johansen, 2013; Tverberg og Brekke, 2014).

## 2. MATERIALE OG METODE

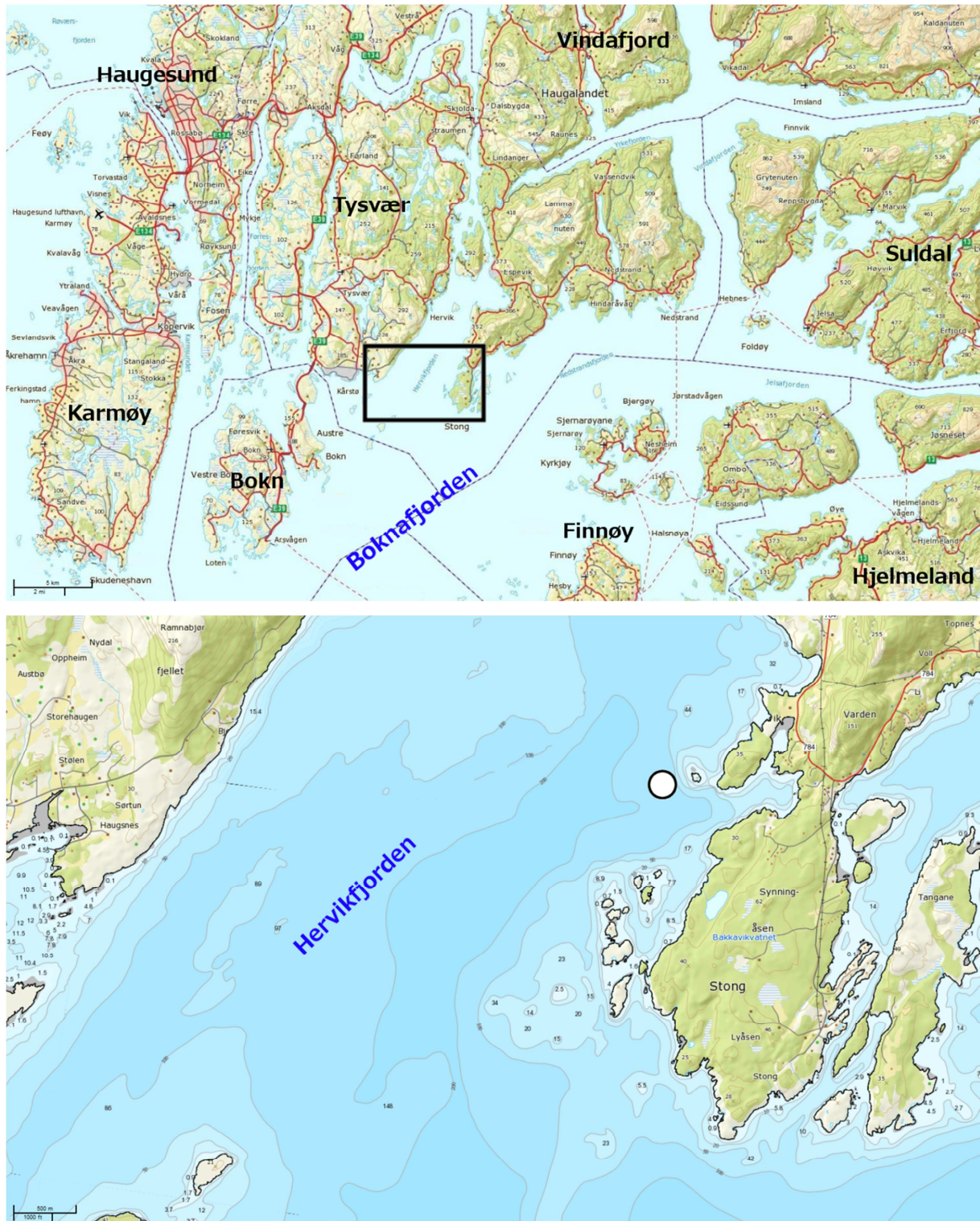
### Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger vest for Munkholmen på østsiden av Hervikfjorden, i Tysvær kommune (Figur 2-1). Bunnen under anlegget varierer fra 90 m dypde til 172 m dypde og skråner i sørvestlig retning ned mot 240 meter dypde i bunnen av Hervikfjorden (Figur 2-2, Figur 2-3)

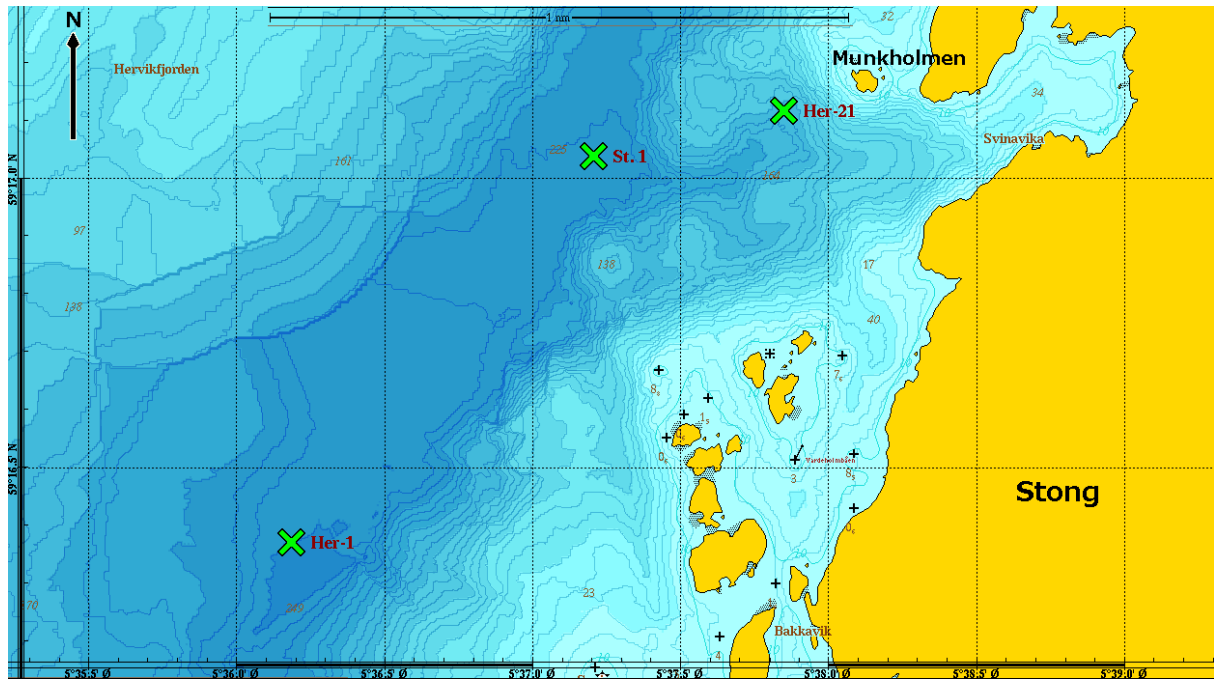
Prøveinnsamlingene ble gjort 28. mai, 2015. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden (fjernsonen). Stasjonene i overgangssonene (St.1) og fjernsonen (Her-1) er historiske stasjoner. I nærsonen er det derimot satt en ny stasjon (Her-21) ettersom den historiske stasjonen ligger over 100 meter unna anlegget som følge av anleggsendring i 2011 (stålanlegget ble byttet ut med et ringanlegg). Undersøkelsen ble gjennomført av Trond E. Isaksen og Einar Bye-Ingebrigtsen fra SAM-Marin. Anleggets båt ble benyttet til undersøkelsen og Ståle Tjensvoll (Marine Harvest AS) bistod som kran -og båtfører.

Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproduerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene blir registrert vha. Olex med tilkoblet GPS, og kontrollert med en håndholdt GPS (Garmin eTrex10). Plasseringen til stasjonene er oppgitt med kartkoordinater (WGS84, Tabell 2-1). Prøver er tatt fra de undersøkte stasjonene med minimum 20 meters presisjon, i henhold til kravspesifikasjonen (NS-EN-ISO, 16665:2013).

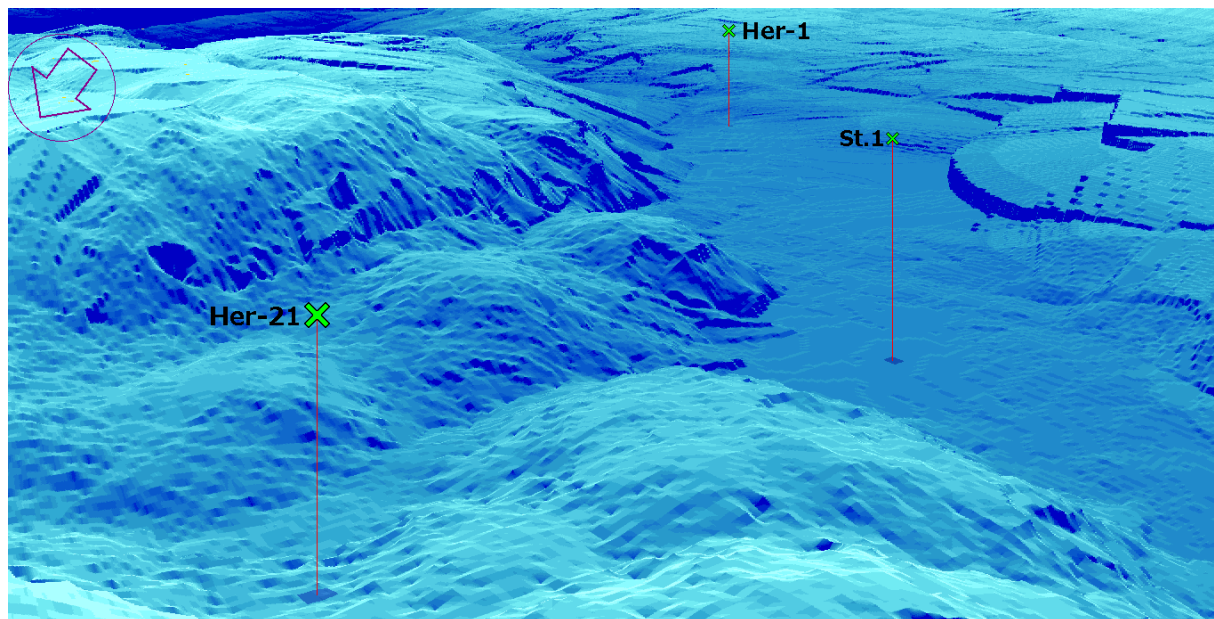
Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og bløtbunnsprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2-1.



**Figur 2-1.** Oversiktskart over Boknafjordbassenget, Rogaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkellesområdet ved Munkholmen. Lokaliteten er markert med ett hvitt punkt. Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



**Figur 2-2** Utsnitt av området ved Munkholmen med fjerntasjon i dyptet og stasjoner ved anlegget. Prøvestasjoner er markert med et kryss. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2-1. Kartkilde: Olex



**Figur 2-3** Bunntopografisk skisse av området ved lokalitet Munkholmen. Prøvestasjoner er markert med kryss. Kartkilde: Olex



**Tabell 2-1** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Hervikfjorden, Matland. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. toktfartøyets ekkolodd. Det er benyttet en van Veen-kombigrabb («Duo») hvor det ene kammeret utgjør 0,1 m<sup>2</sup> og brukes til biologiprøver (volum 21 liter, maks 22 cm bitedybde), mens det andre kammeret er mindre (0,05 m<sup>2</sup>) og brukes kun til kjemi- og geologiprøver. MOM B-parametere registrert på hver stasjon.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøvevolum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Her-21 28.05.2015	59° 17.115 N 05° 37.848 Ø	167	1	11	Biologi, kjemi, geologi, MOM B, foto. Biologi, foto.  Mørkt, mykt sediment av silt, leire og grus. Noe H <sub>2</sub> S-lukt. Spor av fekalier.
			2	11	
Overgangssone St.1 28.05.2015	59° 17.037 N 05° 37.205 Ø	224	1	21	Biologi, foto. Biologi, geologi, kjemi, MOM B, foto.  Lyst, mykt sediment av silt og leire. Ingen lukt.
			2	13	
Fjersone Her-1 28.05.2015	59° 16.370 N 05° 36.186 Ø	243	1	20	Biologi, geologi, kjemi, foto. Biologi, MOM B, foto. CTD m/oksygenmåler  Lyst, mykt sediment av silt og leire. Ingen lukt.
			2	19	

## Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), 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.

## Bløtbunnsundersøkelse – Prøver og analyser

Bløtbunnsundersøkelsene omfatter sedimentprøver for analyse av geologi, kjemi og bunndyr (biologi). Prøvetakingen er utført akkreditert i samsvar med standard NS-EN-ISO 16665:2013 «*Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna*» og NS-EN-ISO 5667-19:2004 «*Vannundersøkelse – Prøvetaking – Del 19: Veileder i sedimentprøvetaking i marine områder*».

Bunnprøver for geologiske, kjemiske og biologiske sedimentanalyser samles inn ved bruk av van Veen-grabb med justerbare vekter. Det ble brukt en 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). Biologi-kammeret 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 (evt. prøvevolum på 5 liter) i sediment med fast konsistens eller minst 7 cm (evt. prøvevolum på 10 liter) i sediment med løs konsistens for at prøven kan godkjennes for biologiske analyser (NS-EN-ISO, 16665:2013). Prøver med mindre bitedybde kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Alle huggprøver er kontrollert med hensyn til sedimentmengde, sedimenttype (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 (NS-EN-ISO, 5667-19: 2004).

For hver stasjon (Her-21, St.1 og Her-1) i det undersøkte området ble det tatt 2 grabb-hugg til biologi- og kjemi- prøver hvorav ett av huggene også ble brukt til geologi- og kjemiprøver (tatt fra separat kammer). Totalt ble det samlet inn 6 huggprøver fra 3 stasjoner (se Tabell 2-1).

Bearbeiding av prøver og analysering av bløtbunnsparameterne (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 NS-EN-ISO 16665:2013 er vist i Tabell 2-2.

**Tabell 2-2** Klassifisering av kornstørrelse i sediment (NS-EN-ISO, 16665:2013).

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 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 NS-EN-ISO 5667-19:2004 og NS 4764:1980. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstiller NS-EN-ISO/IEC 17025:2005 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/E<sub>n</sub>)

Det er tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN-ISO 5667-19:2004. 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 17294-2:2004. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137:2001 og beregning av normalisert TOC i henhold til gjeldende veileder TA 1467/1997. 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 14346:2006. Tilstandsklasser gis for de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets veiledere (TA, 1467/1997; 2229/2007) (Tabell 2-4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) i marint sediment kan si noe om grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorgansimer 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 redokspotensial 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 bunnsfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I 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. 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 NS-EN-ISO 16665:2013. 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 hulldiameter 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 Høytteknologisenteret i Bergen i 3 år.

Opparbeiding 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 (Vedlegg 3). 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 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 Vanddirektivet har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand i marine områder (Veileder, 02:2013). Denne veilederen erstatter Veileder 01:2009 og på sikt de gjeldende SFT veilederne (TA, 1467/1997; 2229/2007). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks (ES100), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighets-indeksene NSI, ISI2012 og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. 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 Vedlegg 1: Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenenes nEQR-verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller lavt stasjonen er plassert i denne klassen. Klassegrenser for nEQR er vist i Tabell 2-3. Grenseverdier for klassifisering av biologiske indekser og andre parametere er vist i Tabell 2-4. 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 til Veileder 02:2013.

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

**Tabell 2-4** Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i TA 1467/1997, TA 2229/2007 og Veileder 02:2013. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	TA 1467	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	TA 1467	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
Sediment	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	Shannon-Wiener (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	ES <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	TA 1467	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 mg O<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 NS 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> .

## Produksjonsdata fra anlegget

Det har vært drift ved lokaliteten Munkholmen siden produksjonen først startet i 2003. Anlegget som tidligere bestod av et Procean-stålanlegg (10 merder) og et Storm-stålanlegg (2 merder) ble i 2011 erstattet med et nytt ringanlegg bestående av 5 ringer på 160 meter. I 2013 ble det lagt til en ekstra ring (120 meter). I 2015 ble det satt ut 7 ringer á 160 meter. Anlegget har ligget i nåværende posisjon siden 2011. Undersøkelsen er utført under brakkleggingsperioden. Anlegget har ligget brakk siden midten av april 2015, utsett av smolt er planlagt til midten av juli 2015.

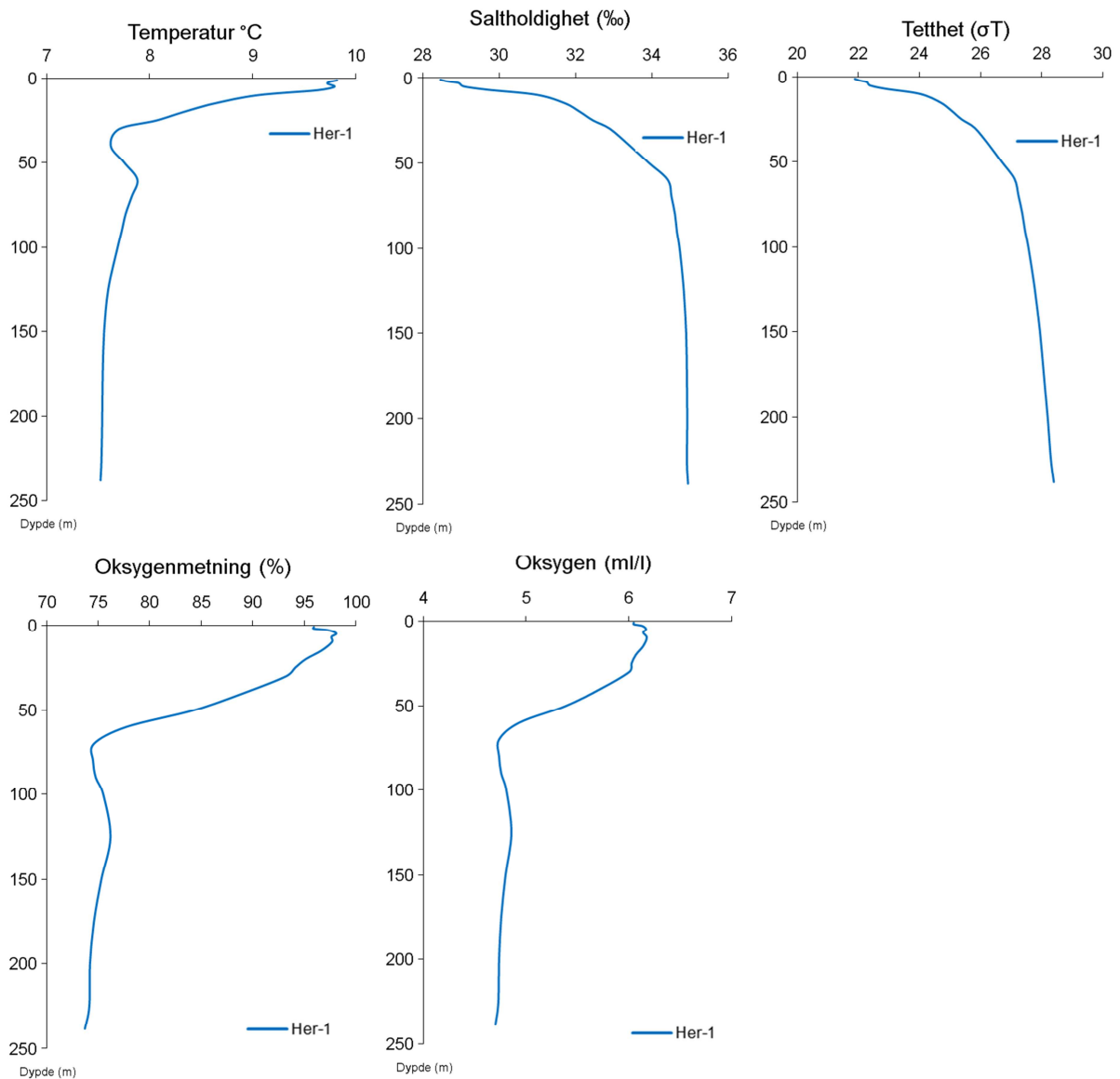
**Tabell 2-6.** Fôrforbruk på lokaliteten hittil i år og de siste 3 år.

År	Utføret mengde	Produsert mengde
2015 (1.jan – 28.mai)	325 tonn	151 tonn
2014	4 461 tonn	3 885 tonn
2013	956 tonn	943 tonn
2012	4 508 tonn	4 180 tonn

### 3. RESULTATER OG DISKUSJON

#### Hydrografiske målinger

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Her-1 (fjernsone), 28. mai 2015. Resultatene fra denne undersøkelsen er presentert i Figur 3-1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedlegg 5.



**Figur 3-1** Profilmålinger av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen (% metning og ml/l) på stasjonen Her-1 i Hervikfjorden. Målinger utført 28. mai 2015 med bruk av STD/CTD-sonde påmontert oksygensensor. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mg O<sub>2</sub>/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturmålingene viser et noe varmere vannlag i de øverste 25 meterne (8,0 - 9,8 °C), lengre ned i vannsøylen er temperaturen relativt stabil (7,5 - 7,9 °C). Saltholdigheten i vannsøylen er lavest i overflatevannet, men øker jevnt ned til 50 meters dyp hvor saltholdigheten er stabil (34 - 35 ‰) ned til 250



meters dyp. Som en funksjon av temperatur og saltholdighet har tettheten samme utvikling i vannsøylen. Oksygeninnholdet i vannsøylen viser store variasjoner. De høyest registrerte oksygenverdiene viser et oksygeninnhold på 6,0 - 6,2 ml/l (93 – 98 % metning) i de øverste 30 meterne. Oksygeninnholdet er avtagende på dybder ned til 70 meter, og er deretter relativt stabil rundt 4,7 - 4,8 ml/l (73 – 76 % metning).

Måling av bunnvannet viste oksygeninnhold (ml/l) og oksygenmetning (%) med på henholdsvis 4,7 ml/l og 74 % på Her-1, som tilsvarer tilstandsklasse I (Svært god) for begge parameterne i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende veileder (TA 1467/1997), se Tabell 2-4. Dette er noe lavere enn ved forrige undersøkelse i desember 2007, hvor oksygeninnholdet i bunnvannet var på 5,5 ml/l.

## Sediment (geologi)

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3-1 og Figur 3-2.

Nærsonen (Her-21) har en sediment-sammensetning som i stor grad består av finere partikler i form av leire og silt (63 %), men også en betydelig andel sand (36,5 %). Den resterende andelen består av grus (0,5 %).

Overgangssonen (St.1) har en sediment-sammensetning nesten utelukkende består av leire og silt (94,6 %). Den resterende andelen består av sand (5 %) og grus (0,4 %).

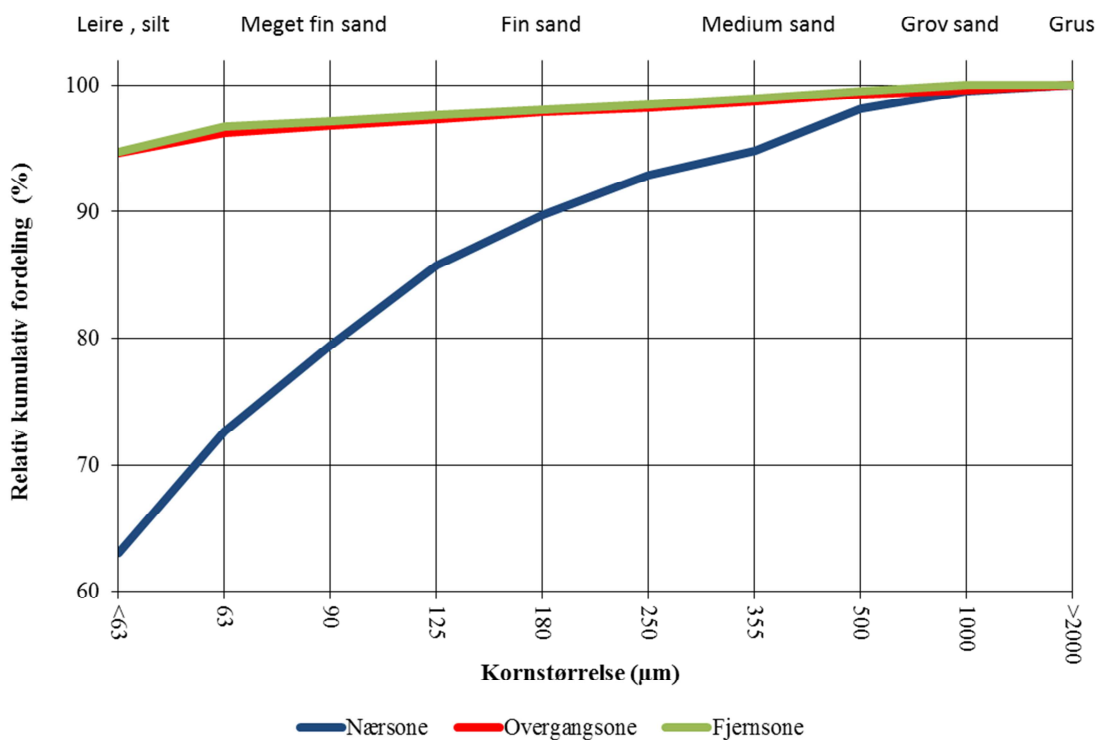
Sedimentet i fjernsonen (Her-1) er i likhet med det i overgangssonen dominert av leire og silt (94,7 %), med en liten andel sand (5,3 %).

Ut fra kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene ser det ut til at det er bedre bunnstrømforhold i nærsonen (Her-21) sammenlignet med de mer dypere distale stasjonene (St.1 og Her-1). Bunnstrømforhold påvirker sedimenteringsrater av ulike partikkelstørrelser ved at svake bunnstrømmer tillater finere partikler å sedimentere. Slike lavstrømsområder kan påvirke områders miljøkvalitet ved at finpartikulært sediment enklere binder opp organiske og kjemiske avfallsstoffer, samtidig som disse avfallsstoffene har lettere for å sedimentere grunnet den lave strømhastigheten.

Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligger på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdiene for alle de tre undersøkte stasjonene er svakt forhøyet (11,2 - 13,6 %).

**Tabell 3-1** Sediment. Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere undersøkelse utført i 2007 (Heggøy og Johansen, 2008).

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Nærsone</b>						
Her-21	28.05.2015	167	11,2	63,0	36,5	0,5
<b>Overgangssone</b>						
St.1	28.05.2015	224	13,6	94,6	5,0	0,4
<b>Fjernsone</b>						
Her-1	28.05.2015	243	12,0	94,7	5,3	0,0
Her-1	19.12.2007	243	11,7	99	1	0



**Figur 3-2** Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Munkholmen, mai 2015: Nærsone, Her-21; Overgangssone, St.1; Fjernsone, Her-1. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (NS-EN-ISO, 16665:2013): 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).

## Kjemiske analyser

### Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis under 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Nivåer mellom 1000 og 5000 mg/kg TS anses som moderate, mens verdier over 5000 mg/kg TS anses som svært mye. Av de tre undersøkte stasjonene er det kun nærsonen (Her-21) som har fosforverdier over det som betraktes som normalt, med verdier på 7300 mg/kg TS (Tabell 2-1) og dette er forhøyede verdier og tyder på organisk belastning. Fosforverdiene ved overgangssonen (St.1) og fjernsonen (Her-1) var lave med hhv. 590 og 710 mg/kg TS.

Alle de tre undersøkte stasjonene har svært høye verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). TOC-verdiene for stasjonene samlet tyder på en vesentlig grad av organisk belastning i resipienten ved undersøkelsestidspunktet (Tabell 3-2).

Klassifiseringssystemet krever beregning av normalisert totalt organisk karbon (TOC). Dette betyr at både finstoff (leire og silt) og TOC må analyseres og brukes i beregningene. I følge gjeldende veileder (TA, 1467/1997) har dette medført at grenseverdiene mellom tilstandsklassene har blitt strengere. Formelen som benyttes til dette er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten. Slike kystnære områder kan ha til dels store variasjoner med tanke på organisk materiale i sediment. Kilden til slike variasjoner kan være både terrestrisk og marin (TA, 1883/2002). Det påpekes også i Veileder 02:2013 at forholdet mellom normalisert TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Verdiene av metallene kobber og sink er målt for samtlige undersøkte stasjoner. Stasjonene i overgangssonen (St.1) og fjernsonen (Her-1) viser svært gode verdier (tilstandsklasse I, Bakgrunnsnivå) for begge måleparameterne. Nærsonen (Her-21) har betydelig høyere verdier av både sink og kobber, og skiller seg dermed ut ved at den får tilstandsklasse III (Moderat) og IV (Dårlig) for hhv. sink og kobber (Tabell 3-2).

Det er nærliggende å koble de høye verdiene målt for kobber, sink, fosfor og TOC i nærsonen opp mot driften. Kjemiske parametere som kobber, sink og fosfor kan brukes til å spore påvirkning fra drift ut i omgivelsene rundt. For både kobber og sink svarer de målte verdiene i overgangssonen og fjernsonen til beste tilstandsklasse og verdier målt for fosfor var lave i 2015 som i 2007.

**Tabell 3-2** Innholdet av undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere undersøkelser, utført i 2007 (Skaar, 2007; Heggøy og Johansen, 2008). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering for sink, kobber (TA, 2229/2007) og normalisert TOC (TA, 1467/1997).

Stasjon	Dato	Totalt organisk karbon mg/g	Normalisert TOC mg/g	Fosfor TK mg/kg TS	Sink mg/kg TS	Kobber TK mg/kg TS	Tørrstoff (TS) %
<b>Nærsonen</b>							
Her-21	28.05.2015	71	87,0 V	7300	410 III	63 IV	41,1
<b>Overgangssone</b>							
St.1	28.05.2015	37	52,6 V	590	92 I	17 I	37,6
St.1	22.01.2007	22	22,4 II	650	91 I	16 I	38,4
<b>Fjernsone</b>							
Her-1	28.05.2015	33	48,8 V	710	130 I	21 I	38,6
Her-1	19.12.2007	23	23,2 II	490	77 I	13 I	36,4

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

#### Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ )

Resultatene fra måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM B-undersøkelse (NS, 9410:2007) er vist i Vedlegg 2. Resultat av de kjemiske målingene er oppsummert i Tabell 3-3.

Kjemiske målinger (pH og  $E_h$ ) viste meget gode pH- og  $E_h$ -verdier (tilstandsklasse 1) i bunnprøvene fra samtlige undersøkte stasjoner. De sensoriske parameterne viste at sedimentet fra overgangssonen og fjernsonen var lys i fargen med mykt konsistens og uten lukt. Sedimentet fra nærsone var derimot mørkt og med noe  $H_2S$ -lukt. Samlet vurdering gir tilstandsklasse 2 (god) for stasjonen Her-21, og tilstandsklasse 1 (Meget god) for stasjonene St.1 og Her-1.

**Tabell 3-3** Målte surhetsgrad (pH) og redoks ( $E_h$ ) verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Munkholmen, mai 2015. 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 (NS, 9410:2007).

Stasjon / Parameter	pH	$E_h$	pH/ $E_h$ poeng	Tilstand
Her-21, Nærsonen	7,49	-14	1	1
St.1, Overgangssone	7,55	226	0	1
Her-1, Fjernsone	7,57	287	0	1

## Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3-4 – 3-6, Figur 3-3 – 3-5 og i Vedlegg 2-4. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mai 2015. De fleste bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Miljøforhold basert på bunndyrsanalyser (makrofauna) vurderes i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende standarder og veiledere. Makrofauna i fjernsonen skal vurderes utfra grenseverdier basert på beregnede indekser iht. Veileder 02:2013 (se Tabell 2-4). I følge MOM-standard (NS, 9410:2007) er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Vurdering av bunndyrsamfunnet i nærsone og overgangssonen baseres iht. NS 9410:2007 på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2-5).

Stasjon Her-21 (dybde 167 m) ligger tett opp til anlegget og representerer nærsone. Totalt ble det samlet kun 5 arter med til sammen hele 4653 individer på denne stasjonen. Den mest dominerende arten (*Capitella capitata*) utgjorde 90,8 % av det totale individtallet. *C. capitata* er en opportunist og en typisk art å finne i områder med høy grad av organisk belastning. Basert på artsantall og sammensetning for stasjonen Her-21 miljøtilstand 3 (dårlig) i henhold til NS 9410:2007.

I overgangssonen, på stasjon St.1 (dybde 224 m), ble det samlet totalt 44 arter med til sammen 744 individer. Blant de mest tallrike artene finner man børstemarkene *Heteromastus filiformis* (37 %), *Paramphinome jeffreysii* (9 %), skjellene *Thyasira equalis* (14 %), *Abra nitida* (7 %) og *Thyasira sarsii* (5 %), samt pigghuden *Echinocardium flavescens* (4 %). Resultatene tilsvarer miljøtilstand 1 (meget god) for stasjonen St.1 i henhold til NS 9410:2007.

Fjernstasjonen Her-1 ligger i dypområdet på 234 meters dyp, 2 km sørvest for anlegget. På denne stasjonen ble det samlet totalt 44 arter med til sammen 592 individer. Blant de mest tallrike artene finner man børstemarkene *Heteromastus filiformis* (31 %), *Polydora* sp. (15 %) *Paramphinome jeffreysii* (13 %), skjellene *Thyasira equalis* (10 %), *Abra nitida* (9 %) og *Kelliella miliaris* (2 %). Beregnet nEQR på stasjonsnivå gir en tilstandsverdi på 0,61 som plasserer stasjonen i nedre del av tilstandsklasse II – God (Veileder, 02:2013). Dette er en svak forbedring av miljøforholdene sammenliknet med undersøkelsen i 2007 (Heggøy og Johansen, 2008). Beregnet nEQR på grabbnivå gir en noe lavere tilstandsverdi -og klasse. Stasjonsnivå bør vektlegges i MOM C-undersøkelser ettersom det kun er to replikate hugg, og variasjon mellom huggene kan gi uforholdsmessig store utslag på grabbnivå.

Figur 3-3 viser grafisk en oversikt over fordelingen av arter på geometriske klasser. Fraværet av en topp i geometrisk klasse I og den flate kurven i figuren indikerer på sterk påvirkning av miljøet på bunnfaunaen ved nærsone (Her-21). Både fjernsonen (Her-1) og overgangssonen (St.1) har både en noe lav topp i starten og sene toppe i figuren og indikerer på noe påvirkning av miljøet også på disse to stasjonene.

De multivariate analysene viser først og fremst at nærsone (Her-21) i mai 2015, er svært ulik overgangssonen (St.1) og fjernsonen (Her-1), mens de to sistnevnte viser stor likhet. Det betyr at det har skjedd en vesentlig endring i overgangssonen siden forrige undersøkelse i 2007 (Figur 3-4 og Figur 3-5), ettersom prøvene fra

overgangssonen (St.1) i 2007 viser svært liten likhet med de andre stasjonene (< 10 % likhet).

**Tabell 3-4** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved nærsonen (Her-21) og overgangssonen (St. 1) ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere C-undersøkelser utført i januar 2007 (Skaar, 2007). Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m<sup>2</sup>. Antall individer og arter er vist for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Miljøtilstand er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	Miljø- tilstand
<b>Nærsonen</b>	1	4	2123	
Her-21	2	4	2530	
28.05.2015	Sum	5*	4653	3
	Snitt	4	2326,5	
<b>Overgangssone</b>	1	23	248	
St. 1	2	43	496	
28.05.2015	Sum	44	744	1
	Snitt	33	372	
St. 1	1	10	26	
22.01.2007	2	14	101	
	Sum	17	126	2
	Snitt	12	63,5	

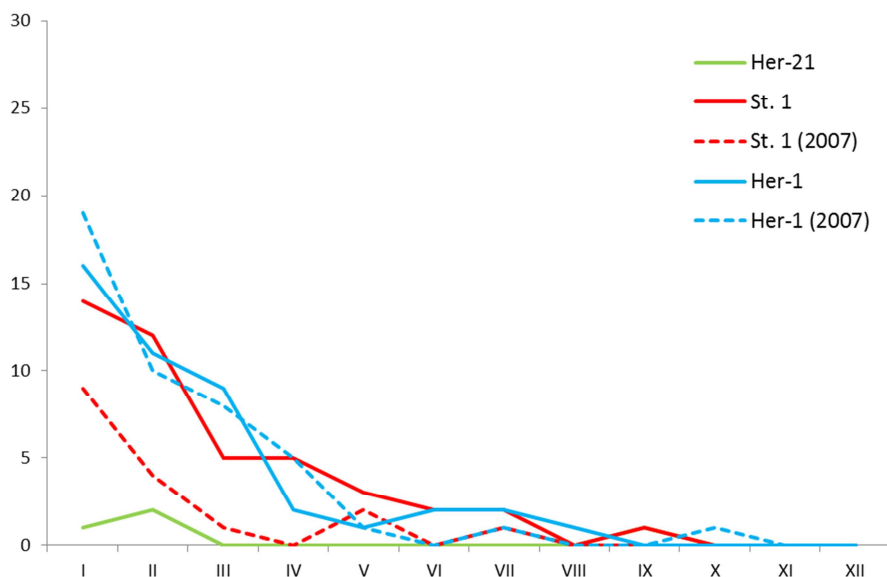
\*en av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.

Meget god	God	Dårlig	Meget dårlig
-----------	-----	--------	--------------

**Tabell 3-5** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved fjernsone (Her-1) ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere C-undersøkelse utført i desember 2007 (Heggøy og Johansen, 2008). Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m<sup>2</sup>. Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES<sub>100</sub> og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. 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). Tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES <sub>100</sub> verdi	ISI <sub>2012</sub> verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi
Fjernsone	1	20	131	0,59	2,92	17,82	9,17	20,20	0,89	
	Her-1	2	38	461	0,64	3,50	19,38	9,20	19,99	0,26
	28.05.2015	Sum	44	592	0,64	3,48	19,79	9,59	20,04	0,68
	Snitt	29	296	0,62	3,21	18,60	9,18	20,10	0,68	
<b>Stasjon<sub>nEQR</sub></b>				<b>0,61</b>	<b>0,65</b>	<b>0,63</b>	<b>0,79</b>	<b>0,60</b>	<b>0,34</b>	<b>0,61</b>
<b>Grabb<sub>nEQR</sub></b>				<b>0,58</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,76</b>	<b>0,60</b>	<b>0,34</b>	<b>0,59</b>
Her-1	2	39	861	0,56	1,24	10,94	9,19	19,10	0,07	
	19.12.2007	3	20	202	0,61	2,81	15,25	9,20	20,85	0,61
	Sum	45	1063	0,58	1,69	13,13	9,51	19,43	0,42	
	Snitt	29,5	531,5	0,58	2,02	13,10	9,20	19,97	0,42	
<b>Stasjon<sub>nEQR</sub></b>				<b>0,53</b>	<b>0,36</b>	<b>0,49</b>	<b>0,79</b>	<b>0,58</b>	<b>0,63</b>	<b>0,56</b>
<b>Grabb<sub>nEQR</sub></b>				<b>0,53</b>	<b>0,42</b>	<b>0,49</b>	<b>0,76</b>	<b>0,59</b>	<b>0,63</b>	<b>0,57</b>

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------



**Figur 3-3** Antall arter (langs y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Munkholmen mai 2015, samt fra tidligere undersøkelser utført i 2007.

**Tabell 3-6** De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Munkholmen mai 2015, samt fra tidligere undersøkelser utført 2007. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m<sup>2</sup>.

Her-21	Antall		Kum.
	individer	%	%
Capitella capitata	4224	90,78	90,78
Prionospio plumosa	424	9,11	99,89
Chaetozone sp.	2	0,04	99,94
Malacoceros fuliginosa	2	0,04	99,98
Thyasira sarsii	1	0,02	100

St. 1	Antall		Kum.
	individer	%	%
Heteromastus filiformis	272	36,6	36,6
Thyasira equalis	105	14,1	50,7
Paramphinome jeffreysii	70	9,4	60,1
Abra nitida	55	7,4	67,5
Thyasira sarsii	38	5,1	72,6
Echinocardium flavescens	31	4,2	76,7
Galathowenia oculata	28	3,8	80,5
Diplocirrus glaucus	20	2,7	83,2
Chaetozone sp.	15	2,0	85,2
Aphelochaeta sp.	14	1,9	87,1

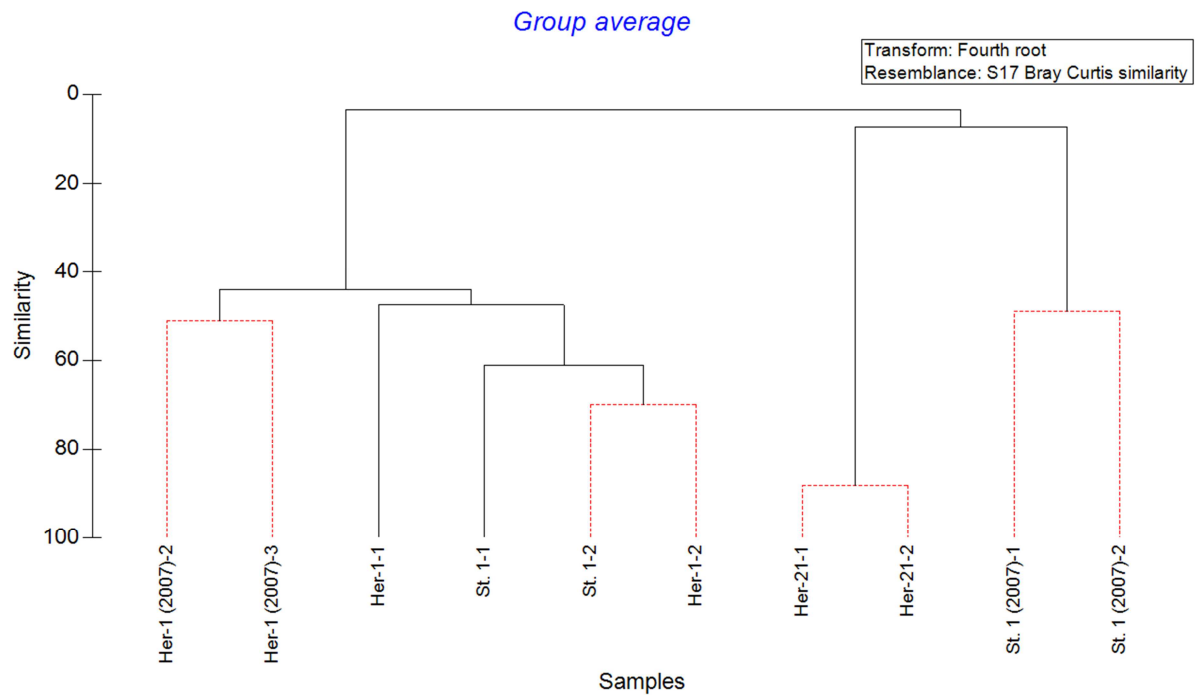
St. 1 (2007)	Antall		Kum.
	individer	%	%
Hydroides norvegica	65	51,6	51,6
Abra prismatica	19	15,1	66,7
Thyasira flexuosa	19	15,1	81,7
Cirratulus cirratus	4	3,2	84,9
Dodecaceria concharum	3	2,4	87,3
Timoclea ovata	3	2,4	89,7
Paraonis sp.	2	1,6	91,3
Tharyx killariensis	2	1,6	92,9
Ennucula tenuis	1	0,8	93,7
Virgularia mirabilis	1	0,8	94,4
Aglaophamus pulcher	1	0,8	95,2
Ceratocephale loveni	1	0,8	96,0
Malacoceros fuliginosa	1	0,8	96,8
Nephtys hombergi	1	0,8	97,6
Ophiodromus flexuosus	1	0,8	98,4
Abra longicallus	1	0,8	99,2
Philine scabra	1	0,8	100,0

Her-1	Antall		Kum.
	individer	%	%
Heteromastus filiformis	185	31,3	31,3
Polydora sp.	86	14,5	45,8
Paramphinome jeffreysii	74	12,5	58,3
Thyasira equalis	57	9,6	67,9
Abra nitida	53	9,0	76,9
Diplocirrus glaucus	31	5,2	82,1
Kelliella miliaris	9	1,5	83,6
Ampharete octocirrata	9	1,5	85,1
Caudofoveata indet.	7	1,2	86,3
Galathowenia oculata	5	0,8	87,2
Terebellides stroemii	5	0,8	88,0
Lumbrineridae indet.	5	0,8	88,9
Euchone sp.	5	0,8	89,7

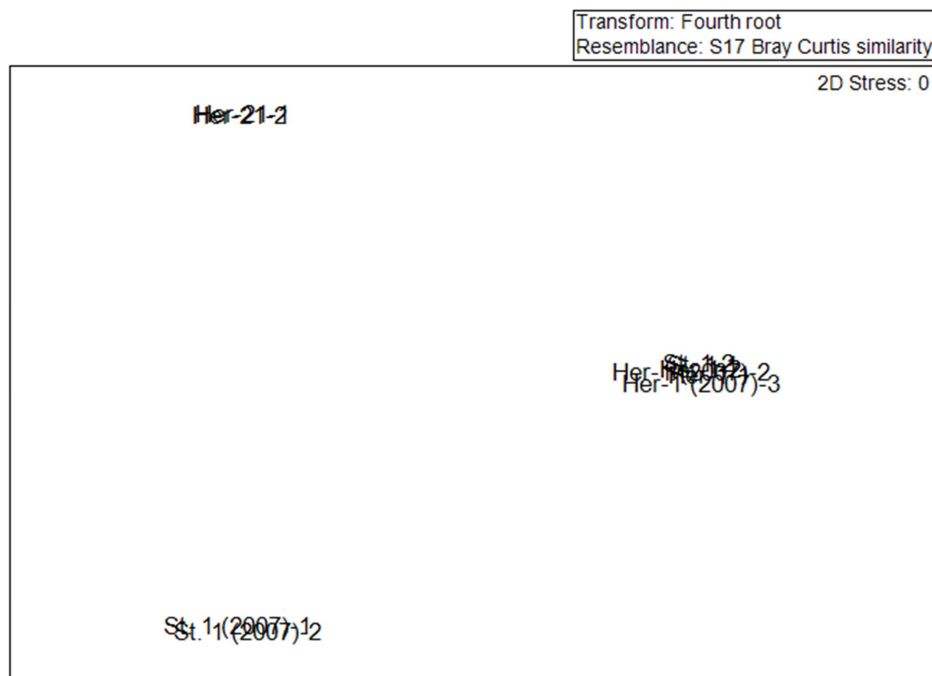
Her-1 (2007)	Antall		Kum.
	individer	%	%
Heteromastus filiformis	824	77,5	77,5
Paramphinome jeffreysii	73	6,9	84,4
Thyasira equalis	26	2,4	86,8
Amphilepis norvegica	15	1,4	88,2
Kelliella abyssicola	14	1,3	89,6
Eriopisa elongata	12	1,1	90,7
Galathowenia oculata	11	1,0	91,7
Abra nitida	9	0,8	92,6
Glycera lapidum	7	0,7	93,2
Diplocirrus glaucus	5	0,5	93,7
Terebellides stroemii	5	0,5	94,2

Annelida/Polychaeta	Mollusca	Echinodermata	Crustacea	Andre
---------------------	----------	---------------	-----------	-------





**Figur 3-4** Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere undersøkelser i utført i 2007. Betegnelse som f.eks. «Her-1-2» angir henholdsvis stasjonsnavn og huggnummer. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plotet viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner. Stiplet linje marker ikke-signifikante forskjeller, mens harde linjer marker signifikante forskjeller.



**Figur 3-5** MDS plot på hugg-nivå for stasjonene undersøkt ved Munkholmen, mai 2015, samt fra tidligere undersøkelser i utført i 2007. Betegnelse som f.eks. «Her-1-2» angir henholdsvis stasjonsnavn og huggnummer. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

## 4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Munkholmen i Hervikfjorden, Tysvær kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 28. mai 2015. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i dypet av fjorden (fjernsonen). Resultatene fra undersøkelsen er oppsummert i Tabell 1-4.

Den undersøkte stasjonen ved nærsonen (dyp 167 m) består ved undersøkelsestidspunktet hovedsakelig av et finfragmentert sediment bestående av silt og leire, men med betydelig innslag av sand. Sedimentet ved overgangssonen (dyp 224 m) og fjernsonen (dyp 234 m) består nesten utelukkende av silt og leire. Sedimentforholdene tyder på litt sterkere bunnstrøm ved nærsonen enn ved overgangssonen og fjernsonen.

Bunnvannet ved fjernsonen er oksygenrikt og har en metningsgrad av oksygen på 74,4 % (4,7 ml/l) ved 234 meters dybde. Dette gir tilstandsklasse I (Svært god) i henhold til TA 1467/1997.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Normale verdier for norske fjorder er typisk på under 10 %. Sedimentet ved samtlige undersøkte stasjoner har et svakt forhøyet glødetap (11-14 %).

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Samtlige undersøkte stasjoner har svært forhøyede verdier av TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare og TOC er ikke tilpasset forholdene i kystnære områder.

Verdier for fosfor er svært forhøyet i sedimentet ved nærsonen på undersøkelsestidspunktet. Ved overgangssonen og fjernsonen måles lave verdier av fosfor for marine sedimenter. Måling av pH og Eh viser generelt gode forhold både i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen, med høye verdier for begge parameterne og tilstand 1 (Meget god).

Kobber og sink viser gode verdier tilsvarende Miljødirektoratets beste tilstandsklasse 1 (Bakgrunnsnivå) for sedimentet fra både overgangssonen og fjernsonen. Sedimentet fra nærsonen har derimot forhøyede kobberverdier tilsvarende tilstandsklasse IV (Dårlig) og noe forhøyede sinkverdier tilsvarende tilstandsklasse III (Moderat).

Bunnfaunaen ved nærsonen vitner om dårlige miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. Med kun 5 ulike arter hvorav den mest dominerende arten (*Capitella capitata*) utgjør mer enn 90 % av det totale individtallet. I henhold til MOM-standarden som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får nærsonen tilstand 3 (Dårlig). Bunndyrsprøvene fra overgangssonen vitner om gode forhold. I prøvene herfra finner man hele 44 ulike arter og totalt 744 individer. De 10 mest dominerende artene representerer flere arter av skjell, børstemark og pigghud. I henhold til MOM-standarden får overgangssonen tilstand 1 (Meget god). Ved fjernsonen vitner prøvene om gode forhold med totalt 44 arter og 592 individer. I henhold til Veileder 02:2013 får fjernsonen en tilstandsverdi på 0,61 basert på stasjons-nEQR. Dette plasserer fjernsonen helt nederst i

tilstandsklasse II (God).

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Munkholmen, mai 2015, viser nærsone som sterkt belastet. Med få bunndyrarter (hvorav en dominerer totalt), svært høye fosfor- og TOC-verdier, og forhøyede verdier av sink og kobber. Overgangssone og fjernsone viser en generelt god tilstand, men også disse stasjonene har svært høye verdier av TOC og svakt forhøyede glødetapsverdier.

St. 1 (overgangssone) og Her-1 (jernsone) som er historiske stasjoner ble sist undersøkt i 2007 (Skaar, 2007; Heggøy og Johansen, 2008). Undersøkelsen fra mai 2015 viser en positiv utvikling i bunnfaunasammensetningen i overgangssone sammenliknet med forrige undersøkelse. Mens TOC-verdiene har blitt kraftig forhøyet i både overgangssone og fjernsone.

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.

**Tabell 4-1** Oppsummering av resultatene fra bunnprøver innsamlet ved Munkholmen, mai 2015. Miljøtilstand etter NS 9410, tilstandsverdi etter Veileder 02:2013, glødetap (TOM), normalisert TOC (nTOC), fosfor, sink, kobber, oksygeninnhold i bunnvann (O<sub>2</sub>) og pH/Eh-tilstand. For de parameterne som har tilstandsklasser er disse fargekodet.

Stasjon	Dyp (m)	Miljøtilstand (NS 9410)	Tilstandsverdi (Veileder 02:2013)	TOM (%)	nTOC (mg/g)	Fosfor (mg/kg)	Sink (mg/kg)	Kobber (mg/kg)	O <sub>2</sub> (ml/l)	pH/Eh Tilstand
Her-21	167	3	-	11,2	87,0	7300	410	63		1
St.1	224	1	-	13,6	52,6	590	92	17		1
Her-1	243	-	0,61	12,0	48,8	710	130	21	4,7	1

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Meget dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

## 5. TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Trond E. Isaksen og Einar Bye-Ingebrigtsen fra SAM-Marin, samt Ståle Tjensvoll fra Marine Harvest. Bunnprøvene ble sortert av Linda Bjelland Pedersen og Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Øydis Alme, Frøydis Lygre og Tom Alvestad.

## 6. LITTERATUR

Heggøy, E. og Johansen, P. O. (2008). "MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Munkholmen i Hervikfjorden, Tysvær kommune i 2007." SAM e-rapport nr. 8-2013. 34 s.

Hovgaard, P. (1973). "A new system of sieves for benthic samples." *Sarsia* **53**. 15-18 s.

Isaksen, T. E. og Johansen, P. O. (2013). "MOM B-undersøkelse ved Munkholmen i Tysvær kommune, Mars 2013." SAM Notat nr. 07-2013. 13 s.

NS-EN-ISO 5667-19: 2004. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder. Standard Norge. 23 s.

NS-EN-ISO 16665:2013. Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014) Standard Norge. 40 s.

NS-EN-ISO 17294-2:2004. Vannundersøkelse - Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer (ISO 17294-2:2003). Standard Norge. 32 s.

NS-EN-ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Standard Norge. 48 s.

NS-EN 13137:2001. Karakterisering av avfall - Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. Standard Norge. 24 s.

NS-EN 14346:2006. Karakterisering av avfall - Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. Standard Norge. 24 s.

NS 4764:1980. Vannundersøkelse - Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. Standard Norge. 8 s.

NS 9410:2007. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Standard Norge. 27 s.

Skaar, A. (2007). "Miljøundersøkelse etter MOM-konseptet av Lokalitet Munkholmen - Tysvær kommune - Marine Harvest Rogaland A/S." BioConsult Rapport nr. 5607. 37 s.

TA 1467/1997. Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.

TA 1883/2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02. Statlig program for forurensningsovervåking, 2002. 138 s.

TA 2229/2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn, SFT 2008. 12 s.

Tverberg, J. og Brekke, E. (2014). "MOM B-gransking av oppdrettslokaliteten Munkholmen i Tysvær kommune, august 2014." Rådgivende Biologer AS, Rapport 1946. 25 s.

Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen Vanndirektivet (2009). 181 s.

## 7. VEDLEGG

### 1) Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata

#### Generelt

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

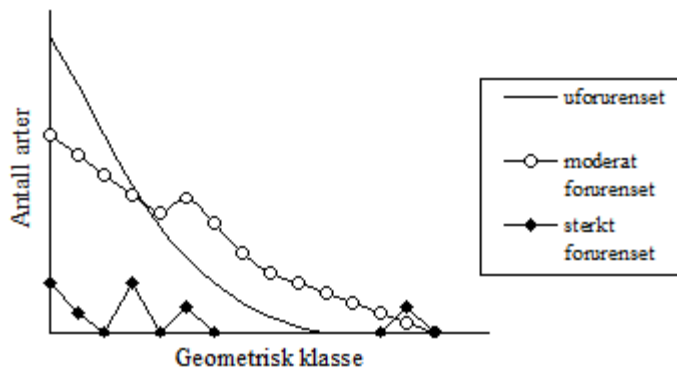
#### Geometriske klasser

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

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

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

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



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

### Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra 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 (TA-1467/1997 og Veileder 02:2013).

### Diversitet

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

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

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

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

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

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

### Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

ISI er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes ISI2012 (Rygg og Norling, 2013).

Beregning av ISI utføres med følgende formel:

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

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

**AMBI (Azti Marin Biotic Index)** tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. 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:

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

nEQR gir en 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

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 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:

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

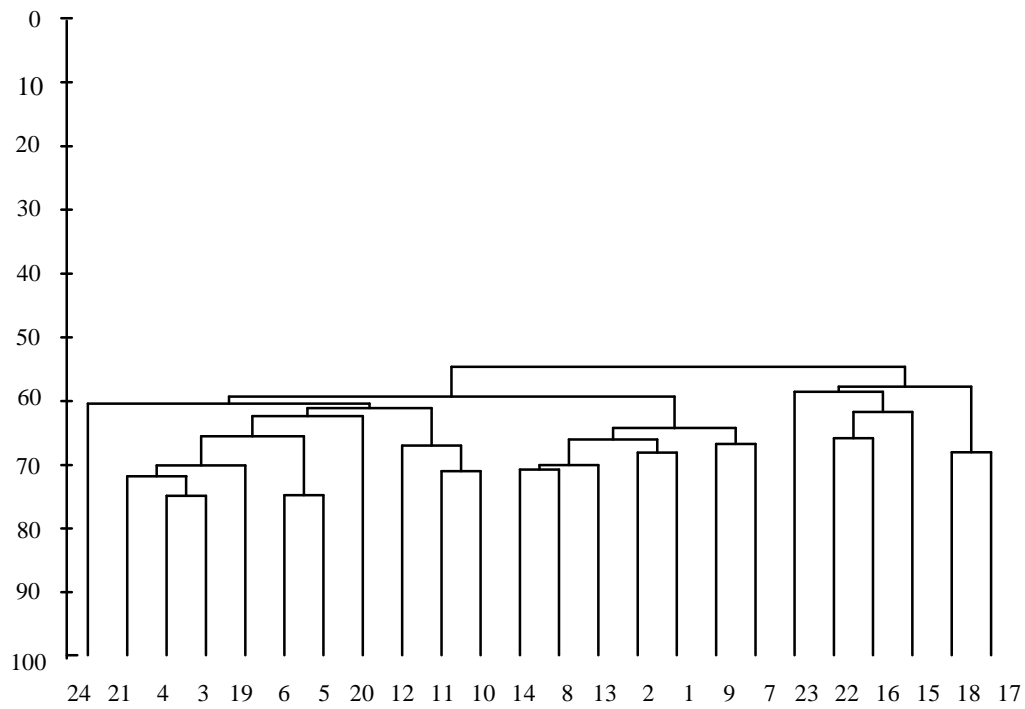
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

### Dataprogrammer

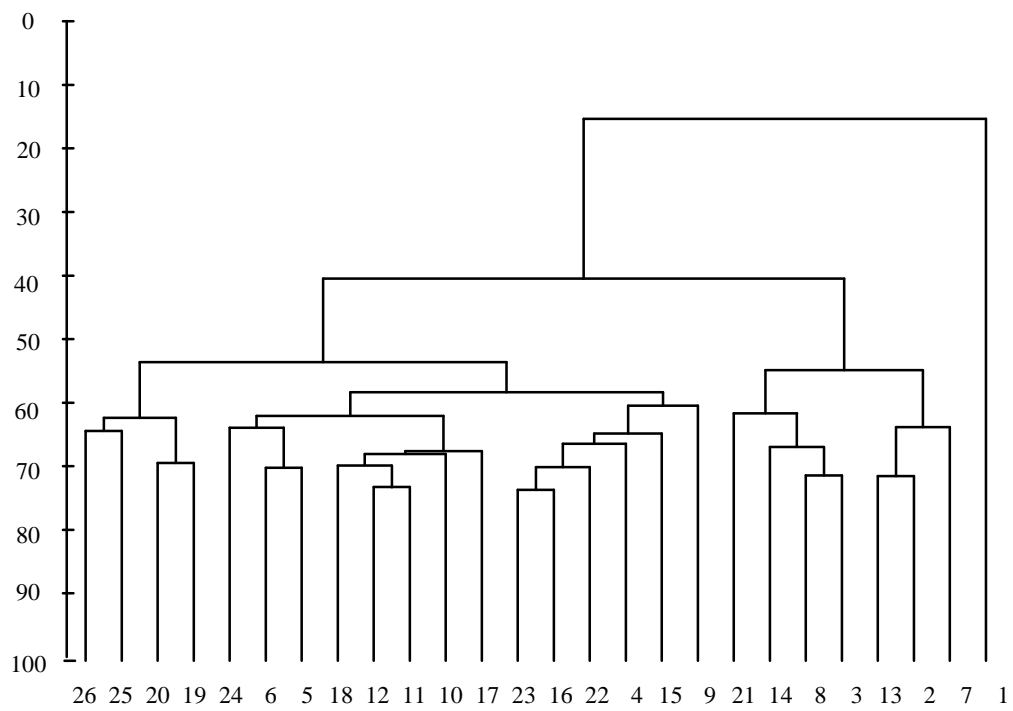
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet ( $H'$ ) og inndelingen i geometriske klasse.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

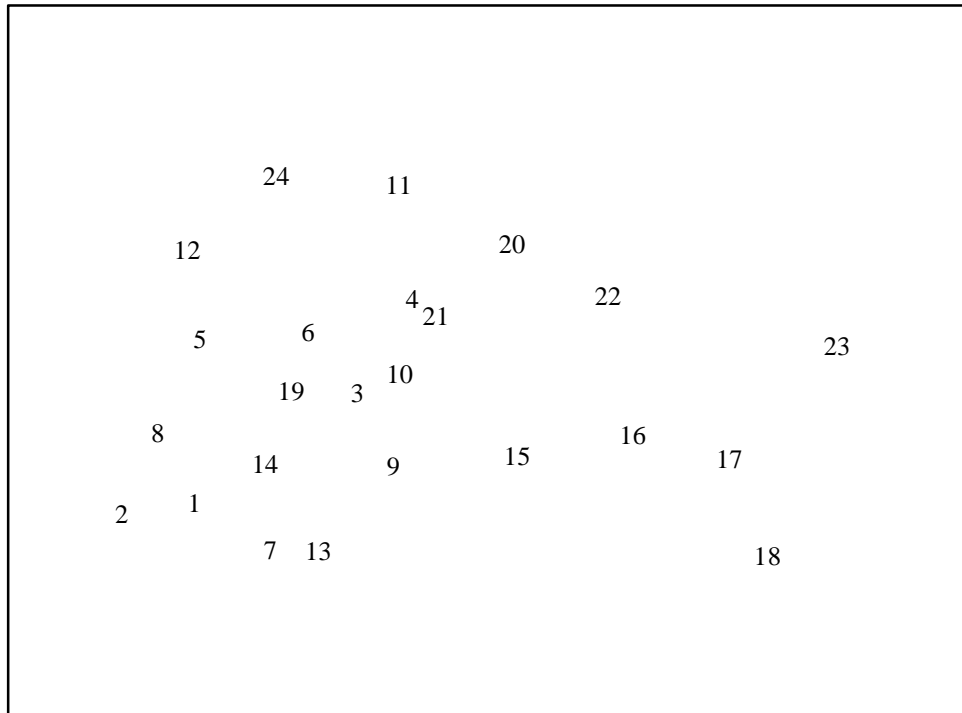


FAUNAFORSKJELL

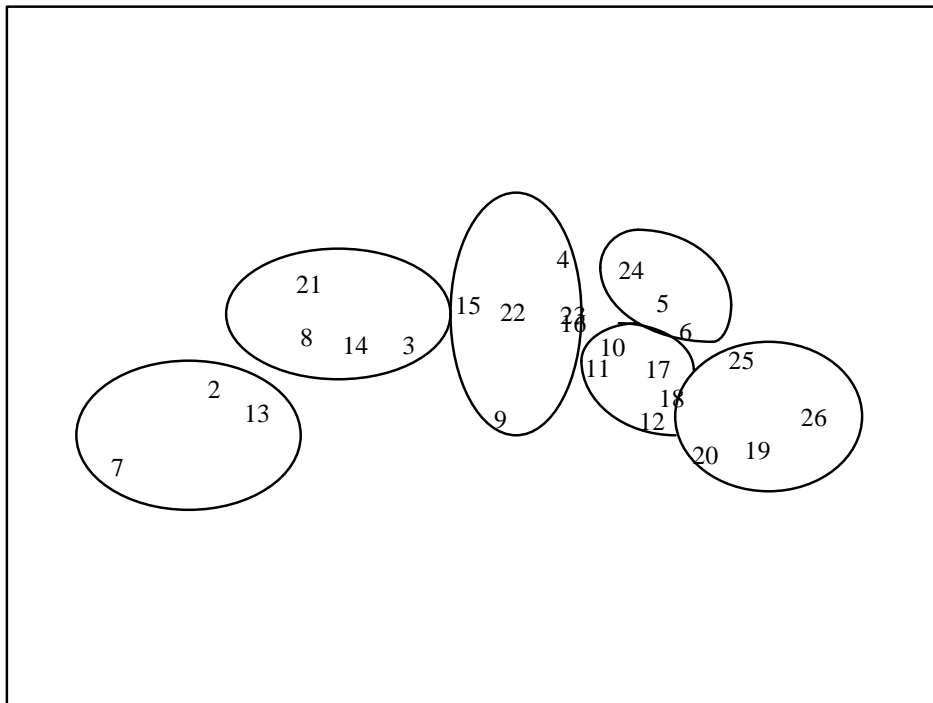


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

## 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 s.
- Bray, J.R. og Curtis, J.T. 1957. *An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin*. Ecological Monographs **27**. 325-349 s.
- Gray, J.S. og Mirza, F.B. 1979. *A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities*. Marine Pollution Bulletin **10**. 142-146 s.
- Pearson, T.H. og 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 s.
- Pearson, T.H., Gray, J.S. og Johannessen, P.J. 1983. *Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses*. Marine Ecology Progress Series **12**. 237-255 s.
- Rygg, B. 2002. *Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway*. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg, B. og Norling, K. 2013. *Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*. NIVA-rapport 6475-2013. 46 s.
- Shannon, C.E. og Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- TA 1467/1997. *Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

## 2) MOM B-parametere

## PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Marine Harvest Norway AS

Dato: 28.05.2015

Lokalitet: Munkholmen

Lokalitetsnr: 13629

Lokalitetstype: Matfisk, laks

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr					Indeks	
			Her-21	St. 1	Her-1				
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1							
I	Tilstand (Gruppe I)								
II	pH	verdi	7,49	7,55	7,57				
	E <sub>n</sub> (mv)	verdi	-233	7	68				
		+ ref. verdi	-14	226	287				
	pH/E <sub>n</sub>	fra figur	1	0	0				0,3
	Tilstand, prøve		1	1	1				
	Tilstand, gruppe II		1						
	Buffer temp:		10,2		Temp sjø:	8,5			
	pH sjø:		8,21	Eh sjø:	463	Ref. elektrode:	219		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		28/5-15		EBI				
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0				
	Farge	Lys/Grå = 0		0	0				
		Brun/Sort = 2	2						
	Lukt	Ingen = 0		0	0				
		Noe = 2	2						
		Sterk = 4							
	Konsistens	Fast = 0							
		Myk = 2	2	2	2				
		Løs = 4							
	Grabb- volum	v < 1/4 = 0							
1/4 ≤ v < 3/4 = 1									
v ≥ 3/4 = 2		2	2	2					
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0					
	2 - 8 cm = 1								
	t ≥ 8 cm = 2								
	SUM		8	4	4				
	Korrigeret sum (*0,22)		1,76	0,88	0,88				1,2
	Tilstand prøve		2	1	1				
	Tilstand gruppe III		2						
	Middelvei gruppe II og III		1,38	0,44	0,44				0,8
	Tilstand gruppe II og III		1						
	pH/Eh		Tilstand		Lokalitetstilstand				
	Korr. sum		Gruppe I	Gruppe II og III					
	Indeks	Tilstand	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4				
	Middelvei		4	1, 2, 3	1, 2, 3				
	< 1,1	1	4	4	4				
	1,1 - < 2,1	2							
	2,1 - < 3,1	3							
	≥ 3,1	4							
	LOKALITETSTILSTAND							1	

Korrekturlest: 08.06.2015  
datoEBI  
Sign.TEI  
Sign.

**SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2**

Firma: Marine Harvest Norway AS

Dato: 28.05.2015

Lokalitet: Munkholmen

Lokalitetsnr: 13629

Lokalitetstype: Matfisk, laks

<b>Prøvetaksingssted (nr)</b>	Her-21	St.1	Her-1							
<b>Dyp (m)</b>	167	224	243							
<b>Antall forsøk</b>	3	3	2							
<b>Bobling (i prøve)</b>	-	-	-							
<b>Primær-sediment</b>	<b>Grus</b>	x								
	<b>Skjellsand</b>									
	<b>Sand</b>									
	<b>Mudder</b>									
	<b>Silt</b>	x	x	x						
	<b>Leire</b>	x	x	x						
<b>Fjellbunn</b>										
<b>Steinbunn</b>										
<b>Pigghuder, antall</b>										
<b>Krepsdyr, antall</b>										
<b>Skjell, antall</b>		x	x							
<b>Børstemark, antall</b>	x	x	x							
<b>Andre dyr, antall</b>										
<b><i>Malacoceros fuliginosa</i></b>										
<b>Beggiatoa</b>										
<b>Fôr</b>	-	-	-							
<b>Fekalier</b>	Ja	-	-							
<b>Kommentarer</b>										

Korrekturlest:

08.06.2015

dato

EBI

Sign.

TEI

Sign.

## 3) Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 009

**Vedlegg SF-SAM-505 Benthos  
Artsliste****Uni Research Miljø : Sam-  
marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

**SAM-Marin**

(Seksjon for anvendt miljøforskning,  
 marin del.)  
 Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
 Telefon: 55 58 44 05  
 Mail: sam-marin@uni.no

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Marine Harvest Norway AS****Prosjekt nr.: 809589****Prøvetakingssted (område): Munkholmen****Dato for prøvetaking: 28.05.2015****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Øydis Alme, Frøydis Lygre, Tom Alvestad**

	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:2 sider.

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

Signatur:.....*Øydis Alme*.....  
 Godkjent taksonom



s 1/2	Stasjonsnavn	St. 1	St. 1	Her-1	Her-1	Her-21	Her-21
	Dato	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15
	Hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	<b>HYDROZOA</b>						
*	Hydrozoa indet.				+		
*	Hydrozoa indet. medusa	1		5	1		
*	<b>NEMERTEA indet.</b>	1	2		4		
*	<b>NEMATODA indet.</b>				1	1186	768
	<b>POLYCHAETA</b>						
	Ampharete octocirrata	3	2		9		
	Amythasides macroglossus	4	7		4		
	Aphelochaeta sp.	7	7				
	Capitella capitata		1			1968	2256
	Ceratocephale loveni			2			
	Chaetozone sp.	6	9		2	2	
	Diplocirrus glaucus	6	14	5	26		
	Eclysippe vanelli				1		
	Euchone sp.		1	1	4		
	Exogone sp.		1		2		
	Galathowenia oculata	13	15	2	3		
	Heteromastus filiformis	95	177	60	125		
	Levinsenia gracilis			1			
	Lumbrineridae indet.		2	1	4		
	Malacoceros fuliginosa					1	1
	Maldanidae indet.	2		3			
	Melinna elisabethae	1	1				
	Mugga wahrbergi				3		
	Neoleanira tetragona		1				
	Nephtys hystericis	1	1		1		
	Nephtys paradoxa		1	1	2		
	Ophelina modesta		1		1		
	Orbinia sp.	2	2		4		
	Paramphinome jeffreysii	23	47	10	64		
	Phyllodoce rosea				1		
	Pista lornensis		1				
	Polycirrus plumosus		1				
	Polydora sp.	1	2	9	77		
	Polynoidae indet.		0/1	2	1		
	Prionospio cirrifera	1	1				
	Prionospio dubia			1			
	Prionospio plumosa					152	272
	Sabellidae indet.		7		3		
	Spiophanes kroeyeri	3	1				
	Terebellides stroemii		3		5		
	Tharyx killariensis				1		
	<b>SIPUNCULA</b>						
	Onchnesoma steenstrupi		1		1		
	<b>CRUSTACEA</b>						
*	Calanus finmarchicus	5	4	4	8	4	
*	Calanus hyperboreus	2	1		3		
*	Centropages typicus	1					
*	Copepoda indet.	4	4	1			
*	Eudorella emarginata	2	2				
*	Eudorella truncatula				1		
*	Metridia longa	1	1	2	1		
*	Metridia lucens			2	3		

s 2/2	Stasjonsnavn	St. 1	St. 1	Her-1	Her-1	Her-21	Her-21
	Dato	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15	28.5.15
	Hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	Paraeuchaeta sp.	3		2	3		
*	<b>AMPHIPODA</b>						
*	Amphipoda indet.	1	1	1	2		
	Eriopisa elongata	2	1	2			
*	Hyperidae indet.			2			
*	<b>DECAPODA</b>						
	Calocarides coronatus				1		
*	Decapoda indet larve	5	10	8	16	0/6	
*	Pasiphaea sivado				1		
	<b>MOLLUSCA</b>						
	Abra longicallus				1		
	Abra nitida	7/7	30/11	8/6	34/5		
	Caudofoveata indet.	1	1	1	6		
	Cuspidaria obesa		1		0/1		
	Ennucula tenuis	1	2/2				
	Entalina tetragona		2	1			
	Kelliella miliaris	2	7		9		
	Nucula tumidula			1	1/1		
	Parvicardium minimum		1/1		0/1		
	Scaphander punctostriatus		1				
	Thyasira equalis	44/4	43/14	11/1	34/11		
	Thyasira sarsii	10/1	25/2		4		0/1
	Tropidomya abbreviata				0/1		
	Yoldiella lucida		3		0/1		
	Yoldiella philippiana		6/3		1		
	<b>ECHINODERMATA</b>						
	Amphilepis norvegica			2	1		
	Amphiura filiformis		0/1				
	Echinocardium flavescens	1	2/28		0/4		
	<b>HOLOTUROIDEA</b>						
	Synaptidae indet.		1				
*	<b>CHAETOGNATHA indet.</b>		2	1	2		
	<b>CHORDATA</b>						
*	PISCES egg.			2	2		
*	<b>VARIA</b>			+		+	

#### 4) Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene ved stasjonene Her-21, St.1 og Her-1.

Geometrisk klasse	Her-21	St. 1	Her-1
I	1	14	16
II	2	12	11
III	0	5	9
IV	0	5	2
V	0	3	1
VI	0	2	2
VII	0	2	2
VIII	0	0	1
IX	1	1	0
X	0	0	0
XI	0	0	0
XII	0	0	0

## 5) 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-15-MX-002180-01**



**EUNOBE-00014893**

Prøvemottak: 02.06.2015  
Temperatur:  
Analyseperiode: 02.06.2015-26.06.2015  
Referanse: 809589/27/15

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: Prøvetakingsdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:		441-2015-0603-027 28.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter Her-01, 243m Hugg 1	441-2015-0603-028 28.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter St. 1, 224m Hugg 2	441-2015-0603-029 28.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter Her-21, 167m Hugg 1					
Test	Parameter	Resultat	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 710	mg/kg tv	a) 590	mg/kg tv	a) 7300	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 21	mg/kg tv	a) 17	mg/kg tv	a) 63	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 130	mg/kg tv	a) 92	mg/kg tv	a) 410	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 33.0	mg/g tv	a) 37.0	mg/g tv	a) 71.0	mg/g tv	EN 13137	0.1
Totalt tørrstoff		a) 38.6	% (w/w)	a) 37.5	% (w/w)	a) 41.1	% (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), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf

**Bergen 26.06.2015**

*Helene L. Botnevik*

Helene Lillethun Botnevik

ASM Bergen, Kvalitetsansvarlig



**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet  
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1

		<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>TOM og KORN</b>		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.: 58984	Antall sider + bilag: 2	
		Rapport referanse: KR-20764	Dato: 08.07.2015	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr. / ref.: 809589 / 8/15	Utført: Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur: Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 09.06.2015

## RESULTATER

Prøve merket:			Her-01	St 1	Her-21		
Parameter	Enhet	Ana. dato	KG-000676	KG-000677	KG-000678		
TOM (550 °C)	%	30.06.15	12,0	13,6	11,2		

## Kornfordeling

Analysedato: 29.06.2015

Her-01		KG-000676		Vekt (g)		Vekt (%)		Kum. Vekt(%)			
Diameter(µm)	F										
2000	-1	0,00	0,0	0,0	0,0	MdΦ	Silt og leire	94,7			
1000	0	0,02	0,4	0,4	0,4	5,89	Sand	5,3			
500	1	0,03	0,7	1,1	1,1		Grus	0,0			
355	1,5	0,02	0,4	1,5	1,5	SdΦ					
250	2	0,02	0,4	2,0	2,0	1,30					
180	2,5	0,02	0,4	2,4	2,4						
125	3	0,02	0,4	2,9	2,9	SkΦ					
90	3,5	0,02	0,4	3,3	3,3	-0,01					
63	4	0,09	2,0	5,3	5,3						
<63	8	4,31	94,7	100,0	100,0	KΦ					
		4,55	100,0			0,75					

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.

St 1	KG-000677								
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,03	0,4	0,4	Md $\Phi$		Silt og leire	94,6	
1000	0	0,03	0,4	0,8		5,89	Sand	5,0	
500	1	0,04	0,5	1,3			Grus	0,4	
355	1,5	0,04	0,5	1,8	Sd $\Phi$				
250	2	0,03	0,4	2,2		1,31			
180	2,5	0,04	0,5	2,7					
125	3	0,04	0,5	3,2	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,05	0,6	3,8		-0,01			
63	4	0,12	1,5	5,4					
<63	8	7,42	94,6	100,0	K $\Phi$				
		7,84	100,0			0,76			

Her-21	KG-000678								
Diameter( $\mu$ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,03	0,5	0,5	Md $\Phi$		Silt og leire	63,0	
1000	0	0,09	1,4	1,9		4,83	Sand	36,5	
500	1	0,21	3,3	5,2			Grus	0,5	
355	1,5	0,12	1,9	7,1	Sd $\Phi$				
250	2	0,20	3,2	10,3		2,11			
180	2,5	0,25	4,0	14,2					
125	3	0,40	6,3	20,6	Sk $\Phi$				
90	3,5	0,43	6,8	27,3		-0,08			
63	4	0,61	9,6	37,0					
<63	8	3,99	63,0	100,0	K $\Phi$				
		6,33	100,0			0,90			

## 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

Proveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Rapporten må ikke gjengis i utdrag, uten skriftlig godkjenning fra Molab as. 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.

## 6) CTD-data

Tabellene under viser hydrografiske profilmålinger fra Her-1 (dypeste stasjon i undersøkelsesområdet) med parameterne salinitet (Sal.), temperatur (T), tetthet ( $\sigma T$ ) og oksygen ( $O_2$ ).

Depth(m)	Sal.	T (°C)	$O_2$ (%)	$O_2$ (mg/l)	$O_2$ (ml/l)	$\sigma T$
1	28,47	9,82	95,96	8,59	6,05	21,89
2	28,65	9,74	95,91	8,59	6,05	22,05
3	28,95	9,73	97,38	8,71	6,13	22,29
5	29,07	9,80	98,13	8,76	6,17	22,38
7	29,68	9,63	97,67	8,72	6,14	22,89
10	30,99	9,05	97,72	8,77	6,18	24,02
15	31,73	8,62	96,71	8,72	6,14	24,69
20	32,12	8,33	95,18	8,62	6,07	25,06
25	32,46	8,07	94,15	8,56	6,03	25,39
30	32,91	7,71	93,28	8,53	6,01	25,81
40	33,43	7,63	89,10	8,13	5,73	26,28
50	33,92	7,76	84,31	7,65	5,39	26,69
60	34,42	7,88	77,77	7,01	4,94	27,11
70	34,52	7,83	74,61	6,73	4,74	27,25
80	34,61	7,77	74,53	6,73	4,74	27,37
90	34,66	7,73	74,80	6,76	4,76	27,46
100	34,73	7,69	75,52	6,83	4,81	27,57
125	34,84	7,60	76,22	6,90	4,86	27,78
150	34,90	7,56	75,34	6,82	4,80	27,95
175	34,92	7,55	74,62	6,76	4,76	28,08
200	34,93	7,54	74,24	6,73	4,74	28,20
225	34,92	7,54	74,17	6,72	4,73	28,31
238	34,95	7,53	73,74	6,68	4,70	28,40