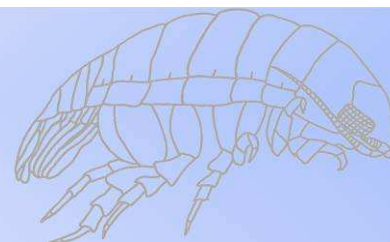


SAM e-Rapport

Uni Research
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr. 10-2011

MOM C-undersøkelse ved Honnhammarvika og Hegerbergtrøa i Tingvoll kommune, 2011

Rune Haugen

Jon Hestetun



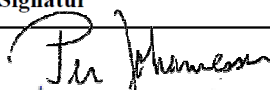

	SAM-Marin	 <small>Test 157</small>
Seksjon for anvendt miljøforskning Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25	Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA	

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved Honnhammarvika og Hegerbergtrøa i Tingvoll kommune, 2011	Dato: 10.11.2011 Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Rune Haugen, Jon Hestetun	Prosjektleder: E. Heggoy Prosjektnummer: 805573

Oppdragsgiver: Aqua Gen AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------	-----------------------

Abstract: A MOM C investigation was conducted in May 2011 at 5 sites near the aqua culture localities Honnhammarvika and Hegerbergtrøa. The monitoring included geological and chemical analyses of the bottom sediment as well as analyses of the composition of the benthic fauna. Chemical analyses indicated high concentration of copper, however these values were highest at the sites farther away from the localities, and are thus not likely to stem from the operation of the aquaculture farms. Higher than normal TOC concentrations were detected at the station close to Hegerbergtrøa, indicating some organic contamination. The faunal composition indicated good bottom conditions at all stations, and indicated little to no effect on bottom fauna from operation of the farms.

Keywords: MOM C, marine environmental monitoring, Aqua culture, Honnhammarvika, Hegerbergtrøa	Emneord: MOM C, marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Honnhammarvika, Hegerbergtrøa	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 10-2011
---	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	10.11.2011	
Prosjektet / undersøkelsen:	10.11.2011	

**Utforming av sammendrag
SAM e-rapport**

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 MOM C analyser, samlet av: Havbruksstjenesten

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Tveiten, Korableva, Ekrene, Ensrud og Amin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Alvestad og Johannessen

Rapportering utført av: Haugen og Hestetun

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: Grønning

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS **akkrediteringsnummer** Test 003

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, total tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkellesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment	7
2.2.3 Kjemiske analyser	8
2.2.4 Bunndyr	9
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	11
3 RESULTATER OG DISKUSJON	12
3.1 Sediment	12
3.3 Kjemi	14
3.4 Bunndyr	14
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	20
6 LITTERATUR	21
7 VEDLEGG	22

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokalitetene Honnhammarvika og Hegerbergtrøa, Tingvoll kommune, lokalitetsnummer 12897 og 12896. Innsamlingene ble gjennomført 3. mai 2011. Stasjonen Hon 1 er felles for begge lokalitetene som fjernsone.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokalitetene Honnhammarvika og Hegerbergtrøa. 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 bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), Vanddirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Uni Miljø, SAM-Marin på oppdrag fra Aqua Gen AS. SAM-Marin er en seksjon ved forskningsselskapet Uni Research AS, har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blandt annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 20 år og utført miljøundersøkelser i 10 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

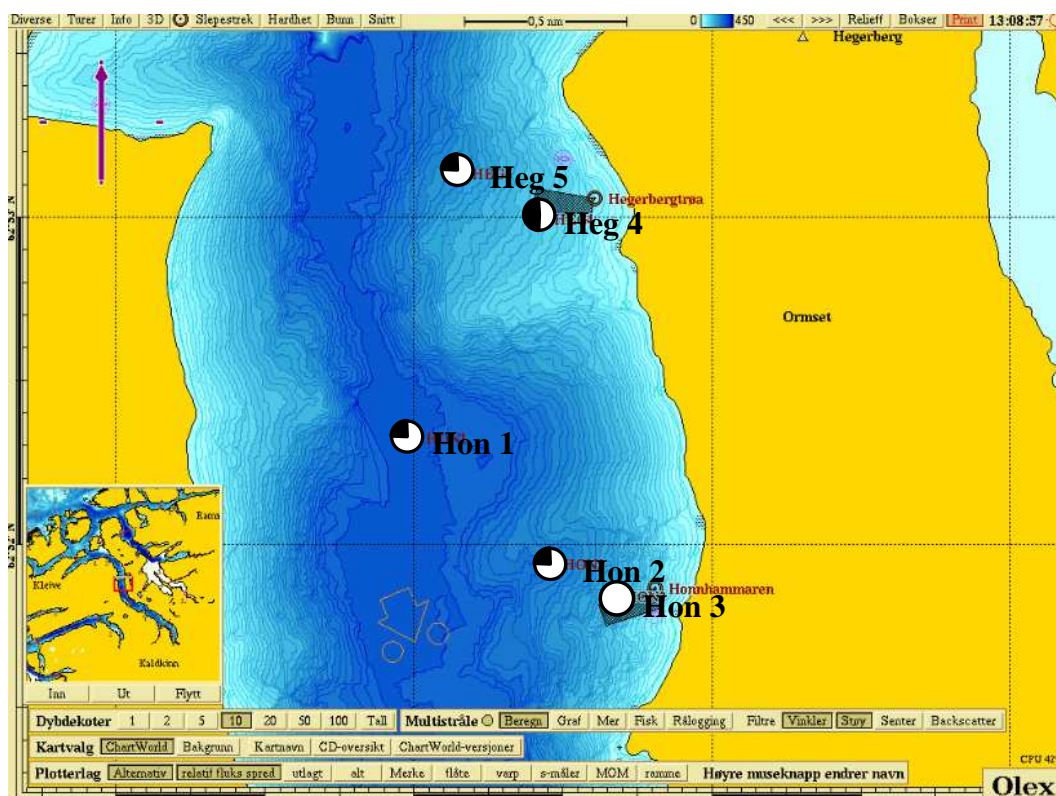
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på østsiden av Tingvollfjorden (Figur 2.1). Bunnen under Honnhammaren skrår nedover fra ca. 50 m innerst til rundt 180 m i ytre del av anlegget. Ved Hegerbergtrøa skrår bunnen fra 60m innerst til omkring 130m ytterst under anlegget. Bunnen skrår videre nedover fra begge anleggene til et ”dypbasseng”, med dypeste punkt på 335 m i midtre del av Tingvollfjorden.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten Havbruksstjenestens egen båt ”Blåstål” den 3. mai 2011 med Havbruksstjenestens eget toktpersonell Rune Haugen og Jenny- Lisa Reed. Det ble tatt prøver fra én stasjon tett ved begge anleggene (Hon 3 og Heg 4), én i hver sin overgangssone (Hon 2 og Heg 5), samt en felles fjernsone (Hon 1) i dypere del av Tingvollfjorden.



Figur 2.1. Oversiktskart med fjordsystemet i Tingvollfjorden (kartutsnitt i hovedbilde) og mer detaljert over prøvetakingsområde med inntegnede prøvetakingsstasjoner (hovedbilde). Oppdrettslokalitetene Honnhammarvika og Hegerbergtrøa er vist i kartet. Vurdering av miljøforholdene er vist kom kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Tingvollfjorden 3. mai 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1m² til alle prøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Prøveparameter/ Andre opplysninger
St Hon 1	Tingvollfjorden 62° 52.324 N 08° 08.011 Ø	331	1	14	Kjemi
			1	14	Geologi
			2	15	Biologi
			3	14	Biologi, pH & Eh -Alle hugg fint sediment
St Hon 2	Tingvollfjorden 62° 51.938 N 08° 08.912 Ø	274	1	14	Kjemi
			1	14	Geologi
			2	15	Biologi
			3	14	Biologi, pH & Eh -Alle hugg fint sediment
St Hon 3	Tingvollfjorden 62° 51.838 N 08° 09.323 Ø	181	1	7,5	Kjemi
			1	7,5	Geologi
			2	6,5	Biologi
			3	6,5	Biologi, pH & Eh -Alle hugg blandet fint/grovere sediment
St Heg 4	Tingvollfjorden 62° 52.992 N 08° 08.851 Ø	127	1	9,5	Kjemi
			1	9,5	Geologi
			2	8,5	Biologi
			3	12	Biologi, pH & Eh -Alle hugg blandet fint/grovere sediment -Bomskudd
St Heg 5	Tingvollfjorden 62° 53.239 N 08° 08.373 Ø	227	1	16	Kjemi
			1	16	Geologi
			2	15	Biologi
			3	16	Biologi, pH & Eh -Alle hugg fint sediment

2.2.1 Hydrografi

Det ble ikke utført hydrografiske målinger ved denne MOM C-undersøkelsen. Det ble gitt spesiell dispensasjon fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag for dette for denne undersøkelsen.

2.2.2 Sediment

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

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984).

Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm)

fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

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

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

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Analysen av Nitrogen-Kjelldahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

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

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste 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 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. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

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

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

organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktoratsgruppa Vanddirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten (H') og NQII beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks (H') og NQII er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQII et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. Når oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2. Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Direktorsgruppa Vanddirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

	Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse				
			I Bakgrunn (svært/meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks ('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQI1		>0,72	0,63- 0,72	0,49-0,63	0,31- 0,49	<0,31
	Organisk karbon	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590- 4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

Tabell 2.3 Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Honnhammarvika startet produksjonen i 2002. På Hegerbergtrøa startet produksjonen i 2005, og siste brakkleggingsperiode var i medio januar 2011 til ultimo april 2011.

Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokalitetene Honnhammarvika og Hegerbergtrøa i 2002 -2011

Årstall	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Honnhammarvika	2	4	270	707	133	229	901	247	229	209
Hegerbergtrøa				227	731	207	203	1.028	291	1

3 RESULTATER OG DISKUSJON

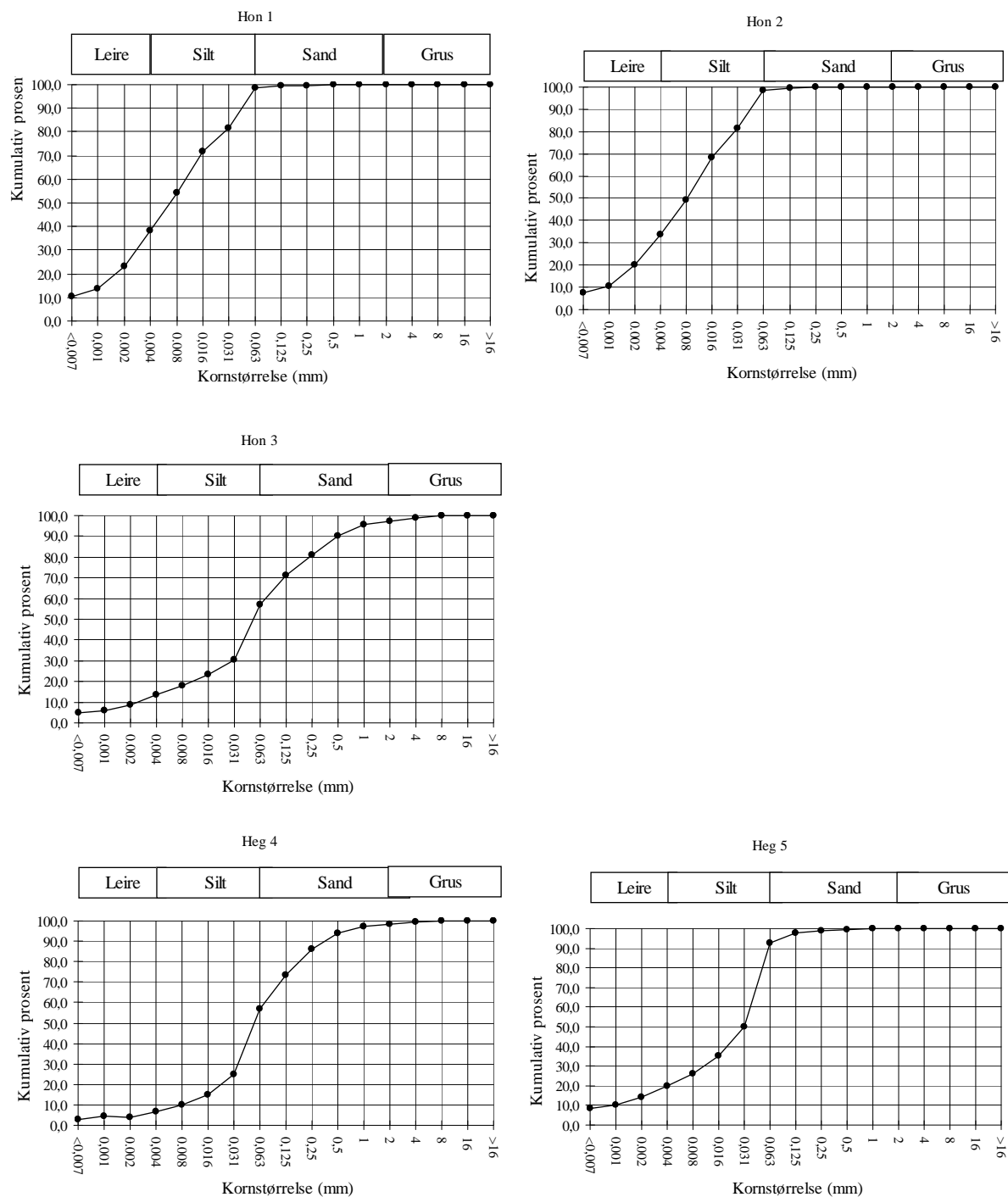
3.1 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2011 er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Honnhammarvika og Hegerbergtrøa i 2011.

Stasjon	År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Hon 1	2011	331	7,86	38	60	99	1	0
Hon 2	2011	274	6,86	34	65	99	1	0
Hon 3	2011	181	3,91	14	43	57	40	3
Heg 4	2011	127	2,73	7	51	57	41	2
Heg 5	2011	227	5,92	20	72	92	7	0

Ved felles fjernsone stasjon Hon 1, og begge anleggenes overgangssone (Hon 2 og Heg 5) var det en sterk dominans av finkornet sediment. Fraksjonen med leire og silt utgjorde her fra 92 til 99 %, men ved Heg 5 var det og noe sand (7 %). Ved Hon 3 og Heg 4 var det forholdsvis lite sediment i grabben. Vanskelighetene med å få nok prøvemateriale skyldes trolig fjellbunn under et tynt sedimentlag. Ved Heg 4 hadde vi bl.a. et bomskudd som sannsynligvis skyldes fjell- eller steinbunn. De to nærstasjonene, Hon 3 og Heg 4 bestod begge av 57% silt og leire, og henholdsvis 40 og 41 % sand, samt små mengder grus. Glødetapet var mye høyere på overgangsstationene (Hon 2 og Heg 5) og fjernsonen (Hon 1), enn ved nærstasjonene. Glødetapet er jevnt over lavt, og indikerer ikke tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer.



Figur 3.1. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Hon 1-3 og Heg 4-5.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Ved fjernsonen (Hon 1) og ved overgangssonene (Hon 2 og Heg 5) ble det funnet høye verdier av kobber (Cu) som gir tilstandsklasse IV (Dårlig) (Tabell 3.2). Ved nærsjonene (Hon 3 og Heg 4) ble det funnet verdier som gir tilstandsklasse I og II (Meget god og god). For Sink (Zn) ble det funnet verdier som ga gode til meget gode tilstandsverdier på alle stasjonene. Mengden organisk karbon (TOC) tyder på mye organisk materiale, på nærstasjon Heg 4, som ga tilstandverdi V (svært dårlig). Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993), og resultatene bør derfor vurderes opp mot andre indikatorer slik som glødetap for å vurdere hvorvidt de gir et sannsynlig resultat. Andelen fosfor var lav (<0,91 g/kg), men glødetapet (som på denne stasjonen var meget lavt) peker mot lavere nivåer av organisk materiale enn det TOC-verdien tilsier. Totalt organisk karbon (TOC) var lavt på de fire andre stasjonene og får KLIFs tilstandsklasse I, meget god (Hon 2, Hon 3 & Heg 5) og tilstandsklasse II, god (Hon 1). Sistnevnte stasjon lå helt i grensen til å få tilstand 1.

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

Stasjon	År	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Hon 1	2011	331	150	IV	160	II	20	200	II	0,91	43
Hon 2	2011	274	110	IV	140	I	16	160	I	0,85	46
Hon 3	2011	181	47	II	73	I	8,9	97	I	0,72	64
Heg 4	2011	127	18	I	45	I	64	648	V	0,71	65
Heg 5	2011	227	57	IV	99	I	<5	51	I	0,91	53

Måling av pH og Redokspotensial (E_h)

Resultatene fra pH og E_h vist i Vedleggstabell 1. Kjemiske verdier (pH og E_h) ga normale pH- og E_h -verdier for alle stasjonene, og ga tilstand 1 for disse stasjonene.

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.3 - 3.4, Figur 3.2 - 3.3, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved

lokaliteten i mars 2011 sammenlignet med miljøforholdene i 2008. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

På stasjon Hon 1, på 340 m, ble det funnet 25 individer og 12 arter på 0,2m². Dette gir en diversitet på 3,19 og en jevnhet på 0,89. Det var flest individer av skjellet *Thyasira equalis*, med 7 stykker (28 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 2 (god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir tilstandsklassen ”god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”.

På stasjon Hon 2, på 270 m, ble det funnet 61 individer fordelt på 21 forskjellige arter. Dette gir en diversitet på 3,79 og en jevnhet på 0,86. Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Artssammensetningen er lik stasjon Hon1, med skjellet *Thyasira equalis* med flest individer (17 stk.; 27,9 %) fulgt av børstemark innenfor familien Lumbrineridae. AMBI indikerer en fauna som er ”lett forstyrret”, mens NQI1 og NQI2 gir tilstandsklassen ”svært god”.

På stasjon Hon 3, på 181 m, ble det funnet 132 individer fordelt på 33 arter, noe som gir en diversitet på 4,40 og en jevnhet på 0,86. Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Flere arter ved denne stasjonen er de samme som ved de to foregående, slik som skjellene på plass to og tre over de mest tallrike artene: *Thyasira equalis* (11,4 %) og *Abra nitida* (10,6 %). Flest individer var det imidlertid av børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (16 stk.; 12,1 %). AMBI indikerer en fauna som er ”lett forstyrret”, mens NQI1 og NQI2 gir tilstandsklassen ”svært god”.

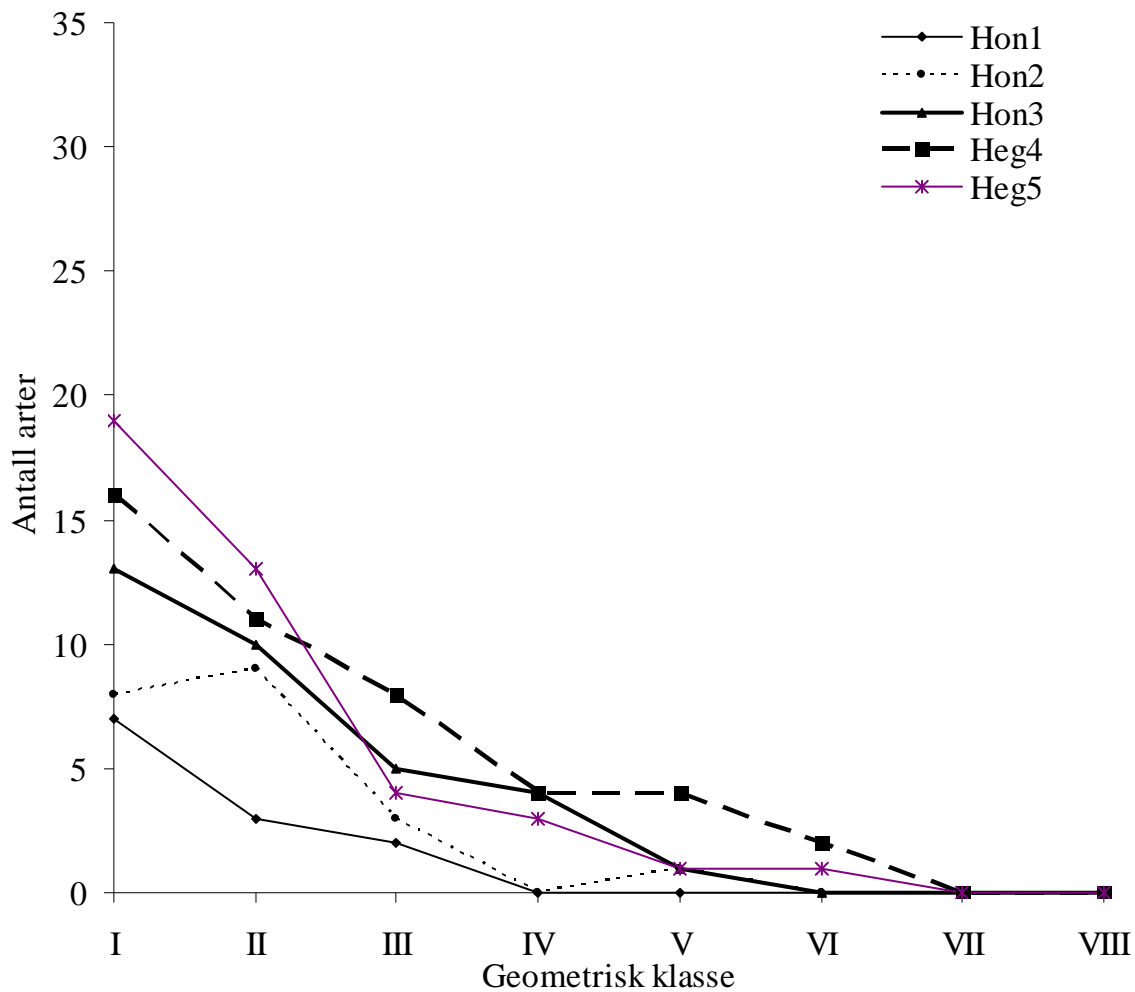
På stasjon Heg 4, på 127 m, ble det funnet 301 individer fordelt på 45 arter, noe som gir en diversitet på 4,41 og en jevnhet på 0,80. Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Som ved stasjon Hon1 og 2 er det her flest av skjellet *T. equalis* (50 stk.; 16,6 %). Ellers er det en blanding av skjell (*A. nitida*), børstemark (*Aphaelochaeta* sp., *P.jeffreysii*) og en del slangestjerner (*Amphiura chiajei*) med flest individer ved stasjonen. AMBI indikerer en fauna som er ”lett forstyrret”, mens NQI1 og NQI2 gir tilstandsklassen ”god” og ”svært god”.

På stasjon Heg 5, på 227 m, ble det funnet 175 individer fordelt på 41 arter, noe som gir en diversitet på 3,97 og en jevnhet på 0,74. Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Aller flest individer var det av børstemarken *Spiochaetopterus typicus* (62 stk.; 35,4 %), med skjellet *T. equalis* på andreplass med 17 individer (9,7 %), og ellers stort sett andre børstemark og skjell. AMBI indikerer en fauna som er ”lett forstyrret”, mens NQI1 og NQI2 gir tilstandsklassen ”svært god”.

Alt i alt er det svært gode eller gode forhold ved alle undersøkte stasjoner, inkludert nærstasjonene til anleggene (Hon 3 og Heg 4), og bunnfaunaen er påvirket i liten grad.

Tabell 3.3. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), beregnet maksimal diversitet (H'_{max}), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'_{max}	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
Hon 1	1	12	8	2,86	0,95	3,00					
	2	13	9	2,81	0,89	3,17					
	Sum	25	12	3,19	0,89	3,58	1,91	0,69	0,63	2	II
Hon 2	1	33	15	3,53	0,90	3,91					
	2	28	14	3,31	0,87	3,81					
	Sum	61	21	3,79	0,86	4,39	1,87	0,73	0,68	1	II
Hon 3	1A	39	20	4,05	0,94	4,32					
	1B	47	22	4,15	0,93	4,46					
	2	46	21	3,90	0,89	4,39					
	Sum	132	33	4,40	0,87	5,04	2,06	0,75	0,72	1	I
Heg 4	1	105	32	4,33	0,87	5,00					
	2	196	37	4,19	0,80	5,21					
	Sum	301	45	4,41	0,80	5,49	2,54	0,72	0,69	1	I
Heg 5	1	40	22	4,13	0,93	4,46					
	2	135	31	3,54	0,71	4,95					
	Sum	175	41	3,97	0,74	5,36	2,16	0,75	0,68	1	II



Figur 3.2. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

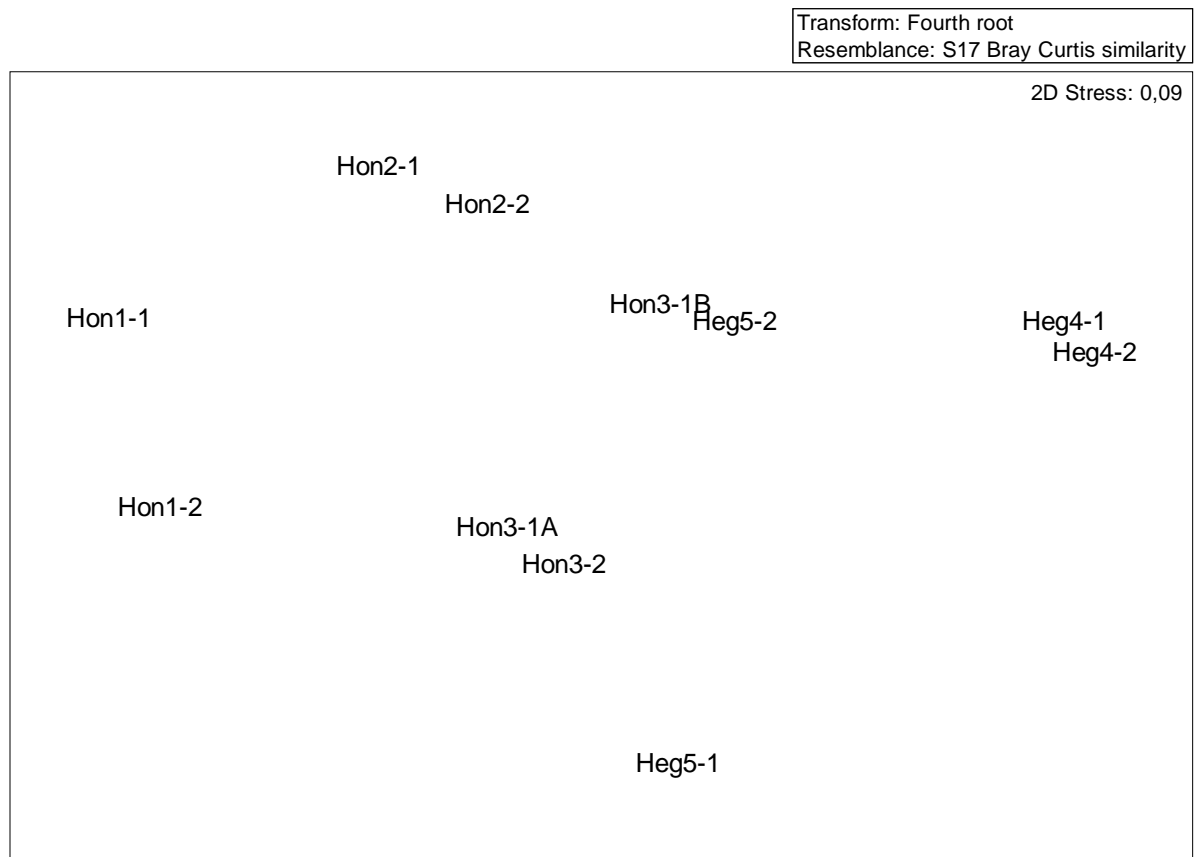
Tabell 3.4. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Hon 1	Antall	%	Kum. %	Heg 4	Antall	%	Kum. %
<i>Thyasira equalis</i>	7	28,0	28,0	<i>Thyasira equalis</i>	50	16,6	16,6
Lumbrineridae indet.	4	16,0	44,0	<i>Aphelochaeta</i> sp.	40	13,3	29,9
<i>Amphilepis norvegica</i>	3	12,0	56,0	<i>Abra nitida</i>	27	9,0	38,9
<i>Nephtys hystricis</i>	2	8,0	64,0	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	26	8,6	47,5
Maldanidae indet.	2	8,0	72,0	<i>Amphiura chiajei</i>	17	5,6	53,2
<i>Nephtys paradoxa</i>	1	4,0	76,0	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	16	5,3	58,5
Spionidae indet.	1	4,0	80,0	<i>Heteromastus filiformis</i>	12	4,0	62,5
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	1	4,0	84,0	<i>Caudofoveata indet</i>	9	3,0	69,1
<i>Aphelochaeta</i> sp.	1	4,0	88,0	<i>Nephtys hystricis</i>	8	2,7	71,8
Caudofoveata indet.	1	4,0	92,0	<i>Chaetozone</i> sp.	7	2,3	74,1
<i>Ennucula tenuis</i>	1	4,0	96,0	<i>Medicula ferruginosa</i>	7	2,3	76,4
<i>Abra nitida</i>	1	4,0	100,0				

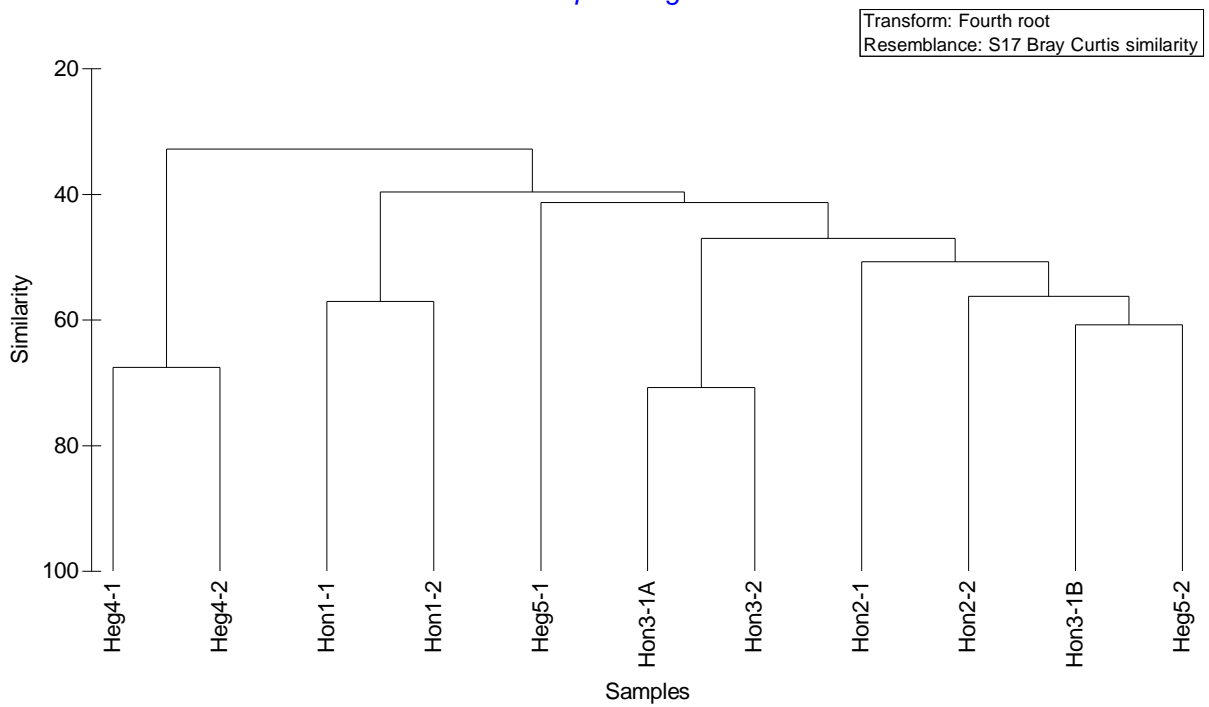
Hon 2	Antall	%	Kum. %
<i>Thyasira equalis</i>	17	27,9	27,9
Lumbrineridae indet.	6	9,8	37,7
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	5	8,2	45,9
<i>Nephtys paradoxa</i>	4	6,6	52,5
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	3	4,9	57,4
<i>Abra nitida</i>	3	4,9	62,3
<i>Amphilepis norvegica</i>	3	4,9	67,2
<i>Nephtys hystricis</i>	2	3,3	70,5
<i>Heteromastus filiformis</i>	2	3,3	73,8
Maldanidae indet.	2	3,3	77,0
<i>Nucula tumidula</i>	2	3,3	80,3
<i>Yoldiella lucida</i>	2	3,3	83,6
<i>Medicula ferruginosa</i>	2	3,3	86,9

Heg 5	Antall	%	Kum. %
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	62	35,4	35,4
<i>Thyasira equalis</i>	17	9,7	45,1
<i>Heteromastus filiformis</i>	9	5,1	50,3
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	8	4,6	54,9
<i>Amphilepis norvegica</i>	8	4,6	59,4
<i>Nephtys hystricis</i>	7	4,0	63,4
Lumbrineridae indet.	7	4,0	67,4
<i>Abra nitida</i>	5	2,9	70,3
<i>Medicula ferruginosa</i>	4	2,3	72,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	1,7	74,3
<i>Phylo norvegicus</i>	3	1,7	76,0
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	3	1,7	77,7

Hon 3	Antall	%	Kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	16	12,1	12,1
<i>Thyasira equalis</i>	15	11,4	23,5
<i>Abra nitida</i>	14	10,6	34,1
<i>Aphelochaeta</i> sp.	9	6,8	40,9
<i>Amphilepis norvegica</i>	9	6,8	47,7
<i>Nephtys hystricis</i>	7	5,3	53,0
Lumbrineridae indet.	7	5,3	58,3
<i>Kelliella abyssicola</i>	7	5,3	63,6
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	6	4,5	68,2
<i>Nephtys paradoxa</i>	4	3,0	71,2
<i>Drilonereis filum</i>	3	2,3	73,5
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	3	2,3	75,8
<i>Chirimia biceps</i>	3	2,3	78,0



Group average



Figur 3.3. MDS- og cluster plot på huggnivå for stasjonene undersøkt i 2011. 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 oppdrettslokalitetene Honnhammarvika og Hegerbergtrøa i Tingvollfjorden. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 3. mai 2011. Det ble samlet prøver fra fem stasjoner, én tett ved hvert anlegg, én i hvert anlegg sin overgangssone og en felles stasjon i dypet av fjorden. I januar 2011 ble det foretatt en MOM B-undersøkelse på lokaliteten Hegerbergtrøa. Den fikk da generelt tilstand 1, også for kun de kjemiske parametrene.

På stasjonene nærmest anleggene var glødetapet jevnt over lavt. Innholdet av organisk karbon (TOC) på nærstasjonen til Hegerbergtrøa, Heg 4, var høyt. Da glødetapet ved denne stasjonen var lavt er høye TOC-verdier alene likevel ikke nok til å konkludere med betydelig organisk forurensing. Sedimentet bestod hovedsakelig av silt og sand, med en litt grovere sandfraksjon sammenlignet med de noe dypere overgangs- og fjernstasjonene. Sink- og kobberverdiene var jevnt over lave ved alle nærstasjonene. Diversiteten av bunnfauna var god til svært god, og ingen typiske indikatorarter på forurensing var tilstede i noe større antall. Alt i alt tyder de undersøkte parametrene på gode forhold ved lokalitetene.

I overgangssonene inneholdt sedimentet mye leire og silt. Glødetapet var høyere, men det kan relateres til finere sediment, og innholdet av TOC var lavt. Ved disse stasjonene var det høye kobberkonsentrasjoner, og innholdet av kobber ga tilstandsklasse IV, dårlig. Trolig er dette relatert til annen forurensing enn oppdrettsvirksomheten. Frem til 1983 var det gruvedrift litt lengre inn i fjorden (Rausand Gruber), der det ble tatt ut jernmalm. Hvorvidt kobberverdiene kan relateres til dette er usikkert. Analysene av bunnfauna tydet på gode forhold.

På den dypeste stasjonen var sedimentet dominert av leire og silt. Glødetap var noe høyere enn ved de grunnere stasjonene, men kan relateres til sedimenttype. TOC ga god tilstandsverdi, og fosforverdiene var lave også her. Som ved overgangsstationene ble det også her registrert svært høye kobberkonsentrasjoner. Årsaksforhold er her, som ved overgangssonene vanskelig å påpeke umiddelbart. Undersøkelsene av bunnfauna tydet på gode forhold.

MOM C-undersøkelsen ved Honnhammarvika og Hegerbergtrøa ga ikke indikasjon på noen betydelig påvirkning av bunnforholdene relatert til driften av anleggene.

6 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91. Niva Overvåkingsrapport 510/93. SFT TA 914/1993.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Haugen R & Kjerstad A. MOM B undersøkelse Hegerbergtrøa, Januar 2011.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	<i>23</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere.</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	<i>32</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>36</i>

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

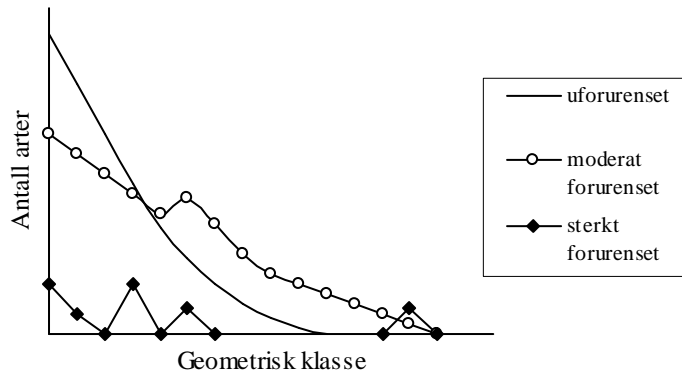
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

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

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

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene*:

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

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

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre

den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

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

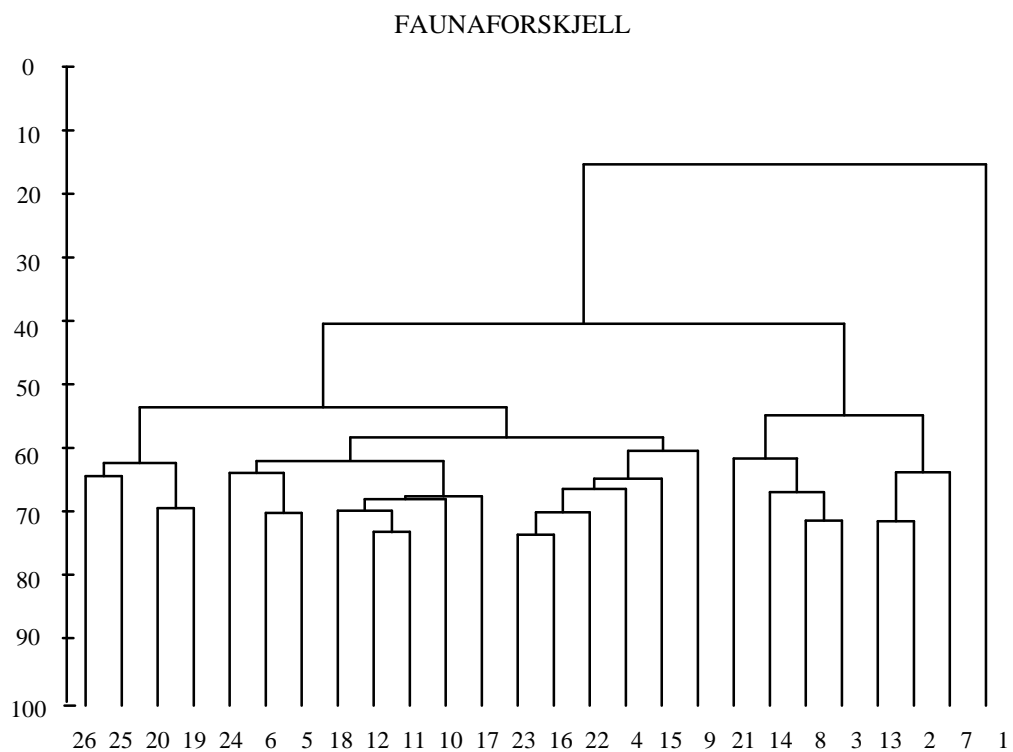
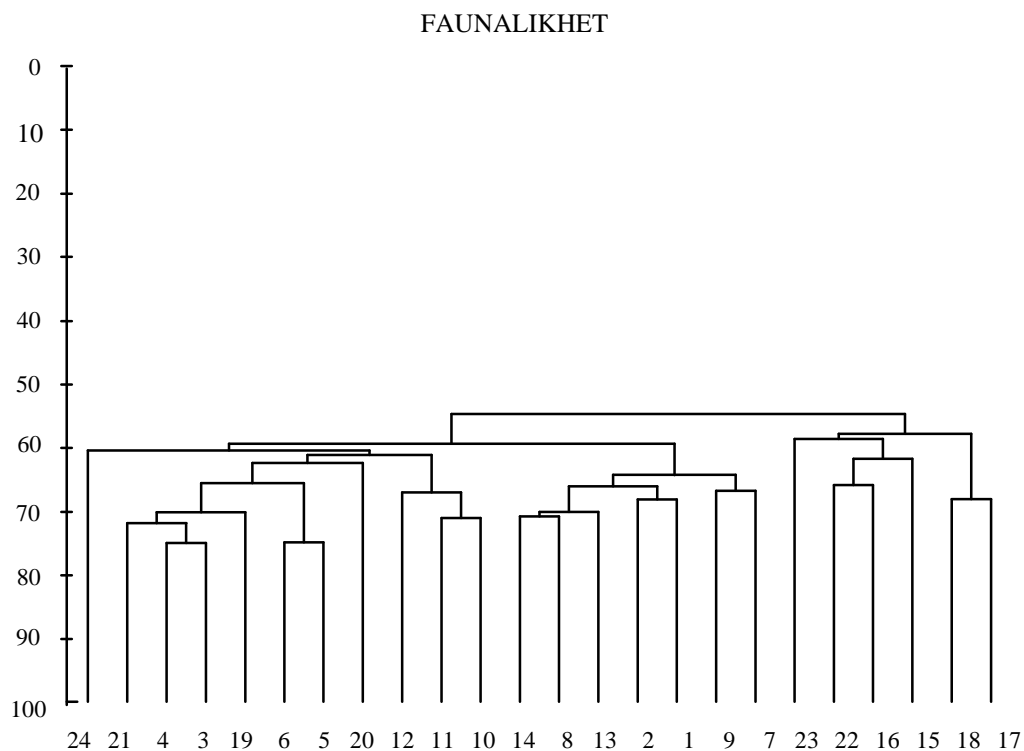
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

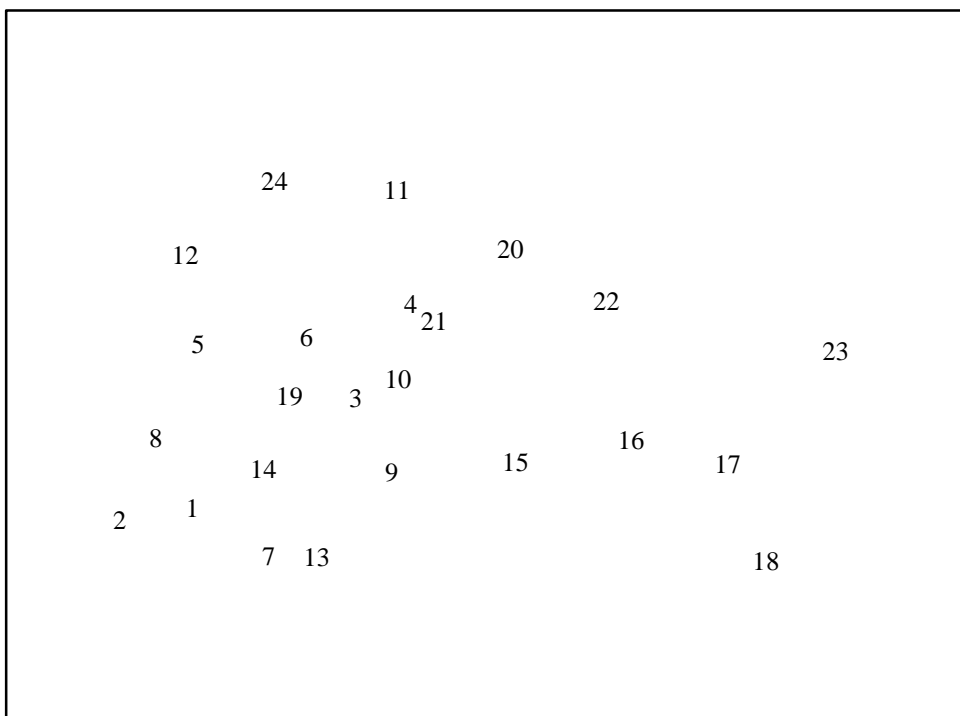
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

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

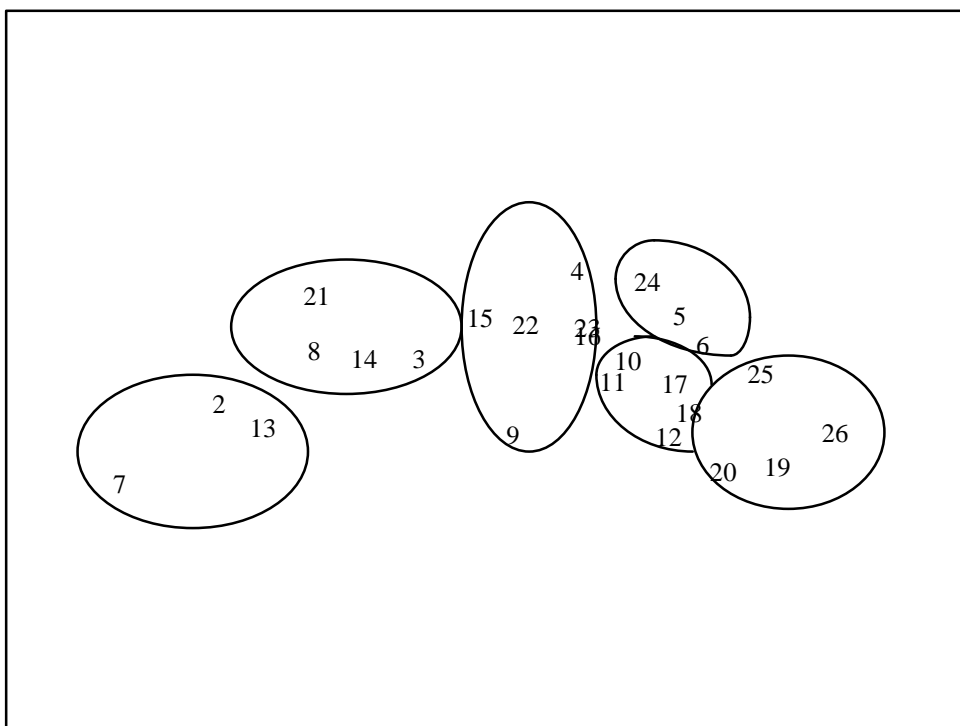


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

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

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS									
Firma: Aquagen									
Lokalitet/nr: Aqua Gen; Hegerbergtrøa og Honnhammaren									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Hon1	Hon2	Hon3	Heg4	Heg5		
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0	0	0		0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
II	pH	Målt verdi	7,51	7,61	7,43	7,31	7,25		
	Eh (mV)	Målt verdi	-55	-34	-66	-107	-133		
		plus ref. potensial	176	197	165	124	98		
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0	0	1		0,20
	Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1		
	Tilstand (Gruppe II)		1						
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0	0	0		
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0	0	0		
		Brun/sort (2)							
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0	0	0		
		Noe (2)							
		Sterk (4)							
	Konsistens	Fast (0)			1				
		Myk (2)	2	2		2	2		
		Løs (4)							
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)				1	1				
$v \geq \frac{3}{4}$ (2)		2	2			2			
Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0	0	0			
	$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)								
	$t \geq 8$ cm (2)								
	Sum		4	4	2	3	4		
	Korr. Sum (0,22)		0,88	0,88	0,44	0,66	0,88		0,75
	Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1		
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelerverdi (Gruppe II & III)		0,44	0,44	0,22	0,33	0,94		0,47
	Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1		
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelerverdi		Tilstand							
<1,1		1							
1,1 - <2,1		2							
2,1 - <3,1		3							
$\geq 3,1$		4							
Tilstand			Gruppe 1		Gruppe II og III				
			A		1,2,3,4				
			4		1,2,3				
			4		4				
Tilstand								1	

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.4

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Gen AS
Prosjekt nr.: 805573
Prøvetakssted (område): Tingvoll, Møre og Romsdal
Dato for prøvetaking: 03.05.2011
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad

Metode: Undersøkelsen følger NS-EN ISO 16665 og interne standard forskrifter. Materialet er sortert og artsbestemt i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering under akkrediteringsnummer Test 157.

Opplysninger om merker i artslisten:

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

+ i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).

cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.

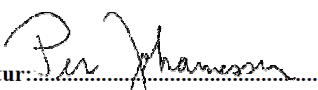
* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

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

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

Signatur: 
Godkjent taksonom

SAM-Marin / Havbruksstjenesten

03.05.2011 Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dybde Hugg	Honnhammarvika						Hegebergrøa					
	Hon 1 340 m		Hon 2 270 m		Hon 3 175 m		Heg 4 127 m		Heg 5 227 m			
	1	2	1	2	1A	1B	2	1	2	1	2	
HYDROZOA												
* Hydrozoa indet.												
PLATYHELMINTES												
* Platyhelminthes indet.												
NEMERTINI												
* Nemertini indet.	1		2		2		2		+		+	
NEMATODA												
* Nematoda indet.			1		1		1		8		3	
ANNELIDA												
Polychaeta												
Polynoidae indet.												
Pholoe baltica												
Pholoe pallida			1		1		1		1		2	
Neoleranira tetragona												
Glycera rouxii												
Goniada maculata												
Ophiodromus flexuosus												
Ceratocephale loveni												
Nephtys paradoxa	1		1/3		0/2		0/2		1			
Nephtys hystricis	0/1		0/1		0/2		0/3		0/3		0/1	
Paramphinome jeffreysii												
Lumbrineridae indet.	3		1		4		2		3		2	
Drilonereis filum												
Phylo norvegicus												
Levinsenia gracilis												
Spiophanes kroeyeri												
Scolecopsis korsuni												
Spionidae indet.	1											
Spiochaetopterus typicus	0/1				0/3		0/1		0/4		0/1	
Aphelochaeta sp.			1				3		2		4	
Chaetozone sp.												
Pherusa flabellata												
Diplocirrus glaucus												
Ophelina acuminata												
Scalibregma inflatum												
Heteromastus filiformis			1		1		1		3/2		2/5	
Notomastus latericeus												
Chirimia biceps												
Lumbriclymene cylindrica												
Rhodine loveni												
Maldanidae indet.	1		+		+		1				1	
Galathowenia oculata												
Pectinaria auricoma												
Pectinaria belgica												
Amythasides macroglossus												
Samytha sexcirrata												
Melinna cristata												
Melinna cf. cristata												
Paramphitrite tetrabranchia												

SAM-Marin / Havbruksstjenesten

Stasjonsnavn	Hon 1		Hon 2		Hon 3			Heg 4		Heg 5			
	340 m		270 m		175 m			127 m		227 m			
	Dybde	Hugg	1	2	1	2	1A	1B	2	1	2	1	2
Pista cristata							1		0/1	1			
Terebellides stroemi									1				0/1
Siboglinum ekmani				+									
Oligochaeta													
Oligochaeta indet.									7				
SIPUNCULA													
Sipuncula indet.								1					
Phascolion strombus										0/1			
Onchesoma steenstrupi			2	2/1			1		8/1	7		6/2	
Nephasoma cf. minutum										5		1	
ARTHROPODA													
Crustacea													
* Philomedes lilljeborgi										1			
* Calanus finmarchicus										1			
* Euchaeta norvegica									1				
* Munida sarsi			1										
* Amphipoda indet.						1			1				
Eriopisa elongata												1	
* Diastylis cornuta									0/2	0/1			
* Eudorellopsis deformis										1			
MOLLUSCA													
Caudofoveata indet.		1					1	2		9		2	
Cylichnina umbilicata										1			
Philine scabra									1				
Nucula tumidula			2				2	1		1		1	
Ennucula tenuis		0/1											
Yoldiella lucida			1/1										
Yoldiella nana						0/1		1					
Yoldiella philippiana						1							
Pseudamussium peslutrae								0/1					
Thyasira equalis	2	5	8	7/2	2	1/2	7/3		13	33/4	5	9/3	
Thyasira obsoleta			1				1			1/1		1/1	
Axinulus croulinensis			1										
Mendicula ferruginosa			1	1	0/1				1	6	1	3	
Adontorhina similis								1	1	1		1	
Parvicardium minimum										1			
Abra nitida		1	0/2	1	3/2	4/1	4		4/1	16/6	1	2/2	
Kelliella abyssicola					0/1	1/1	3/1						
Kelliella miliaris												1	
Antalis entalis									0/1				
Entalina tetragona										2		0/1	
ECHINODERMATA													
Amphiura chiajei									2/5	8/2	0/2		
Amphiura filiformis									1/3	1/1			
Amphilepis norvegica	1/1	1	1	1/1	2/1	2/3	0/1				1	5/2	
Ophiura carnea												1	
Brissopsis lyrifera		1/1										0/1	
ENTEROPNEUSTA													
Enteropneusta indet.									1				
* VARIA				+									

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Hon 1	Hon 2	Hon 3	Hon 4	Hon 5
I	7	8	13	16	19
II	3	9	10	11	13
III	2	3	5	8	4
IV	0	0	4	4	3
V	0	1	1	4	1
VI	0	0	0	2	1
VII	0	0	0	0	0
VIII	0	0	0	0	0
IX	7	8	13	16	19
X	3	9	10	11	13
XI	2	3	5	8	4

Vedleggstabell 4. Analysebevis



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50PB 3055
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Fax: +47 69 27 23 40

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

AR-11-MM-010775-01



EUNOMO-00036199

Prøvemottak: 01.07.2011
Temperatur:
Analyseperiode: 01.07.2011-14.07.2011
Referanse: 611101, 805573 ref.
18/11

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2011-07010317	Prøvetakingsdato:	03.05.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	21	Analysestartdato:	01.07.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	150	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	160	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	910	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	43	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	20	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	439-2011-07010318	Prøvetakingsdato:	03.05.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	22	Analysestartdato:	01.07.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	110	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	140	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	850	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	46	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	16	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	439-2011-07010319	Prøvetakingsdato:	03.05.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	23	Analysestartdato:	01.07.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	47	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	73	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	720	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	64	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	8.9	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2

AR-11-MM-010775-01



EUNOMO-00036199



Prøvenr.:	439-2011-07010320	Prøvetakingsdato:	03.05.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	24	Analysestartdato:	01.07.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	45	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	710	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	65	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	64	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	439-2011-07010321	Prøvetakingsdato:	03.05.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	25	Analysestartdato:	01.07.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Kobber (Cu)	57	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	99	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Fosfor (P)	910	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Total tørrstoff	53	%	15%	NS 4764	0.02
* Totalt organisk karbon (TOC)	<5.0	g/kg tv		In acc. with NEN-EN 13137	1

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Moss 14.07.2011

Hanne-Monica Reinbach-----
Hanne-Monica Reinbach

ASM/Kjemiingeniør

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2