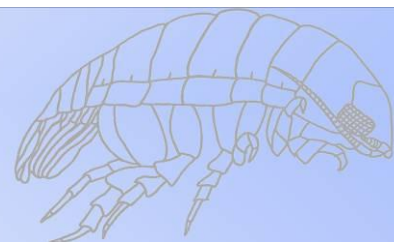


SAM e-Rapport

Uni Research
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapportnr.: 39-12

*MOM C-undersøkelse ved Hausan i Hemne kommune, januar
2012*

Rune Haugen
Per Johannessen
Stian Ervik Kvalø





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

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved Hausan i Hemne kommune, januar 2012	Dato: 13.09.12
	Antall sider og bilag: 43
Forfatter(e): Rune Haugen, Per Johannessen, Stian Ervik Kvalo	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalo
	Prosjektnummer: 806322

Oppdragsgiver: Lerøy Midnor AS	Tilgjengelighet: Åpen
--------------------------------	-----------------------

Abstract: A MOM-C survey was conducted at Aquaculture facility Hausan in Hemne municipality 2012. The monitoring included geological, chemical of the bottom sediment aswell as an analysis of the benthic fauna. The analysis of the benthic fauna displayed good conditions according to the MOM-standard. The the geological and chemical analyses also displayed good conditions.

Keywords: Sediment, Chemical, geological, benthic, analysis, MOM-C	Emneord: Sediment, bunnsfauna, kjemi, geologi, analyser, MOM-C	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 39-12
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	13.09.12	
Prosjektet / undersøkelsen:	13.09.12	

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: Rune Haugen

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Ragna Tveiten, Øydis Alme, Nargis Islam, Sharat Chandra Tuma

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

Rapportering utført av: Rune Haugen og Stian Ervik Kvalø

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: Helge Grønning

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

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

Akkreditert: Kobber, Sink, Fosfor, Total Torrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER.....	6
2.1 Undersøkellesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	16
3.4 Bunndyr	17
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	22
5 LITTERATUR.....	24
6 VEDLEGG.....	25

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Hausan i Trondheimsleia, Hemne kommune, lokalitetsnummer 30257.

Innsamlingene ble gjennomført 17. januar 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Hausan. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstands-beskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. Hausan er en nyere lokalitet, som har vært i bruk siden 2010.

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), Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 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 Lerøy Midnor 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 blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 20 år og utført miljøundersøkelser i 12 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.

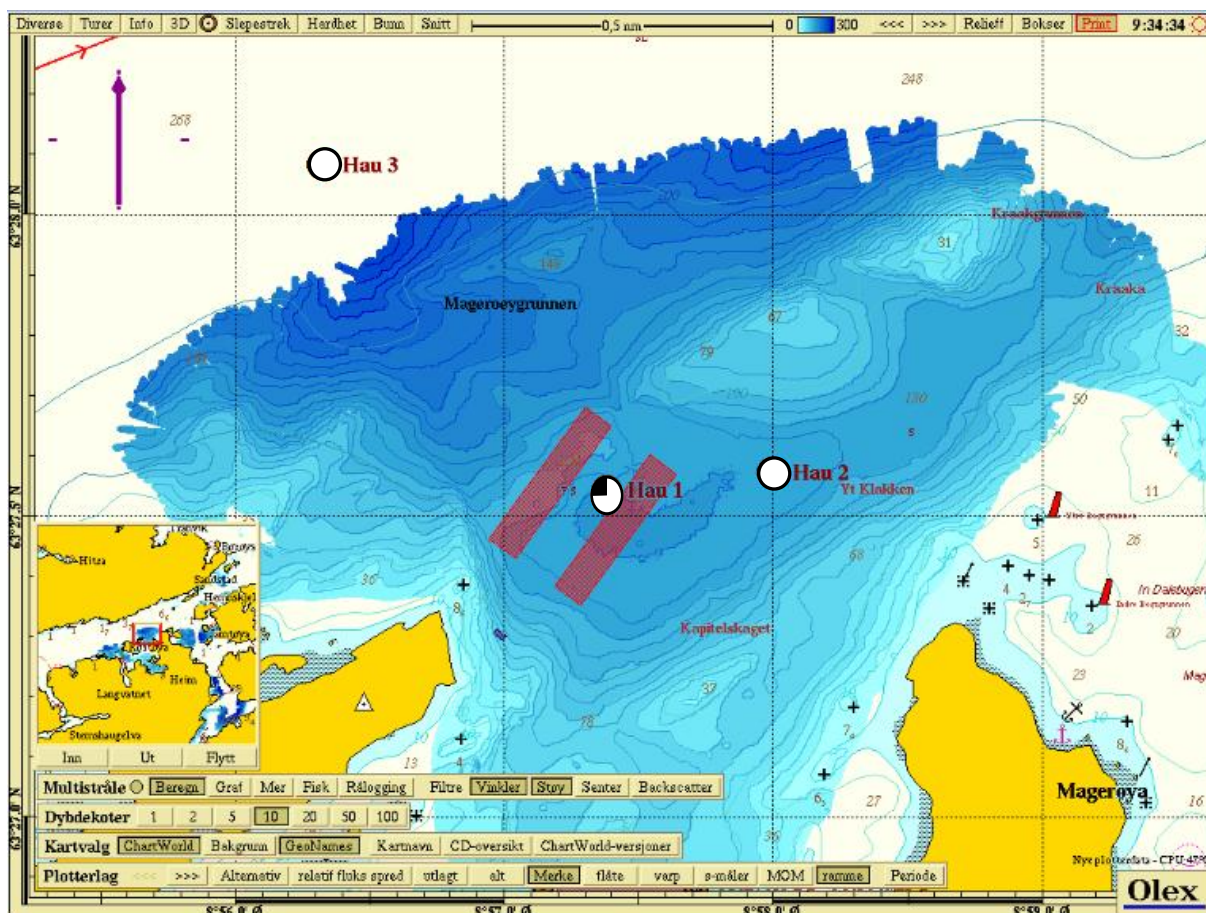
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på nordøstsiden av Magerøya i Hemne kommune, på sørsiden av Trondheimsleia (Figur 2.1). Deler av bunnen under anlegget ligger på 140 m dyp. På vest, sør- og østsiden skråner den raskt til grunnere farvann. Anleggets nordvestre del ligger over et grunnere område, mens i nord er det en renne med dypere havbunn som ender ut i den relativt dype Trondheimsleia.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbruktstjenestens egen båt "Blåstål" den 17. januar 2012 med Havbruktstjenestens eget toktpersonell Geir Håvard Espnes og Arild Kjerstad. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (Hau 1), en i overgangssonen (Hau 2), samt en fjernsone (Hau 3) ute i Trondheimsleia.



Figur 2.1. Oversiktskart med fjordsystemet ved Magerøya og Trondheimsleia (innfelt bilde) og mer detaljert over lokaliteten Hausan. Vurdering av miljøforholdene er vist som kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Hausan, Hemne i januar 2012. 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 Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Hau 1 17/1-2012	Magerøya 63° 27,543 N 08° 57,383 Ø	140	1	10	Kjemi, og geologi. pH og E_h
			2	10,5	Biologi
			3	12	Biologi
Alle huggene var tilnærmet like og bestod av sand og silt					
Hau 2 17/1-2012	Magerøya 63° 27,572 N 08° 57,995 Ø	138	1	9	Kjemi, og geologi. pH og E_h
			2	9	Biologi
			3	10	Biologi
Alle huggene bestod av i hovedsak sand og silt					
Hau 3 17/1-2012	Magerøya 63° 28,083 N 08° 56,318 Ø	258	1	8	Kjemi, og geologi. pH og E_h
			2	8,5	Biologi
			3	8,5	Biologi
Alle huggene bestod av en blanding av sand og silt					

2.2.1 Hydrografi

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

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en 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 ett av huggene til analyse av kjemiske parametre. 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 (E_h) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. E_h 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 tilsetning av fortynnet 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 ved SAM-Marins lokaler i 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 forurensingsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktorsgruppa Vanndirektoratet 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. Nær 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 Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

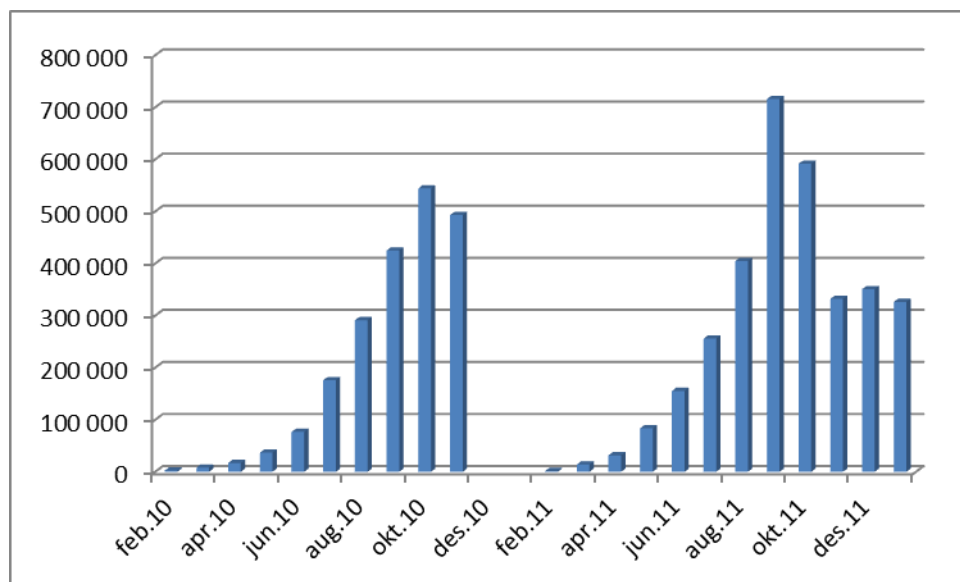
Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (svært/meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks ('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQII		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	Organisk 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 nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På Hausan startet produksjonen i februar i 2010, fisken ble flyttet til Bastøvika i desember 2010. Nytt utsett i mars 2011 står fremdeles på lokaliteten. På de to generasjonene er det samlet fôret 5.332 tonn.

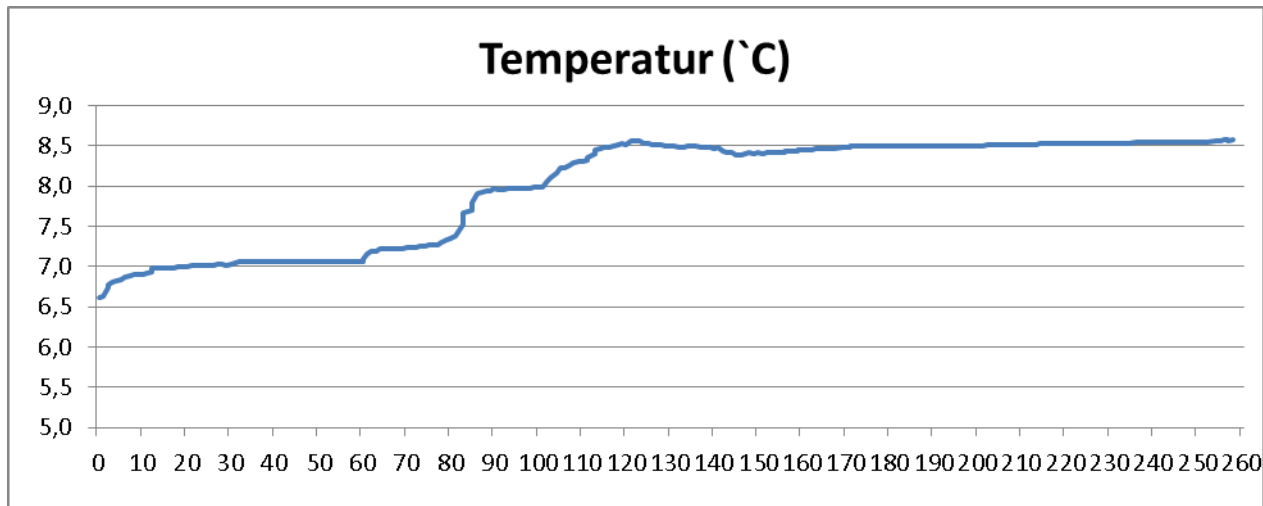


Figur 2.3. Fôrdata siden Hausan ble tatt i bruk frem til MOM C- prøvetakinga i Januar 2012. Tallene er vist i ant. kilo utfôret pr. måned.

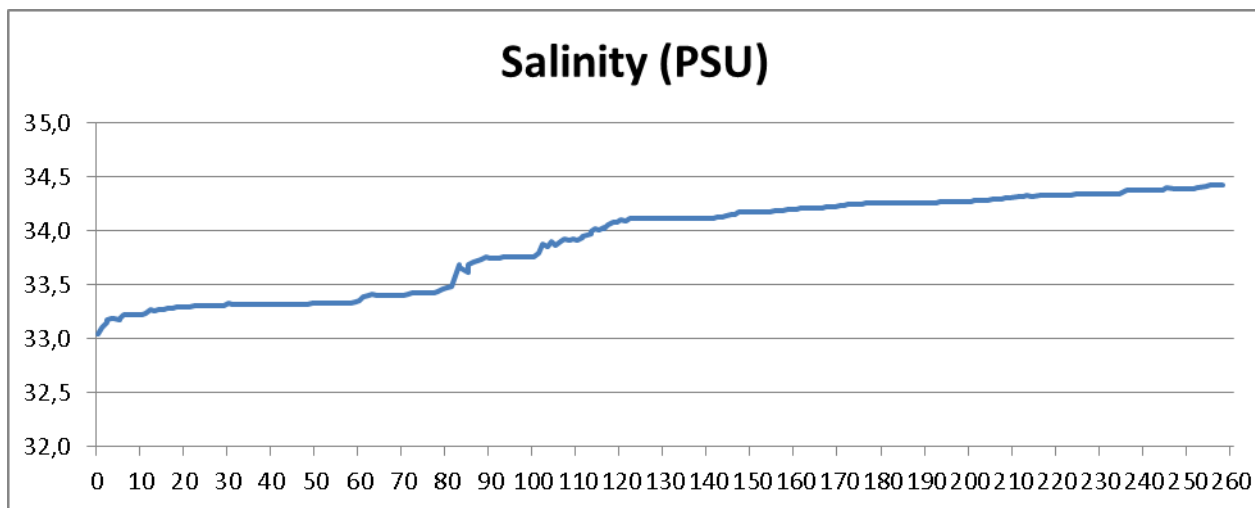
3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

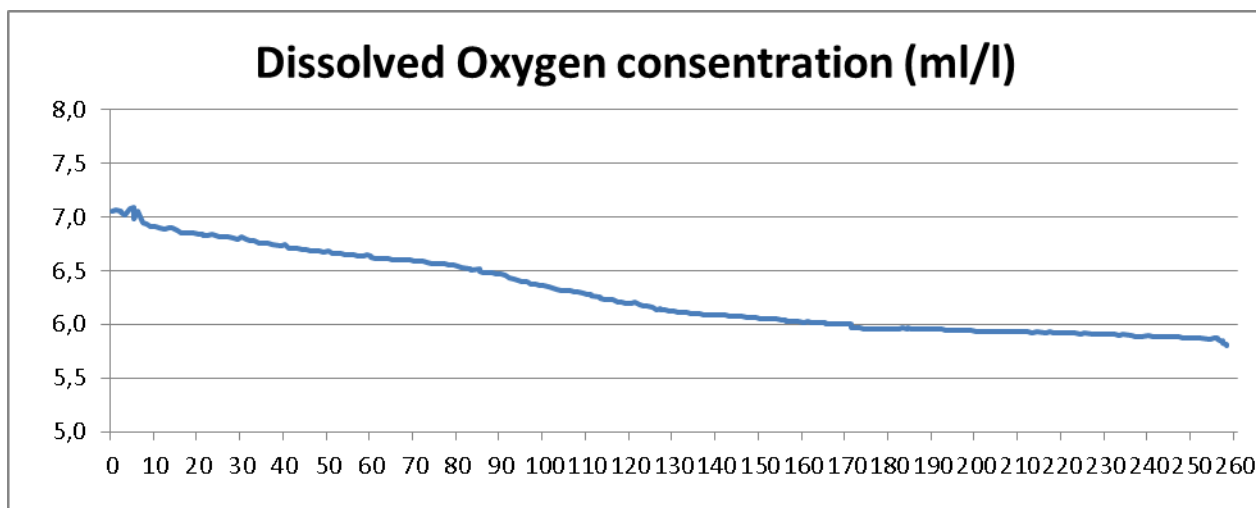
Målingene ble tatt 17.01.2012 ved hjelp av CTD. Saltholdighet, temperatur og oksygenforhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Hau 3. Resultatene er presentert i Figur 3.1.1 – 3.1.4.



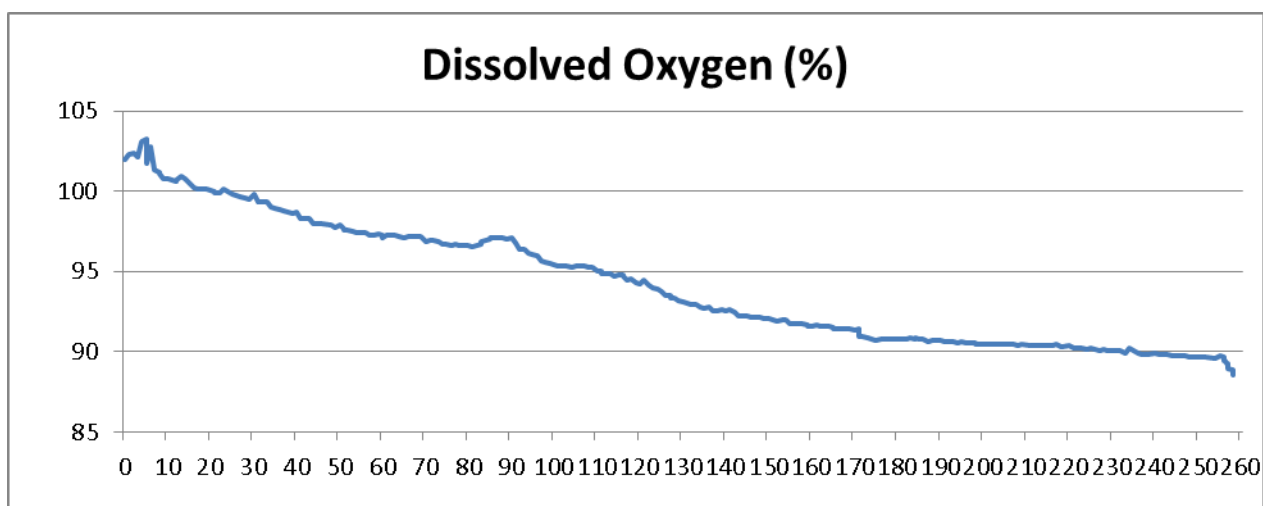
Figur 3.1.1. Temperatur fra overflaten bunn.



Figur 3.1.2. Salinitet fra overflate til bunn.



Figur 3.1.3. Oppløst oksygen fra overflate til bunn.



Figur 3.1.4. Oppløst oksygenkonsentrasjon fra overflate til bunn.

Temperaturen på stasjon Hau 3 var 7,0 °C i overflaten og økte til 8.6 °C grader på 260 m dyp. Saltholdigheten var tilnærmet lik i vannsøylen. Oksygeninnholdet var høyest ved overflaten (rundt 7,0 mg/l) og sank med økende dybde til litt under 6 mg/l. Bunnen hadde et godt nivå av oksygen noe som plasserer vannet i KLIF's tilstandsklasse 1 (meget god).

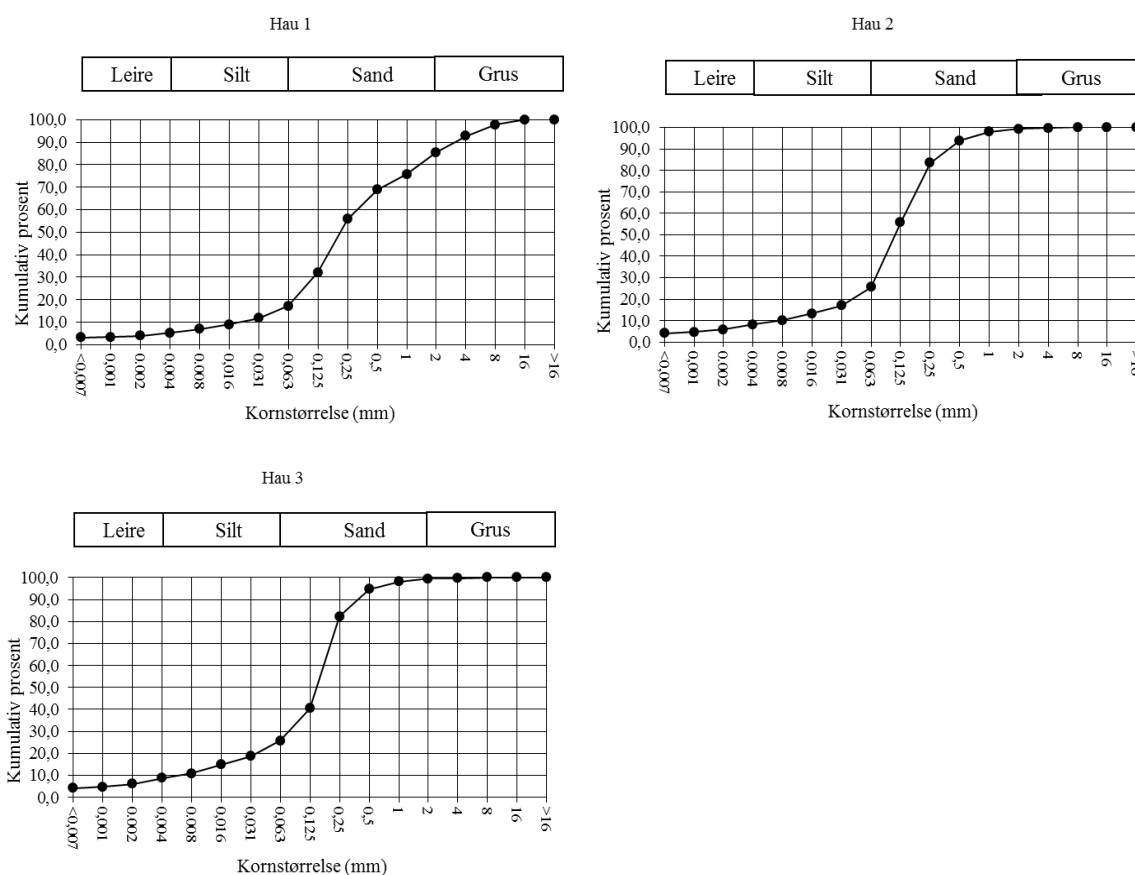
3.2 Sediment

Resultatene fra sediment- undersøkelserne fra 2012 er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.4.

Tabell 3.2. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Hausan i 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Hau 1	140 m	3,20	5	12	17	68	15
Hau 2	138 m	3,69	8	17	26	74	1
Hau 3	258 m	4,48	9	17	26	74	1

Tett på anlegget, på stasjon Hau 1 var sedimentet grovkornet, med 15% grus og 68% sand. Resterende, 17% var i hovedsak silt. Mellomstasjonen Hau 2 og fjernstasjonen Hau 3 var mer finkornet enn Hau 1 og var tilnærmet identiske. De bestod begge av 74% sand, 17% silt og 8-9% leire. Glødetapet er jevnt over meget lavt, og ganske likt på alle tre stasjonene, og lå mellom 3,2% til 4,5%. Dette indikerer ikke akkumulering av organisk materiale utover naturlige nivåer.



Figur 3.4. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Hau 1, Hau 2 og Hau 3.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Innholdet av tungemetallene kobber og sink var meget lavt på alle tre stasjonene, og gir beste tilstandsklasse 1 (Tabell 3.3). Mengden organisk karbon (TOC) var og meget lav på alle tre stasjonene og fikk beste tilstandsklasse I. Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt.

Andelen fosfor og glødetapet var lavt for alle stasjonene. Tørrstoffverdiene var derimot normalt høy for sedimenttypen.

Tabell 3.3. 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	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (mg/kg)	Tørrstoff (%)
Hau 1	140 m	15	I	53	I	0,00009	14,94009	I	800	71,3
Hau 2	138 m	10	I	55	I	0,00014	13,32014	I	590	66
Hau 3	258 m	12	I	45	I	0,00014	13,32014	I	490	66,1

Måling av pH og redokspotensial (E_h)

Resultatene fra pH og E_h sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM B-undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Kjemiske målinger (pH og E_h) ga gode pH- og E_h -verdier for alle stasjonene, noe som ga tilstand 1, beste, for disse stasjonene (se Vedleggstabell 1).

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4 - 3.5, Figur 3.5 - 3.6, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i januar 2012. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

På stasjon Hau 1, på 140 meter, ble det funnet 6715 individer fordelt på 82 arter. Dette gir en shannon-Wiener diversitetsindeks på 1,08 og en jevnhet på 0,17. Arten med flest individer var børstemarken *Capitella capitata* (5823 individer, 86,72 %), på andreplass skjellet *Thyasira sarsii* (263 stk, 3,92 %) og på tredjeplass børstemarken *Chaetozone* sp. (154 stk, 2,29 %). Dette gir stasjonen MOM tilstandsklasse II (god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir henholdsvis tilstandsklassene "dårlig" og svært "dårlig", mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er "svært forstyrret".

På stasjon Hau 2, på 138 meter, ble det funnet 1905 individer fordelt på 135 arter. Dette gir en shannon-Wiener diversitetsindeks på 5,56 og en jevnhet på 0,79. Arten med flest individer var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (207 individer, 10,87 %), på andreplass børstemarken *Polydora* spp. (201 stk, 10,55 %) og på tredjeplass børstemarken *Amythasides macroglossus* (119 stk, 6,25 %). Dette gir stasjonen MOM tilstandsklasse I (svært god) og Klif tilstandsklasse svært god. Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og

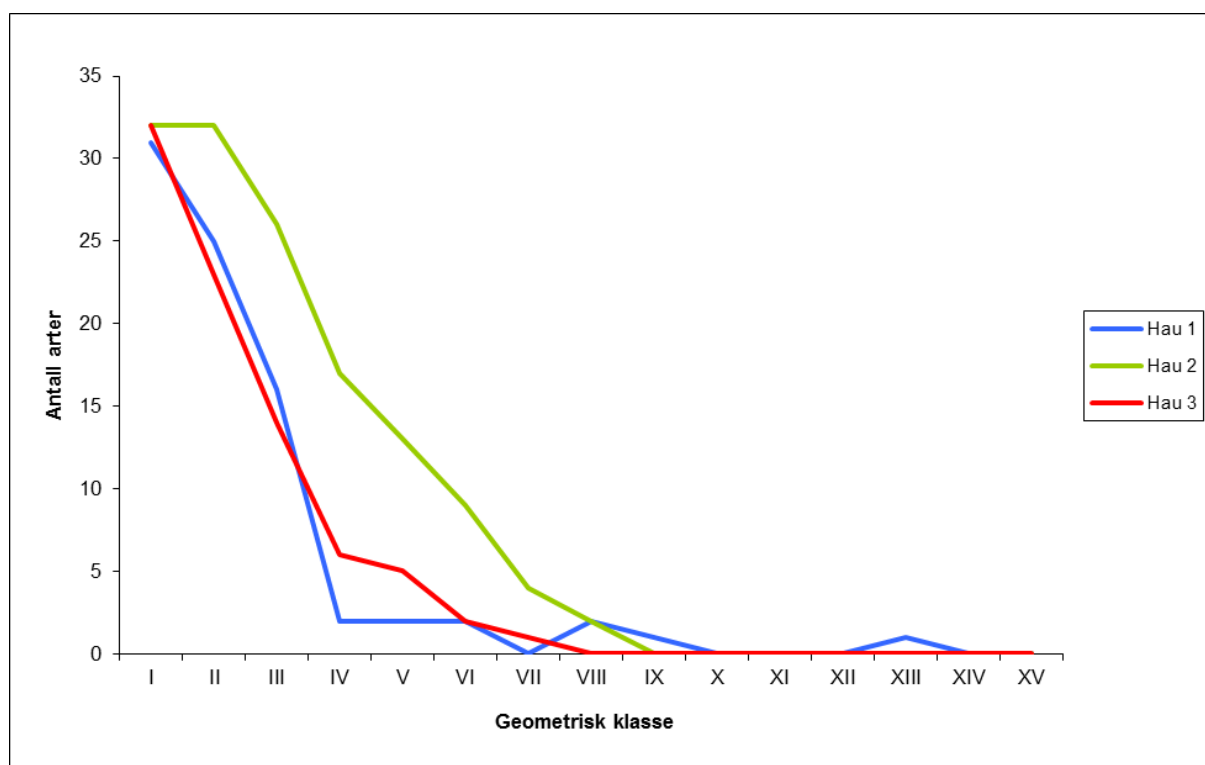
NQI2) gir begge tilstandsklassen ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”.

På stasjon Hau 3, på 258 meter, ble det funnet 505 individer fordelt på 83 arter. Dette gir en shannon-Wiener diversitetsindeks på 5,00 og en jevnhet på 0,78. Arten med flest individer var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (96 individer, 19,01 %), på andre plass snabelormen *Onchnesoma steenstrupi* (45 stk, 8,91 %) og på tredje plass pigghuden *Thyonidium drummondi* (39 stk, 7,72 %). Dette gir stasjonen Klif tilstandsklasse svært god. Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklassen ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”.

I henhold til MOM standarden får stasjonen Hau 1 tilstandsklasse II (god), mens den i henhold til Klif’s klassifisering ville fått tilstandsklasse ”dårlig”. Dette kommer av at MOM standarden kun teller arter og individer, og ikke tar for seg artssammensetningen slik Klif standarden gjør.

Tabell 3.4. 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, Gul: moderat/mindre god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet		AMBI	NQI1	NQI2	KLIF tilstand	MOM tilstand
				(H')	(J)					
Hau 1	2	3984	42	0,79	0,15	5,70	0,42	0,16		
	3	2731	70	1,44	0,24	5,46	0,49	0,23		
	Sum	6715	82	1,08	0,17	5,58	0,48	0,19	-	II
Hau 2	2	960	112	5,52	0,81	1,82	0,82	0,83		
	3	945	109	5,42	0,80	1,88	0,81	0,82		
	Sum	1905	135	5,56	0,79	1,85	0,82	0,83	Svært god	I
Hau 3	2	228	53	4,54	0,79	1,85	0,79	0,75		
	3	277	67	5,04	0,83	1,55	0,83	0,81		
	Sum	505	83	5,00	0,78	1,70	0,82	0,80	Svært god	-



Figur 3.5. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

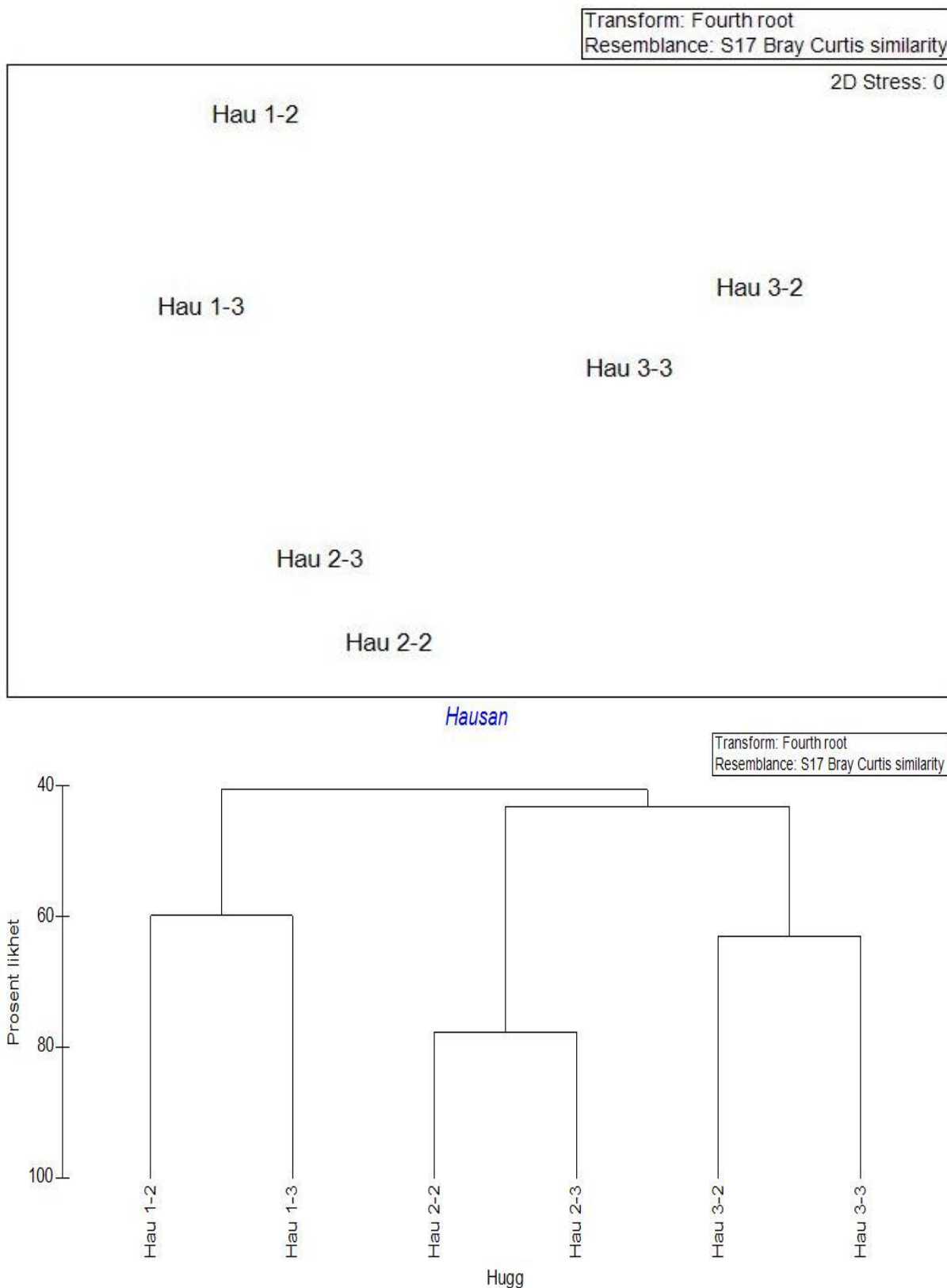
Tabell 3.5. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunntasjonene.

Hau 1	Antall		Kumulativ
Arter:	individer	%	%
<i>Capitella capitata</i>	5823	86,72	86,72
<i>Thyasira sarsii</i>	263	3,92	90,63
<i>Chaetozone sp.</i>	154	2,29	92,93
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	135	2,01	94,94
<i>Pholoe baltica</i>	60	0,89	95,83
<i>Notomastus latericeus</i>	37	0,55	96,38
<i>Aphelochaeta sp.</i>	19	0,28	96,66
<i>Pectinaria auricoma</i>	19	0,28	96,95
<i>Lumbrineridae indet.</i>	14	0,21	97,16
<i>Pholoe pallida</i>	7	0,10	97,26
<i>Polydora sp.</i>	7	0,10	97,36
<i>Prionospio cirrifera</i>	7	0,10	97,47
<i>Melinna albicincta</i>	7	0,10	97,57
<i>Thyasira equalis</i>	7	0,10	97,68

SAM-Marin / Havbruktstjenesten

Hau 2	Antall		Kumulativ
Arter:	individer	%	%
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	207	10,87	10,87
<i>Polydora spp.</i>	201	10,55	21,42
<i>Amythasides macroglossus</i>	119	6,25	27,66
<i>Sabellides octocirrata</i>	82	4,30	31,97
<i>Chaetozone sp.</i>	72	3,78	35,75
<i>Streblosoma intestinale</i>	60	3,15	38,90
<i>Aphelochaeta sp.</i>	47	2,47	41,36
<i>Medicula ferruginosa</i>	45	2,36	43,73
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	45	2,36	46,09
<i>Eclysippe vanelli</i>	44	2,31	48,40

Hau 3	Antall		Kumulativ
Arter:	individer	%	%
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	96	19,01	19,01
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	45	8,91	27,92
<i>Thyonidium drummondi</i>	39	7,72	35,64
<i>Medicula ferruginosa</i>	31	6,14	41,78
<i>Thyasira obsolet</i>	22	4,36	46,14
<i>Aphelochaeta sp.</i>	20	3,96	50,10
<i>Thyasira equalis</i>	20	3,96	54,06
<i>Caudofoveata indet.</i>	16	3,17	57,23
<i>Notomastus latericeus</i>	13	2,57	59,80
<i>Lumbrineridae indet.</i>	12	2,38	62,18



Figur 3.6. 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 oppdretts-lokaliteten Hausan i Hemne kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført i januar 2012. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én ved anlegget, én i overgangs-sonen og én lengre ut i Trondheimsleia.

Dybden var tilnærmet lik på mellom og nærstasjonene (138-140 m), mens fjernstasjonen Hau 3, som ligger ute i Trondheimsleia er mye dypere og ligger på 258m dyp. Nærstasjonen Hau 1, var grovest og bestod av 15 % grus og 68 % sand, resterende 17 % var silt og leire. Hau 2 og Hau 3 var litt mindre grov og bestod av 74 % sand og 26 % silt/leire.

CTD målingene viser gode oksygenforhold i hele vannsøylen.

Det var ingen lukt av H₂S, mørkere farge eller andre sensoriske indikatorer på organisk forurensing ved noen av stasjonene, og verdiene for pH og redokspotensial påviste beste tilstand ved alle tre stasjonene. De kjemiske analysene viste lave verdier som ga beste tilstand for kobber og sink. Likeledes var glødetapet og andelen fosfor lav for alle stasjonene.

Diversiteten av bunnfauna var god til svært god og indikerer normal, uforstyrret fauna på mellom- (Hau 2) og fjernstasjonen (Hau 3). På nærstasjonen ga MOM tilstanden, nest beste, tilstandsklasse II, mens KLIF viser til en sterkt forstyrret fauna, som gir KLIF tilstandsklasse dårlig.

Innholdet av organisk karbon (TOC) var lavt/svært lavt ved alle tre stasjonene, og de fikk beste tilstandsklasse I. Stasjonene er ellers svært like, med hensyn til dybde (med unntak av at Hau 3 var relativt mye dypere), sedimentsammensetning og verdinivåer av andre målte parametre. Glødetapet, som er et mål på organisk belastning i tillegg til TOC, var og lavt på alle stasjonene.

Totalt sett er det gode til svært gode og tilnærmet naturlige forhold ved alle stasjonene. Kun ved nærstasjonen Hau 1 ser man en sterkt forstyrret fauna iht KLIF-standarden, ellers er det ingen andre tegn til noen negativ påvirkning.

Takk

Vi takker for god hjelp fra Arild Kjerstad, Rune Haugen og Geir Håvard Espnes ved Havbrukstjenesten AS. Sedimentanalysene ble utført av H. Grønning. Bunnprøvene ble sortert av: Ragni Torvanger, Øydis Alme, Nargis Islam, Ragna Tveiten og Sharat Chandra Tuma. Bunndyrene ble artsbestemt av T. Alvestad og Per Johannessen.

5 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.
- 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*.

6 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	<i>26</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere.</i>	<i>34</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>41</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>42</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.

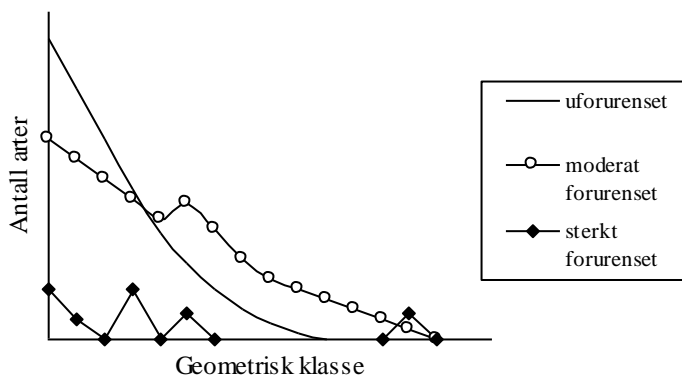
Geometriske klasser

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 flattere 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 artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

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:

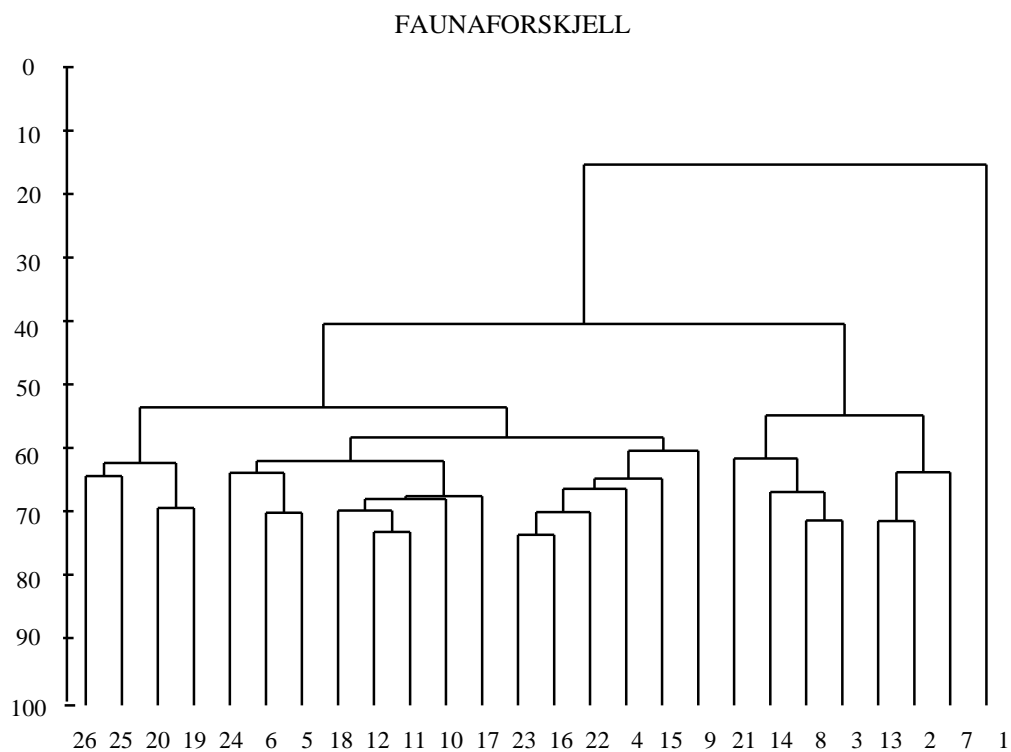
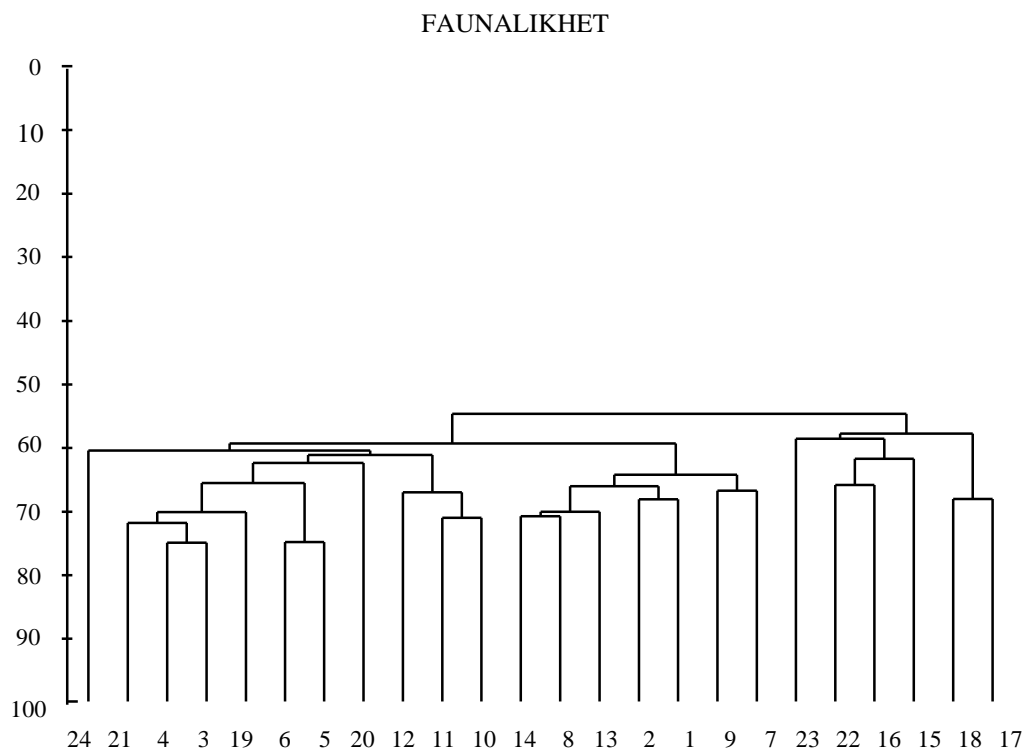
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

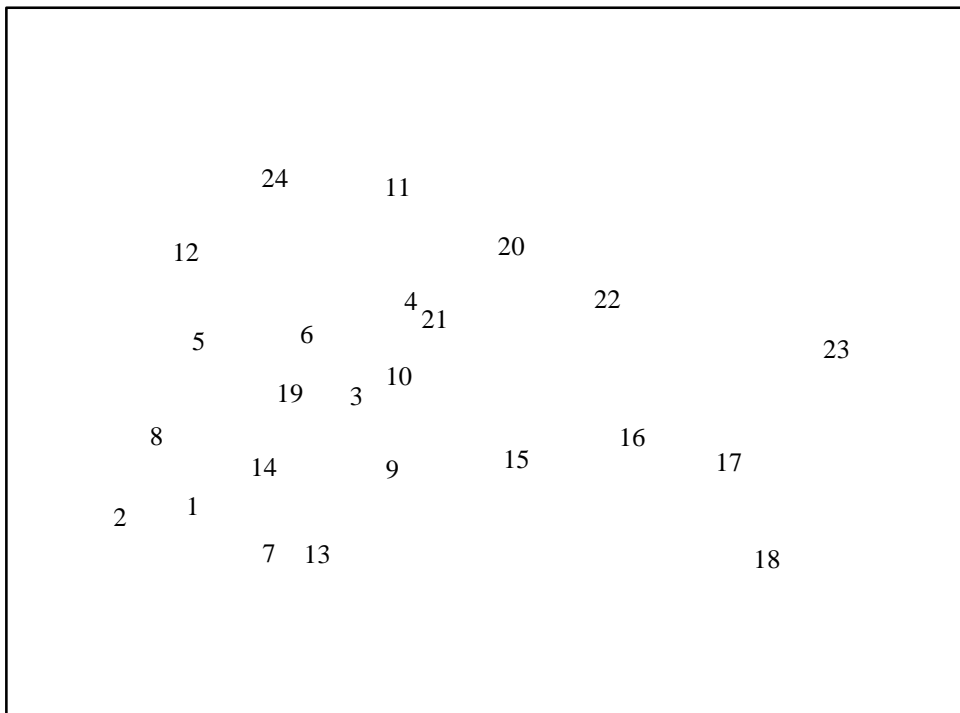
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

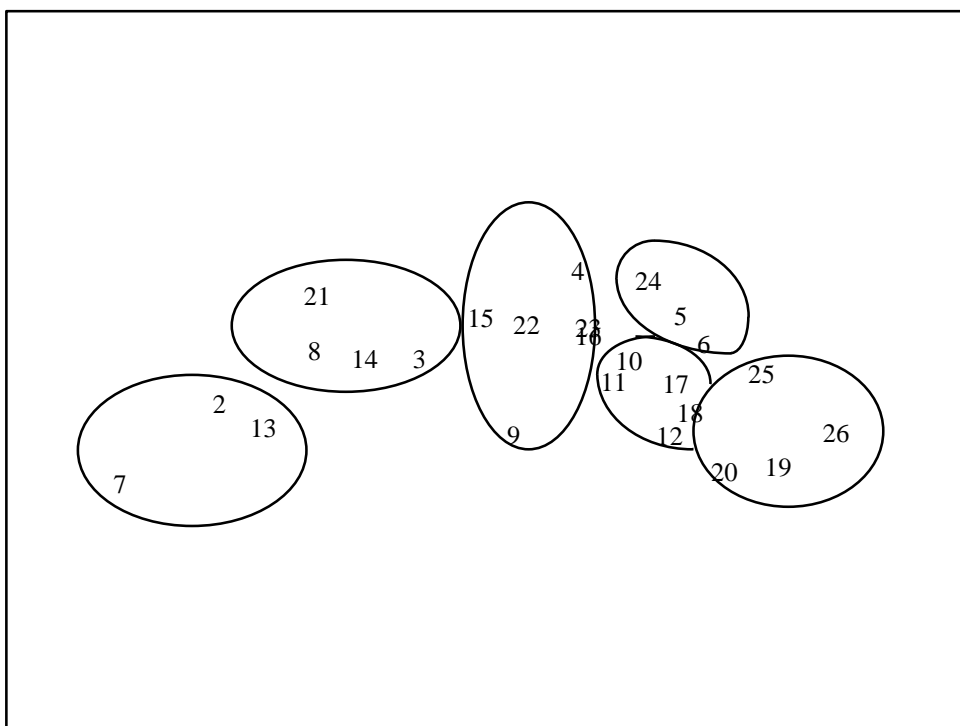


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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: Lerøy Midnor									
Lokalitet: Hausann									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Hau 1	Hau 2	Hau 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
	pH	Målt verdi	7,48	7,40	7,35				
	Eh (mV)	Målt verdi	-40	-36	-50				
II		plus ref. potensial	191	195	181				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0				0,00
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II)		1						
	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0				
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0				
		Brun/sort (2)							
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0				
		Noe (2)							
		Sterk (4)							
III	Konsistens	Fast (0)							
		Myk (2)	1	1	1				
		Løs (4)							
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1	1	1				
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)							
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0				
		$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)							
		$t \geq 8$ cm (2)							
	Sum		2	2	2				
	Korr. Sum (0.22)		0,44	0,44	0,44				0,44
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,22	0,22	0,22				0,22
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand							
	<1,1	1							
	1,1 - <2,1	2							
	2,1 - <3,1	3							
	$\geq 3,1$	4							
	Tilstand		1						
	Tilstand		1						
	Tilstand		1						

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Lerøy Midnor AS****Prosjekt nr.: 806322****Prøvetakingssted (område): Hausan i Hemne kommune****Dato for prøvetaking: 17/1-2012****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten AS****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad**

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

For hver stasjon er nr. på grabbhuuggene 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:5 sider.

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

Signatur: Tom Alvestad
Godkjent taksonom

SAM-Marin / Havbruketstjenesten

Stasjonsnavn	Hau 1	Hau 1	Hau 2	Hau 2	Hau 3	Hau 3
Dybde	140	140	138	138	258	258
Hugg	2	3	2	3	2	3
PORIFERA						
*Porifera indet.	+	+			+	+
CNIDARIA						
*Hydrozoa indet.		+				
Cerianthus lloydii		3				
Edwardsia sp.		2				
PLATYHELMINTES						
*Platyhelminthes indet.				1		
NEMERTINI						
*Nemertini indet.	9	6	3	6		2
NEMATODA						
*Nematoda indet.	6	15	ca. 22	ca. 20	ca. 10	11
POLYCHAETA						
Aphrodita aculeata			0/1			
Laetmonice filicornis				0/2		
Gattyana cirrosa		1				
Polynoidae indet.			1			
Pholoe baltica	28	32	6	7	1	7
Pholoe pallida	7		4	3	1	2
Neoleranira tetragona					0/1	
Sthenelais limicola			0/1			
Nereiphylla lutea			1	2		1
Paranaitis whalbergi			1			
Phyllodoce groenlandica	2	2/1	2	1		
Eumida ockelmanni			1			
Sige fusigera	1		6	1		
Eulalia cf. Bilineata				2		
Eulalia mustela			0/1	0/1		
Protomystides exigua			0/1	0/1		
Eteone longa	1	1	1			
Glycera alba		2				
Glycera lapidum	0/1	0/3	0/9	0/12	0/4	0/3
Goniada maculata	1		1	1		
Sphaerodorum flavum			1/1	0/2		
Sphaerodoropsis minuta						1
Nereimyra punctata		2/1		0/1		
Kefersteinia cirrata		1				
Syllidae indet.	1	3		1		1
Exogone sp.	3	3	6	4		1
Ceratocephale loveni			0/1			
Nephtys paradoxa						1
Nephtys hystericis			3/1	3	0/2	2/1
Paramphinome jeffreysii	69	66	90	117	58	38

SAM-Marin / Havbruketstjenesten

Stasjonsnavn	Hau 1	Hau 1	Hau 2	Hau 2	Hau 3	Hau 3
Dybde	140	140	138	138	258	258
Hugg	2	3	2	3	2	3
Rhamphobranchium brevibranchiatum			1	1		1
Paradiopatra quadricuspis			2	2	0/1	
Nothria conchylega		1	2	2		
Lumbrineridae indet.	4	10	15	10	4	8
Drilonereis filum			1			
Schistomeringos sp.			1			
Phylo sp.				0/1		
Scoloplos armiger	0/1	0/2				
Aricidea catharinae	1		4		1	
Aricidea simonae		1	1			
Aricidea suecica				1		
Levinsenia gracilis	1	1	7	2	1	
Paraonis sp.	2		3	6		
Paradoneis sp.						1
Poecilochaetus serpens			2	3		
Laonice bahusiensis			1/1			
Laonice sarsi			1		2/2	0/1
Malacoceros sp.	2			1	3	0/3
Polydora sp.	4	3			2	2
Polydora spp.			116	85		
Prionospio cirrifera	4	3	9	2		
Prionospio steenstrupii	1/2					0/1
Prionospio dubia			1/3	2/2	0/2	
Spiophanes kroeyeri		1	3/17	5/6		1
Spiophanes wigleyi			1/2	2		
Scolelepis korsuni						1
Aphelochaeta sp.	6	13	21	26	9	11
Chaetozone sp.	63	91	33	39	4	3
Macrochaeta clavicornis			1			
Macrochaeta polyonyx			1	2		
Pherusa flabellata			1			0/1
Diplocirrus glaucus	0/1	2/1		2/4		1/1
Brada villosa		3				
Ophelina acuminata	1	1				
Ophelina sp.			0/1	0/1		
Scalibregma inflatum	1/1	2	0/1	0/2		
Capitella capitata	3594	2229	5	16		
Heteromastus filiformis					1	
Notomastus latericeus	14	23	11/8	14/5	2/7	1/3
Asychis biceps					3	5
Lumbriclymene cylindricaudata			0/2	2		
Rhodine loveni					1	
Maldanidae indet.		3	23	15		3

SAM-Marin / Havbruketstjenesten

Stasjonsnavn	Hau 1	Hau 1	Hau 2	Hau 2	Hau 3	Hau 3
Dybde	140	140	138	138	258	258
Hugg	2	3	2	3	2	3
Myriochele danielsseni			1	1	1	1
Galathowenia oculata	2	1	3	2		
Myriochele heeri			3	2	2	2
Owenia borealis	1	4			1	0/1
Pectinaria auricoma	9	3/7	0/1	4/5		
Pectinaria koreni				0/1		
Ampharete falcata		1				
Sabellides octocirrata		1	12/16	36/18		0/1
Anobothrus sp.			2	3		
Amythasides macroglossus		2	68	51		
Eclysippe vanelli			9/5	20/10		3/1
Sosanopsis wireni			1/3	3/8		
Samytha sexcirrata			3/3	1		
Amage auricula		0/1	5/1	5/5		
Melinna albicincta		5/2	3/12	4/13	1	0/1
Zatsepinia rittichae				1		
Terebellidae indet.			15	11		
Paramphitrite birulai		1	3/4	1		
Pista lornensis		1	1/1	1/1		
Thelepus cincinnatus				0/1		
Streblosoma intestinale	2		15/7	20/18	1/1	1/1
Polycirrus norvegicus		2/1	1/4	2/4		
Polycirrus plumosus	1	2	1			
Polycirrus sp.				2		
Amaeana trilobata		1	1/1	0/1		0/3
Trichobranchus roseus		0/1		0/4		
Terebellides stroemi			0/1	0/1	1/1	
Euchone sp.					1	2
Euchone spp.			27	12		
Sabella pavonina			2			
Sabellidae indet.	3	8	39	46	6	5
Ditrupa arietina				2		
Siboglinum fjordicum			+	+	+	
Oligochaeta indet.	2	1	3	6		
Hirudinea indet.			2			
ECHIURA						
Bonellia viridis		1				
SIPUNCULA						
Sipuncula indet.		1	1	1		
Phascolion strombus	1		1/2	0/1		1
Onchnesoma steenstrupi		1	16/4	24/1	23/1	20/1
Nephasoma cf. minutum			2	1	1	
CRUSTACEA						

SAM-Marin / Havbruketstjenesten

Stasjonsnavn	Hau 1	Hau 1	Hau 2	Hau 2	Hau 3	Hau 3
Dybde	140	140	138	138	258	258
Hugg	2	3	2	3	2	3
*Philomedes globosus					1	
*Macrocypris minna			1			
*Munida sarsi			1			
*Paguridae indet.		0/1				
*Sarsinebalia typhlops	1		2/1			
*Amphipoda indet.		3	20	11		3
*Caprellidae indet		1	6	20	2	
Eriopisa elongata				2		
*Cyclaspis longicaudata						1
*Diastylis cornuta			0/2	5/2		
*Diastylodes biplicatus			1		1	
*Eudorella emarginata				1		1
*Eudorella truncatula			1			
*Campylaspis costata				2		
*Campylaspis rubicunda		1		1		
*Tanaidacea indet.			21	9		
*Gnathia sp.			1			
PYCNOGONIDA						
Pycnogonida indet.			3	3		
MOLLUSCA						
Solenogastres indet.			2			
Caudofoveata indet.	3	3	15	10	6	10
Leptochiton alveolus		1				
Haliella stenostoma						1
Euspira montagui	1	2				
Odostomia acuta			1			
Ondina divisa			1			
Philine scabra		3/1			1	0/1
Nudibranchia indet.		1				
Nucula tumidula					2	5/2
Yoldiella lucida					2/1	0/1
Yoldiella philippiana			3/1	1		1
Dacrydium ockelmanni					1	1
Bathyarca pectunculoides			1	2		
Limatula subauriculata				1		
Thyasira equalis	1	2/4	14/2	8	3/1	14/2
Thyasira flexuosa	2	1/1	1/1	2		
Thyasira obsoleta	1	1	9/3	9/4	8/2	9/3
Thyasira sarsii	107/28	104/24	1/3	3/7		1/1
Axinulus croulinensis			2/6	2/2	1	2
Mendicula ferruginosa		1/2	23/6	14/2	8	21/2
Adontorhina similis		1	8	2		1
Tellimya ferruginosa		1			2	

SAM-Marin / Havbruketstjenesten

Stasjonsnavn	Hau 1	Hau 1	Hau 2	Hau 2	Hau 3	Hau 3
Dybde	140	140	138	138	258	258
Hugg	2	3	2	3	2	3
Montacuta substriata					1	
Astarte sulcata		0/1				
Parvicardium minimum				1	3	1
Arcopagia balaustina			0/1			
Abra longicallus						1
Abra nitida			1/2	2/2	3	
Kelliella abyssicola			3		3	3
Saxicavella jeffreysi		1				
Cardiomya costellata				1		
Cuspidaria rostrata						1
Antalis agilis					0/1	
Antalis entalis				0/2		
Pulsellum lofotense			3	4		
BRYOZOA						
*Bryozoa grenet				+		
ECHINODERMATA						
Astropecten irregularis						0/1
Amphipholis squamata			2/2	0/1	0/1	1
Amphiura chiajei	1		3/4	1/2	0/1	1/2
Amphiura filiformis	2			2	0/1	1
Ophiocten affinis			3/2	2		
Ophiura albida		0/4	0/1			0/1
Ophiura carnea			1/1			1/1
Brisaster fragilis					3	
Echinocardium flavescens		0/1	0/3	1/6	0/1	0/4
Pseudothyone raphanus		2	1	1		
Thyonidium drummondi			3/1	0/1	16	22/1
Ocnus lacteus			1/1	1		
Synaptidae indet.		3	17	14	+	2
ENTEROPNEUSTA						
Enteropneusta indet.		1	2	2		
CHAETOGNATHA						
*Chaetognatha indet.		1				
ASCIDIACEA						
*Polycarpa fibrosa			1	0/1		
VARIA		+				

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Hau 1	Hau 2	Hau 3
I	31	32	32
II	25	32	23
III	16	26	14
IV	2	17	6
V	2	13	5
VI	2	9	2
VII	0	4	1
VIII	2	2	0
IX	1	0	0
X	0	0	0
XI	0	0	0
XII	0	0	0
XIII	1	0	0
XIV	0	0	0
XV	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 985 141 818 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-000728-01



EUNOBE-00002479

Prøvemottak: 27.02.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 27.02.2012-19.03.2012
Referanse: 806322 ref: 12/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0227-132	Prøvetakingsdato:	17.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Hav 1	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	800	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	15	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	53	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	0.9	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	71.3	% (v/v)		EN 14346	0.1

Prøvenr.:	441-2012-0227-133	Prøvetakingsdato:	17.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Hav 2	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	590	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	10	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	55	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	1.4	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	66	% (v/v)		EN 14346	0.1

Teorforklaring:

* (ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2

AR-12-MX-000728-01



EUNOBE-00002479



Prøvenr.:	441-2012-0227-134	Prøvetakingsdato:	17.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Hav 3	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	490	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	12	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	45	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	1.4	% (v/v) dv		EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	66.1	% (v/v)		EN 14346	0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), OT Tuttendorf, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 19.03.2012

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

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