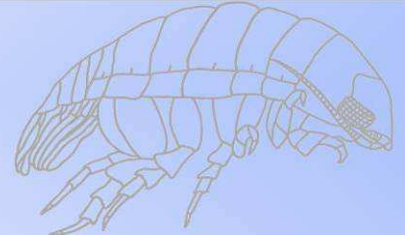


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Research





e-Rapport nr. 33-2012

MOM C undersøkelse ved Ånholmen i 2012

Vidar Strøm
Fredrik R Staven
Thomas Sandnes
Silje Hadler-Jacobsen
Per-Otto Johansen





	SAM-Marin	 Test 157
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 Ånholmen i 2012	Dato: : Felt: 23.01.12 Rapport: 29.06.12
	Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Vidar Strøm, Fredrik Staven, Thomas Sandnes, Silje Hadler-Jacobsen og Per-Otto Johansen.	Prosjektleder: Vidar Strøm
	Prosjektnummer: 105-12-11C

Oppdragsgiver: Emilsen Fisk AS	Tilgjengelighet: Åpen
--------------------------------	-----------------------

Abstract: On assignment from Emilsen Fisk AS, Aqua Kompetanse AS was hired in to investigate the marine area by the fish farm Ånholmen, which is located in Fosnes, Nord-Trøndelag. The aim of this study was to describe the environmental state of this area based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, and hydrographical data of the sea water. In total, three different stations were chosen for sampling: Ånh1, which is located in the near zone of the fish farm, Ånh2, which is located approximately 700 meters north west of the fish farm, and Ånh3, which lies in the remote zone, approximately 1,5 km north of the fish farm. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority. The results show that the levels of phosphorus, copper and zinc were low (class I, very good). The total organic carbon (TOC) was low on all three stations (class I, very good). The organic content expressed as % volatile total solids also showed low organic content on all stations. The sediment analysis showed that the sediment from the investigated areas consisted of a mixture of silt and sand. The soft bottom macro fauna investigation showed signs of some influence of organic matter at the near zone station. The polychaete *Capitella capitata* dominated the macro fauna at Ånh1. This is a species which is often found in areas which is highly influenced by organic matter. The conditions at the remote zone station Ånh3 were normal.

Keywords: Fish farm	Emneord: Fiskeoppdrett	ISSN NR.: 1890-5153
Recipient	Resipient	SAM e-Rapport nr. SAM e-Rapport nr. 33-2012
Benthos	Bunndyr	
Sediment	Sediment	

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	3.7.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	29.06.12	

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 sediment analyser, samlet av: Aqua Kompetanse

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-marin

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

Rapportering utført av: Aqua Kompetanse og SAM-marin

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-marin

LEVERANDØRER

Toktfartøy: oppdrettsbåten til Emilsen Fisk

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse **akkrediteringsnummer** test003

Akkreditert: Fosfor, sink, kobber og tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHOOLD

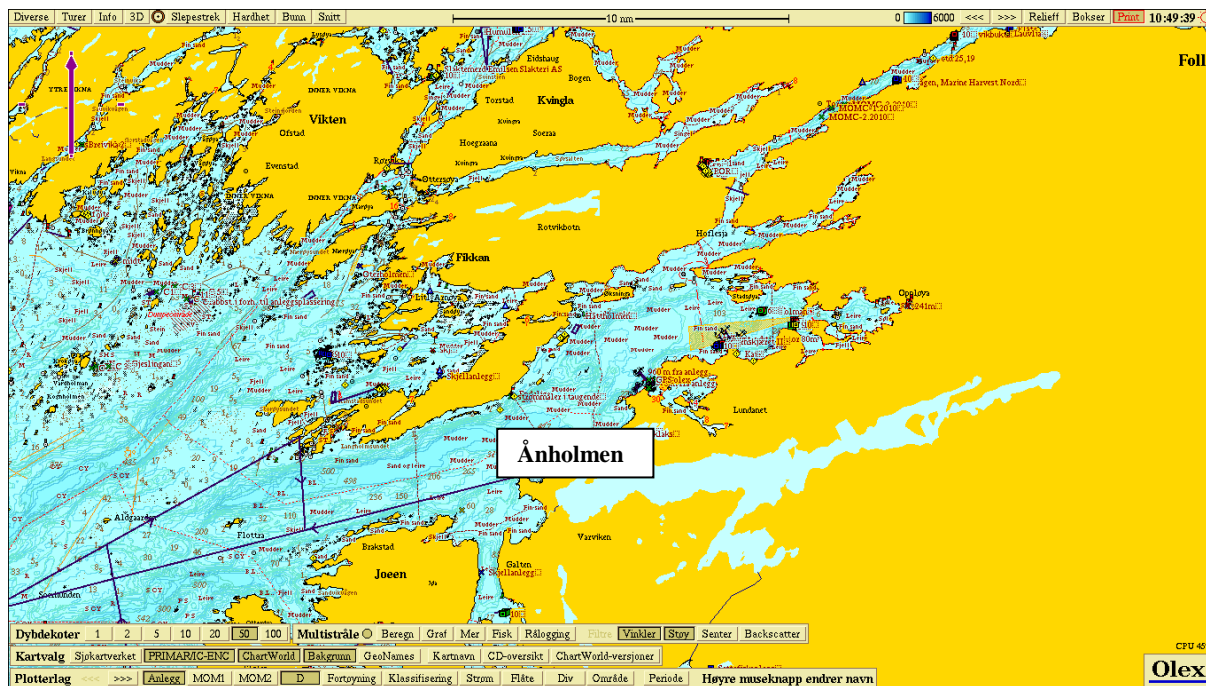
1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.3 Produksjon.....	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment.....	17
3.3 Kjemi.....	18
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	23
5 TAKK	24
6 LITTERATUR	24
7 VEDLEGG	25
GENERELL VEDLEGGSDDEL	25
Vedleggstabell 1. Artsliste	33
Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi.....	36

1 INNLEDNING

Etter avtale med Aqua Kompetanse AS har Seksjon for anvendt miljøforskning sortert bunnprøver fra tre stasjoner og identifisert artene i disse. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS ved oppdrettsanlegget Ånholmen, Fosnes kommune i Nord-Trøndelag den 22. desember 2011 og den 16. januar 2012. Anlegget er eid av Emilsen Fisk AS. Opparbeidingen av det biologiske materialet er utført i henhold til SAMs akkreditering for slik arbeid (akkrediteringsnummer Test 157). Artene er identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad. Sedimentets glødetap, kornfordeling og innhold av et utvalg kjemiske parametere ble bestemt i sedimentprøver fra hver stasjon.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet rundt oppdrettsanlegget. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi en tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene og avdekke eventuelle forandringer i resipienten, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna, og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 97 og Bakke et al. 2007), og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet avmerket. Kartkilde: Olex.

2 MATERIALE OG METODER

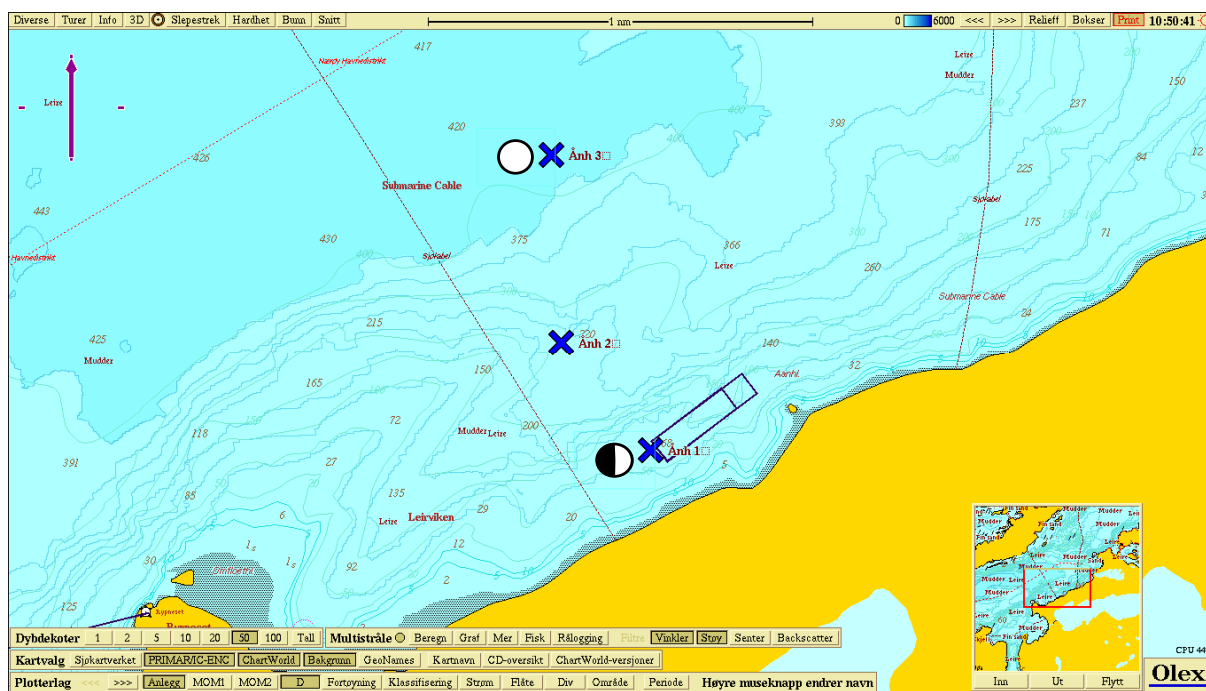
2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger ved oppdrettsanlegget Ånholmen i Fosnes kommune i Nord-trøndelag (Figur 2.1). Anlegget eies av Emilsen Fisk AS. Prøvetakingsstasjonene i denne undersøkelsen ble lagt i nærsonen i sørvestlig ende av oppdrettsanlegget, i overgangssonen cirka 700 meter nordvest for anlegget, og i fjernsonen cirka 1,5 km nord for anlegget. Disse tre stasjonene kalles henholdsvis Ånh 1, Ånh 2, og Ånh 3. (Se figur 2.2). Bunnen skrår og blir gradvis dypere i nordlig retning ut fra anlegget. Overgangssonestasjonen er plassert på et plattå cirka midt i denne skråningen, mens fjernsonestasjonen er plassert der hvor bunnen flater ut på over 400 meters dyp.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra oppdrettsbåten til Emilsen Fisk AS den 22. desember 2011 og den 16. januar, 2012. Innsamlingen er tatt over to forskjellige dager, da man ikke rakk å bli ferdig den første dagen. Det ble tatt prøver og utført CTD registreringer fra tre stasjoner.

Bynndyrprøvene fra overgangssonestasjonen Ånh 2 er ikke opparbeidet. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.2. Detaljsskisse over undersøkelsesområdet med stasjonene og anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

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 (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

Det ble utført målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen på alle tre stasjoner (figur 3.1 til 3.6). Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS. Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbejdet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.

Feltarbeidet ble utført den 22. desember 2011 på Ånh3, og den 16. januar 2012 på Ånh 1 og Ånh 2.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet den 22.12.11 og den 16.01.12. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb (full grabb = 17 liter).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Ånh 1 16.01.12	Ånholmen 64°43.188 N 11°27.701 Ø	72	1	2,0	Leire, silt, og grus. Sort nyanser, noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	3,6	Silt og skjellsand. Sort farge, noe lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	3,6	Uttak til kjemisk og geologisk prøve.
St. Ånh 2 16.01.12	Ånholmen 64°43.403 N 11°26.887 Ø	245	1	11,7	Silt og skjellsand. Lys/grå farge, ingen lukt. Børstemark og slangestjerner i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	11,7	Silt og skjellsand. Lys/grå farge, ingen lukt. Børstemark og slangestjerner i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3		Uttak til kjemisk og geologisk prøve.
St. Ånh 3 22.12.11	Ånholmen 64°43.889 N 11°26.829 Ø	414	1	3,6	Silt og leire. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark i prøven. Uttak til faunaprøver.
			2	5,4	Silt og leire. Lys grå farge. Ingen lukt. Børstemark og skjell i prøven. Uttak til faunaprøver.
			3	2,75	Silt og leire. Lys grå farge. Ingen lukt. Uttak til kjemisk og geologisk prøve.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra tre stasjoner. 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 %. Det organiske innholdet i sedimentet, prosent glødetap, ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking (105° C i ca. 20 timer) og brenning (550° C i 2 timer) (Norsk Standard 4764).

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 strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sedimentoverflaten, og lukte råttent (H₂S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

De kjemiske analysene ble utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (Akkreditering Test 043). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 17294-2. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter EN 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter EN 14346.

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 bunndyrprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil det finnes få eller ingen levende arter 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 4 % formalin nøytralisert 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 på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 1). 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.

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet og KLIF (Klima og Forurensningsdirektoratet) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997, Veileder nr 1:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad. Artsdiversitetene beregnes for prøvene brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra Svært god (I) til Meget dårlig (V). I tillegg brukes indeksene NQI1 og NQI2, som også tar hensyn til artenes sårbarhet (beregnet vha AMBI). Dette er en internasjonal standard som er implementert etter det nye vanndirektivet (Direktoratsgruppa Vanndirektivet, 1:2009). 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 Klassifisering av miljøtilstand (Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

			Tilstandsklasse				
			I	II	III	IV	V
Parameter	Måleenhet		Meget/ svært god	God	Moderat/ mindre god	Dårlig	Meget / 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 (H)		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Normalisert TOC	mg/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	<ul style="list-style-type: none"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	<ul style="list-style-type: none"> - 5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²
Miljøtilstand 4 (uakseptabelt)	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

2.3 Produksjon

Lokalitet Ånholmen er en relativt ny lokalitet som ble tatt i bruk først i mai 2011. Fra dette tidspunktet (mai, 2011) og fram til undersøkelsestidspunktet (desember 2011) var det produsert en biomasse på 1408 tonn fisk ved dette anlegget.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Resultatene av de hydrografiske målingene er oppsummert i figur 3.1 til 3.6. Ved Ånh 1 (figur 3.1-3.2) ligger sjøtemperaturen på rundt 6,5 °C fra overflaten og ned til 25 m dybde, hvor den gradvis begynner å stige. I bunnvannet har temperaturen steget til 9,0 °C.

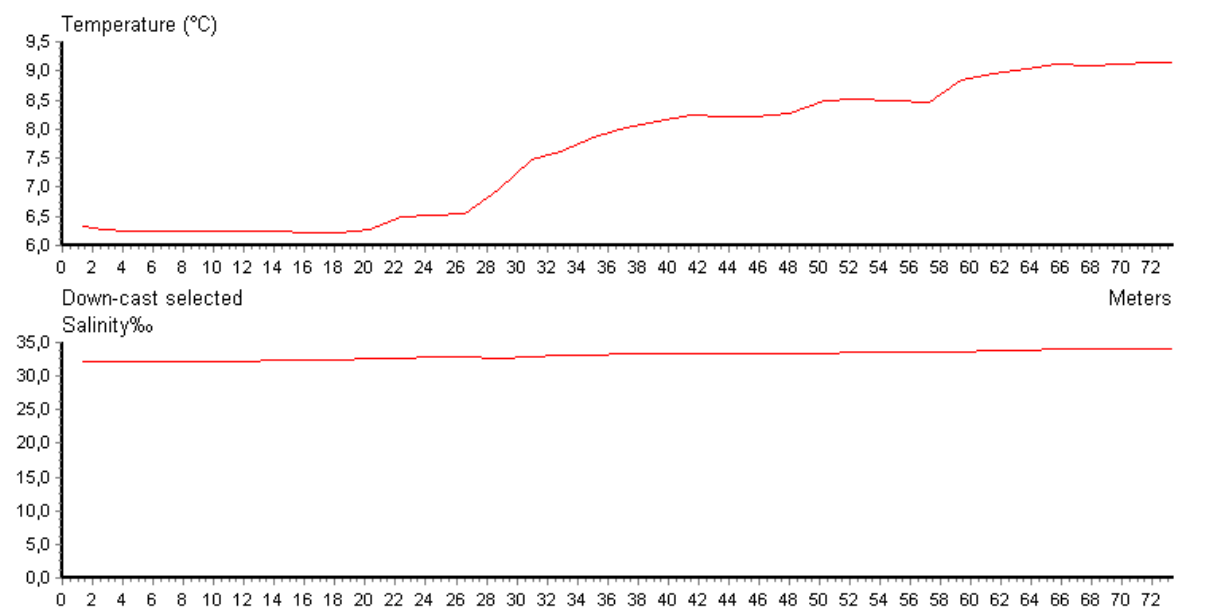
Saltholdigheten ligger jevnt på 32 ‰ i overflaten, og stiger sakte til 34 ‰ i bunnvannet. Oksygenkonsentrasjonen ligger på rundt 9,0 mg/l i overflatevannet. Den ligger forholdsvis stabil nedover i vannsøylen, men avtar sakte. I bunnvannet er konsentrasjonen på 8,2 mg/l. Oksygenmetningen ligger på 90 % i hele vannsøylen.

De hydrografiske dataene fra overgangssonestasjonen Ånh 2 (figur 3.3-3.4) viser et kaldere overflatelag fra 0-20 m dybde. Sjøtemperaturen ligger i dette intervallet på 6,5 °C. Videre nedover i dypet stiger temperaturen gradvis til 9,0 °C ved 80 m dybde. Nedover mot bunnen ligger temperaturen ganske stabil, i bunnvannet er den på 8,1 °C. Saltholdigheten er 32 ‰ i overflaten, den stiger så gradvis til 34,0 ‰ ved 70-80 m dyp. Videre nedover i vannsøylen ligger den stabil rundt 34 ‰. I bunnvannet er saltholdigheten 34,7 ‰.

Oksygenkonsentrasjonen varierer fra 9,0 mg/l ved overflaten til 8,0 mg/l ved 100 m dyp. Videre nedover i dypet avtar den noe. I bunnvannet er konsentrasjonen på 7,5 mg/l. Oksygenmetningen er 90 % i overflaten, og avtar gradvis til 80 % metning i bunnvannet.

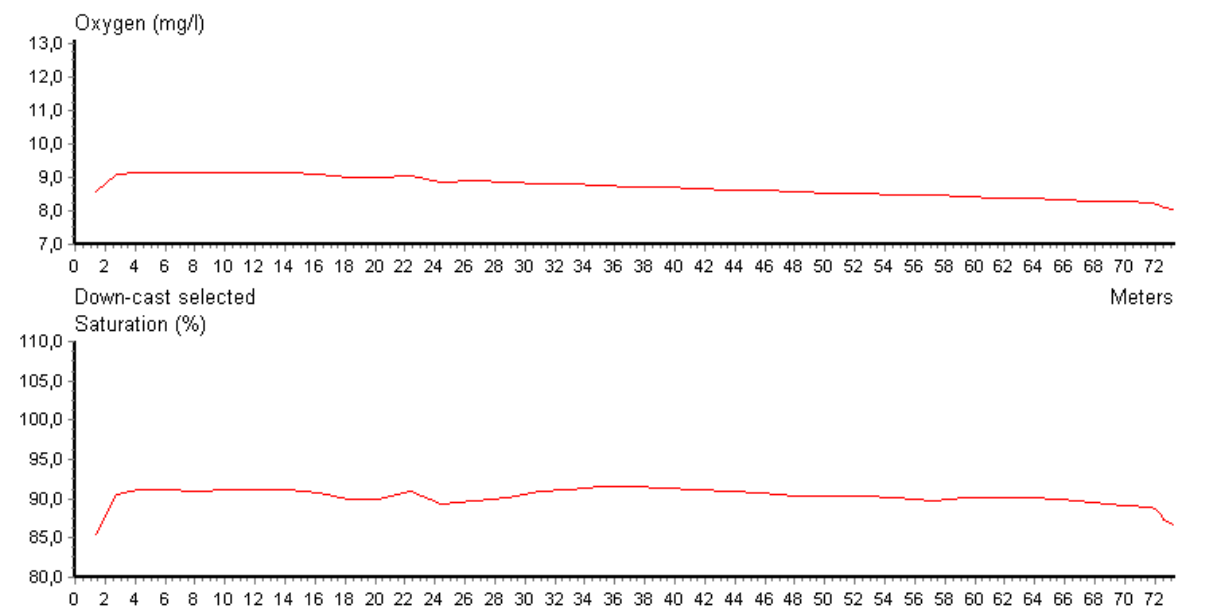
Sjøtemperaturen og saltholdigheten viser at overflaten ved Ånh 3 består av et noe ferskere og kaldere vannlag på 6,2 °C og 31,5 ‰. Ved 12-15 m dybde ser det ut til å være et sprangsjikt hvor temperaturen stiger til 9,9 °C og saltholdigheten til 33,5 ‰. I bunnvannet er temperaturen 7,4 °C og saltholdigheten 34,9 ‰. Oksygenkonsentrasjonen er 9,5 mg/l ved overflaten. Den avtar så ned til 8,1 mg/l ved 40 m dybde. Konsentrasjonen er svært stabil nedover i dypet. Ved 400 m dybde er den på 7,4 mg/l. Metningen varierer fra 95 % i overflatevannet til 76,8 % ved bunnen på 400 m dyp.

File name: Ånholmen sal.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 35 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:03:02 - 16.Jan-12 (No. 6597) To: 12:13:10 - 16.Jan-12 (No: 6901)



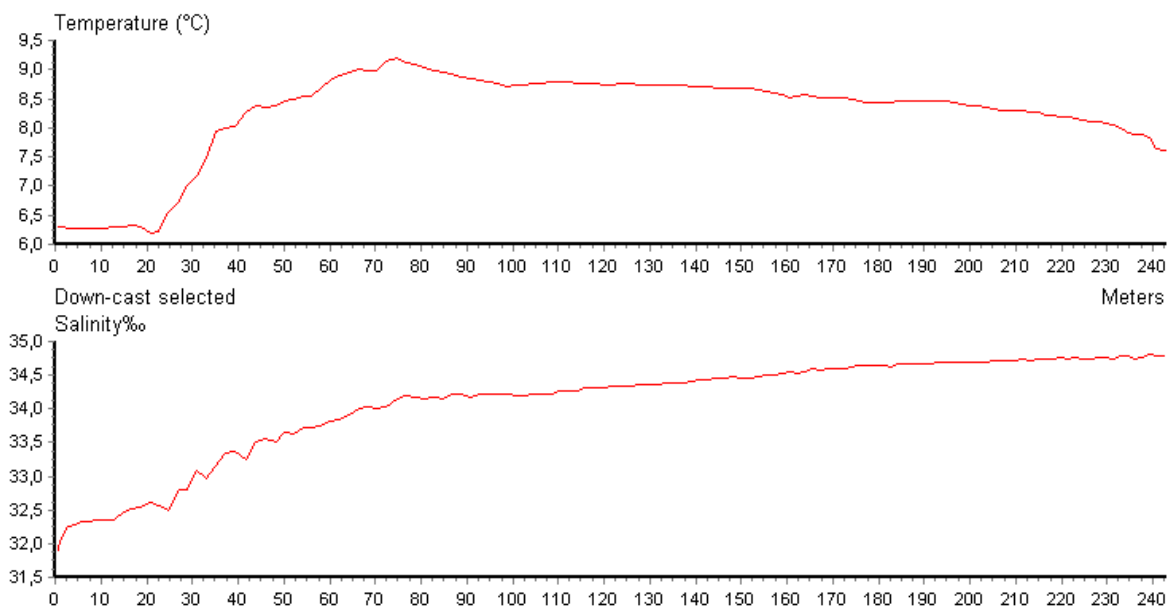
Figur 3.1. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 72 meters dyp på stasjon Ånh 1 den 16. januar 2012.

File name: Ånholmen momc.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 35 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 12:03:02 - 16.Jan-12 (No. 6597) To: 12:13:10 - 16.Jan-12 (No: 6901)



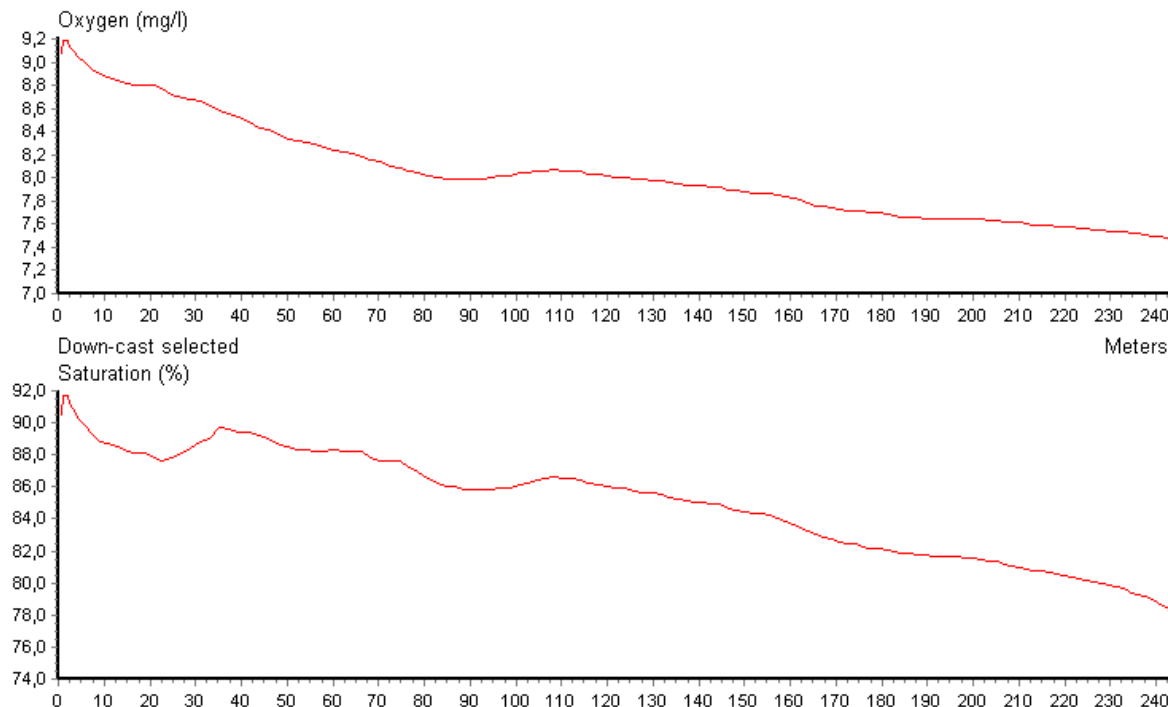
Figur 3.2. Oksygeninnhold fra overflaten og til 72 meters dyp på stasjon Ånh 1 den 16. januar 2012.

File name: Ånholmen sal.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 36 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 14:06:40 - 16.Jan-12 (No. 6977) To: 14:25:56 - 16.Jan-12 (No: 7555)



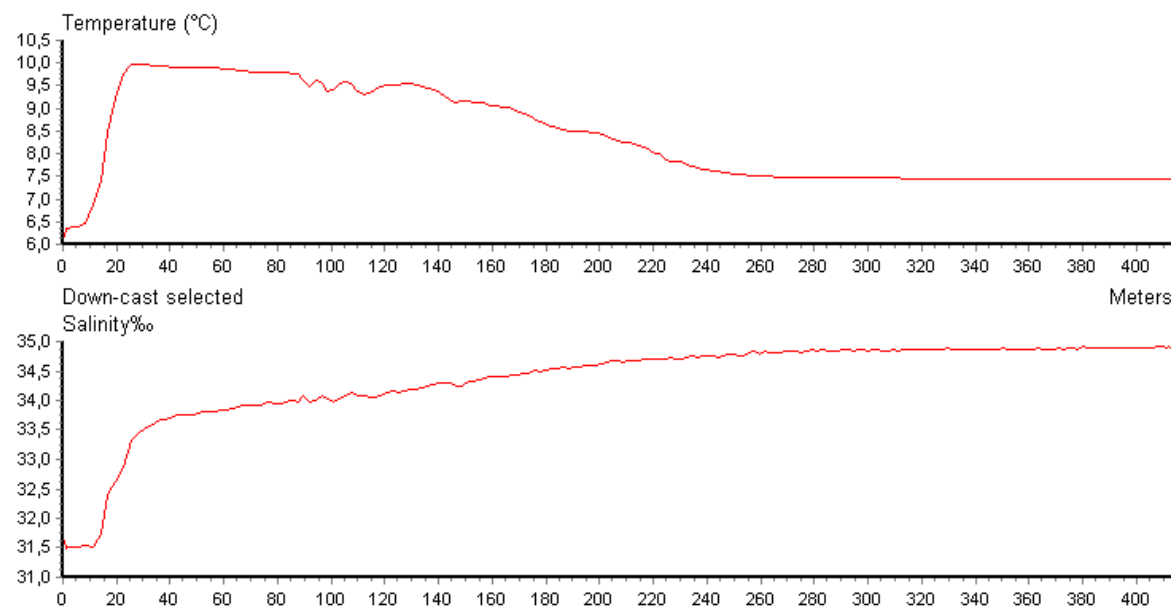
Figur 3.3. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 240 meters dyp på stasjon Ånh 2 den 16. januar 2012.

File name: Ånholmen momc.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 36 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 14:06:40 - 16.Jan-12 (No. 6977) To: 14:25:56 - 16.Jan-12 (No: 7555)



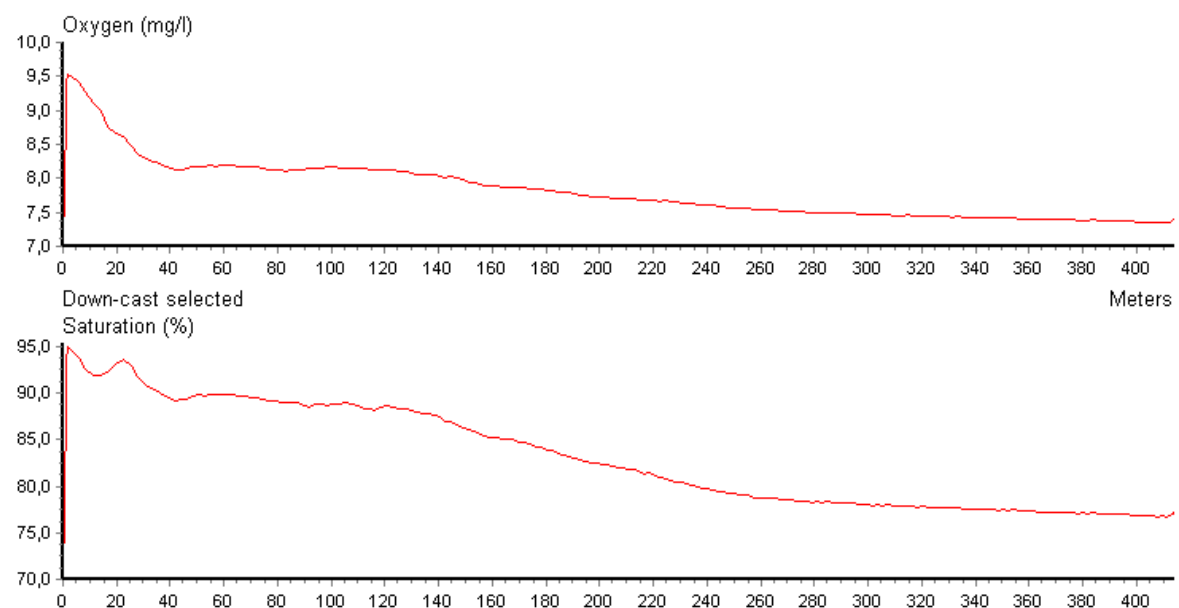
Figur 3.4. Oksygeninnhold fra overflaten og til 240 meters dyp på stasjon Ånh 2 den 16. januar 2012.

File name: Ånholmen sal.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 30 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 15:04:15 - 22.Dec-11 (No. 3977) To: 15:33:11 - 22.Dec-11 (No: 4845)



Figur 3.5. Temperatur og saltholdighet fra overflaten og til 400 meters dyp på stasjon Ånh 3 den 22. desember 2011.

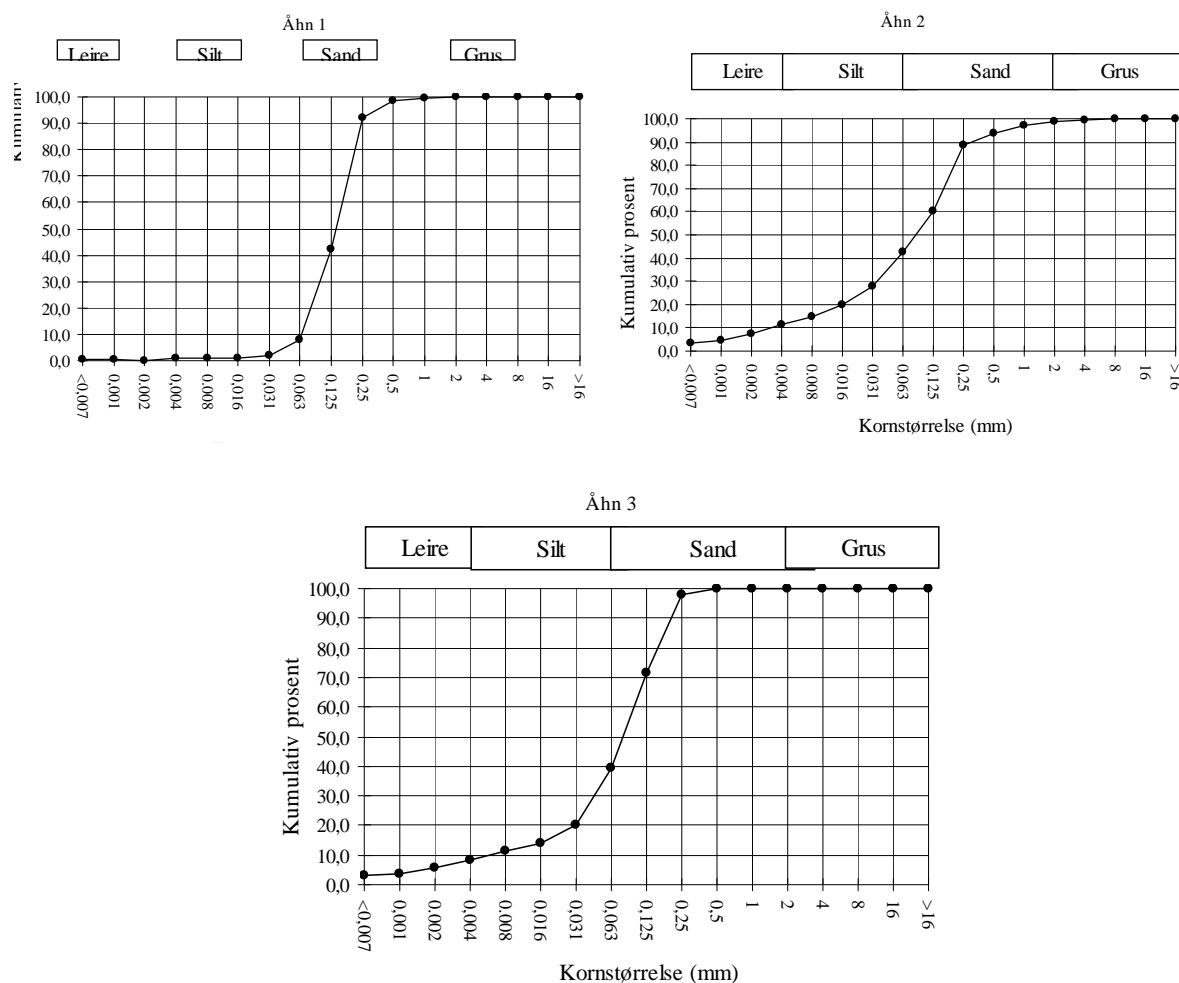
File name: Ånholmen momc.SD2 Interval: 2 seconds
 Measurement series number: 30 SD204, Serial No: 382
 Data displayed from: 15:04:15 - 22.Dec-11 (No. 3977) To: 15:33:11 - 22.Dec-11 (No: 4845)



Figur 3.6. Oksygeninnhold fra overflaten og til 400 meters dyp på stasjon Ånh 3 den 22. desember 2011.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Figur 3.7 og Tabell 3.1. Sedimentet ved stasjon Ånh 1 besto av 1 % leire, 7 % silt, og 92 % sand. Ved overgangssonestasjonen Ånh 2 besto sedimentet av 12 % leire, 31 % silt, 56 % sand, og 1 % grus. Sedimentet ved fjernsonestasjonen Ånh 3 besto av 9 % leire, 31 % silt, og 61 % sand.



Figur 3.7. Kornfordeling (innhold av leire, silt, sand og grus) målt som vektprosent av sedimentprøvene som ble innsamlet ved Ånholmen i januar 2012.

Tabell 3.1. Dyp, organisk innhold (glødetap) og andel av leire, silt, sand og grus i sedimentet på stasjonene ved Ånholmen i januar 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Åhn 1	72 m	1,5	1	7	8	92	0
Åhn 2	245 m	3,7	12	31	43	56	1
Åhn 3	414 m	2,1	9	31	39	61	0

3.3 Kjemi

Resultatene fra de kjemiske analysene av sedimentet ved Ånholmen er vist i Tabell 3.2 og Vedleggstabell 2. For å benytte KLIF's tilstandsklasse på total organisk karbon (TOC), bør de målte verdiene normaliseres dvs. standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er utarbeidet for lokaliteter som ligger utaskjærs og en må derfor ha dette i tankene når formelen benyttes på data fra fjorder (Aure et al. 1993).

Glødetapet var lavt på samtlige stasjoner. Total organisk karbon (TOC) var også lavt på alle tre prøvetakingsstasjoner, og gav tilstand 'I' etter KLIF's klassifisering. Nivået av fosfor, sink, og kobber var også lavt og gav tilstand I 'meget god' etter KLIF's klassifisering.

Tabell 3.2. Resultater fra kjemiske analyser av sediment innsamlet ved Ånholmen i januar 2012. Tungmetaller og Totalt Organisk Karbon (TOC) har tilstandsklasser (TK) angitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007 og Molvær 1997).

Stasjon	Totalt organisk carbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrestoff (TS) %
Ånh 1	0,5	18,5	1	580	41	I	5	I	78,9
Ånh 2	1,2	19,2	1	630	57	I	12	I	66
Ånh 3	0,7	18,7	1	650	37	I	9	I	76,7

3.4 Bunndyr

Resultatet av bunndyrsundersøkelsen er vist i Tabellene 3.3-3.5, Figurene 3.8-3.9 og Vedleggstabell 1. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i januar 2012 sammen med miljøforholdene i dypere parti av Foldafjorden (Ånh 1 og Ånh 3). Bunndyrprøvene fra overgangssonestasjonen Ånh 2 ble ikke opparbeidet.

De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid. Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskremitter) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogensulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil

være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk materiale.

I nærsonen, vest for anlegget ved Ånholmen, ligger Ånh 1 på 72 m dyp. Her ble det funnet 573 individer og fordelt på 11 arter. Dette ga en diversitet (H') på 1,20 og en jevnhet på 0,35. Børstemakken *Capitella capitata* dominerte prøven og utgjorde 75 % av individene. Av de ti mest tallrike artene fant man et skjell (*Thyasira sarsii*), de resterende ni var børstemakker. Indeksene NQI1 og NQI2 som baseres på artenes ømfintlighet og artsmangfold, klassifiserer tilstanden som henholdsvis ”dårlig” og ”svært dårlig”. I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær anleggene. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved oppdrettsanlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 2 (God). Flere punkt indikerer likevel at man her har dårlig miljøtilstand. For eksempel finner man her et høyt antall individer av børstemakken *Capitella capitata*. Dette er en art som ofte dominerer i sediment som blir tilført mye organisk materiale. I tillegg antyder de geometriske klassene også dårlige forhold på stasjonen. Man ser her at artene hadde en relativt ujevn fordeling.

I fjernsonen nord for anlegget ligger stasjonen Ånh 3 på 414 m dyp. Her ble det funnet 34 arter med til sammen 187 individer. Dette ga en diversitet (H') på 3,43 og en jevnhet på 0,68. Dette gav en KLIF-tilstand på II ”God”. De tre mest individrike artene var skjellene *Abram nitida* (42%), *Kelliella abyssicola* (12,3%) og *Yoldiella lucida* (8 %). Av de ti mest tallrike artene fant man i tillegg enda et skjell og seks arter av børstemakk. Indeksene NQI1 og NQI2 gir stasjonen henholdsvis tilstand I ”Svært god” og tilstand II ”God”. Figuren med geometriske klasser indikerer at stasjonen hadde en relativt jevn fordeling av arter.

De multivariate analysene viser at huggene tatt på samme stasjon er relativt like. Det er stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art. Dette forklares i av stasjonenes beliggenhet, der vi har en nærstasjon ved anlegg og en fjernstasjon som ligger dypere.

Tabell 3.3. Antall individer og arter, diversitet og jevnhet for hver enkelt prøve fra Ånholmen i januar 2012. Klassifisering av miljøtilstanden tilstand er basert på flere diversitetsmål: Shannon-Wiener diversitet (H'), NQI1, NQI2 og AMBI som angitt i Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann (se generelt vedlegg for nærmere forklaringer), samt MOM tilstand fra NS 9410.

Stasjon	Hugg	Arter	Individer	Diversitet (H')	KLIF tilstand	MOM tilstand	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Ånh 1	1	9	103	1,45			0,46	5,55	0,36	0,23
	2	7	470	1,08			0,39	5,86	0,28	0,17
	Sum	11	573	1,20	-	2	0,35	5,70	0,33	0,19
Ånh 3	1	18	63	3,53			0,85	1,63	0,73	0,68
	2	27	124	2,95			0,62	2,21	0,72	0,59
	Sum	34	187	3,43	II	-	0,68	1,92	0,75	0,65

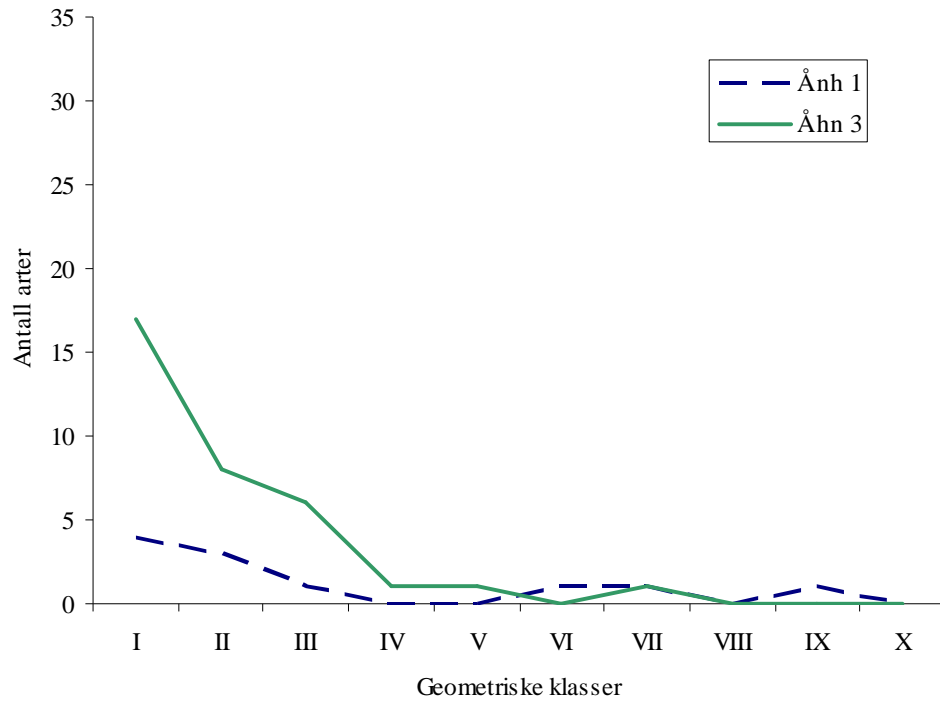
KLIF, NQI 1 og NQI2 tilstand	I	II	III	IV	V
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
MOM tilstand	1	2	3	4	
	Meget god	God	Dårlig	Meget dårlig	

Tabell 3.4. De mest tallrike artene/gruppene fra Ånholmen i januar 2012.

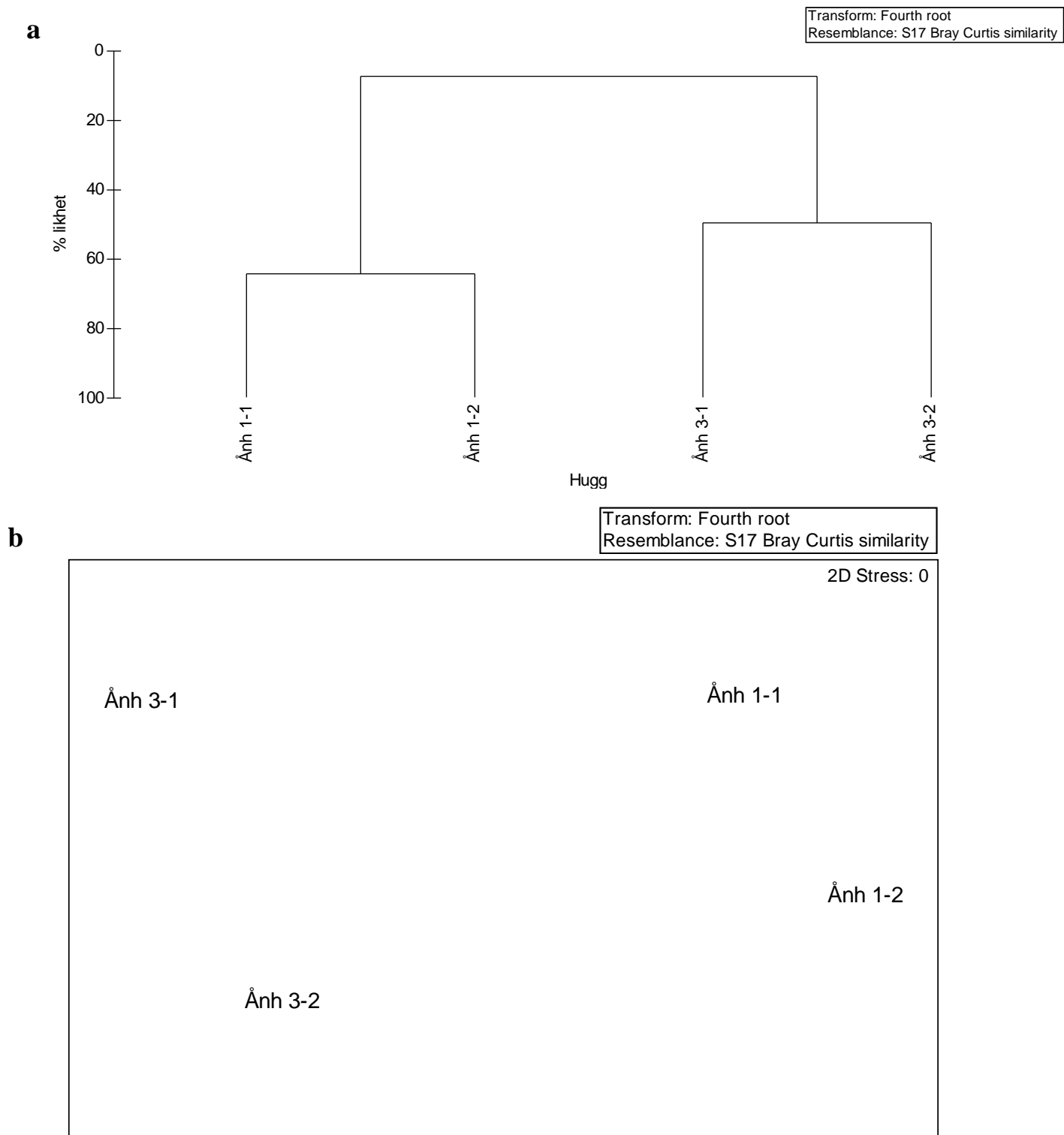
Ånh 1	Ant. Ind	%	Kum. %	Ånh 3	Ant. Ind	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	428	74,7	74,7	<i>Abra nitida</i>	79	42,2	42,2
<i>Palpiphitime lobifera</i>	96	16,8	91,4	<i>Kelliella abyssicola</i>	23	12,3	54,5
<i>Prionospio steenstrupii</i>	34	5,9	97,4	<i>Yoldiella lucida</i>	15	8,0	62,6
<i>Pholoe baltica</i>	4	0,7	98,1	<i>Glycera lapidum</i>	7	3,7	66,3
<i>Thyasira sarsii</i>	3	0,5	98,6	<i>Terebellides stroemi</i>	7	3,7	70,1
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	2	0,3	99,0	<i>Heteromastus filiformis</i>	5	2,7	72,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	2	0,3	99,3	<i>Prionospio cirrifera</i>	5	2,7	75,4
<i>Scoloplos armiger</i>	1	0,2	99,5	<i>Yoldiella nana</i>	4	2,1	77,5
<i>Aphelochaeta</i> sp.	1	0,2	99,7	<i>Mendicula feruginosa</i>	4	2,1	79,7
<i>Chaetozone</i> sp.	1	0,2	99,8	<i>Chaetozone</i> sp.	3	1,6	81,3
Sum individer	573			Sum individer	187		

Tabell 3.5. Geometriske klasser fra Ånholmen i januar 2012.

Geometrisk klasse	Ånh 1	Ånh 3
I	4	17
II	3	8
III	1	6
IV	0	1
V	0	1
VI	1	0
VII	1	1
VIII	0	0
IX	1	0
X	0	0



Figur 3.8. Geometrisk klasse plottet mot antall arter fra Ånholmen i januar 2012.



Figur 3.9. Dendrogram fra clusteranalyse (a) og MDS-plott (b) av bunnfaunaresultatene fra Ånholmen i januar 2012. Ånh 3-1 er stasjon Ånh 3, 1. hugg osv. Analysene er utført på huggnivå og hvert grabbhugg var på 0,1 m². Analysene er basert på Bray-Curtis indeks og er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved matfiskanlegget Ånholmen i Fosnes kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført den 22. desember 2011 og den 16. januar, 2012. Det ble tatt bunnprøver og registrert hydrografi på tre stasjoner.

De hydrografiske målingene viste en oksygenrik vannsøyle ved undersøkelsespunktene i både nær-, overgangs-, og fjernsonen. Oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet ved alle tre prøvetakingsstasjoner tilsvarte tilstand I 'meget god' etter klassifiseringen i Molvær et al. 97. Såpass jevne verdier tyder på at det er god omrøring i vannsøylen.

Sedimentundersøkelsen viste at sedimentet ved prøvetakingsstasjonene hovedsakelig besto av en blanding av silt og sand, der sandkorn utgjorde hovedtyngden av sedimentet. Ved Ånh 1 besto hele 92 % av sedimentprøven av sandkorn. Dette tyder på en god bunnstrøm i undersøkelsesområdet. Den kjemiske analysen viste ingen forhøyede verdier av verken fosfor, kobber, eller sink. TOC og organisk innhold (% glødetap) var lavt ved samtlige stasjoner.

Bunndyrsundersøkelsen viste moderate forhold på havbunnen ved Ånh 1. Børstemarken *Capitella capitata* utgjorde 75 % av individene i prøven, noe som antyder en viss påvirkning av organisk materiale på havbunnen. Grafen over geometriske klasser (se figur 3.8) viser et flatt og ujevnt kurveforløp og antyder en ujevn fordeling av arter. Det er imidlertid ikke uvanlig at man finner tegn på organisk påvirkning i nærsone til oppdrettsanlegg. MOM-klassifiseringssystemet, som er tilpasset forhold i nærsone til oppdrettsanlegg, gir forholdene i nærsone tilstand 2, noe som er en god tilstand. Ut fra den hydrografiske undersøkelsen er det heller ikke noe som tyder på oksygenfattige forhold på havbunnen i dette området.

Ved fjernsonestasjonen Ånh 3 fant man normale forhold. Kurven over geometriske klasser antyder en jevn fordeling av arter. KLIFs klassifisering for bunnfauna gir tilstand II 'God'.

Tabell 4.1. Oppsummering av resultatene.

Stasjon	Dyp (m)	Fauna KLIF's T.kl.	Fauna MOM tilstand	T.kl. sink	T.kl. kobber	T.kl. TOC
Ånh 1	72	-	2	I	I	I
Ånh 2	245	-	-	I	I	I
Ånh 3	414	II	-	I	I	I

5 TAKK

Vi takker Robert Aakvik fra Emilsen Fisk AS for god hjelp og hyggelig tokt om bord på hans båt. På toktet deltok Fredrik R Staven, Vidar Strøm, og Thomas Sandnes fra Aqua kompetanse AS. Sedimentanalysene ble utført av Tommie Christensen. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen og Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eel E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kysfarvann. 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.
- Aure & al. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking*. Rapport 510/93 (NIVA Rapport 2827). 100 s.
- 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 kysfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Torrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet

7 VEDLEGG

GENERELL VEDLEGGSDDEL

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.

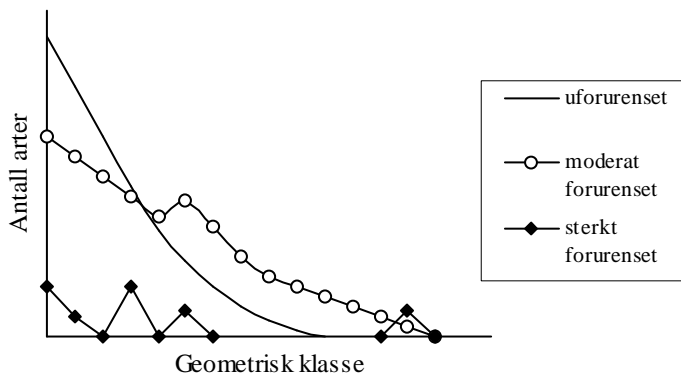
Geometriske klasser

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 topper og nullverdier (Figur v1).

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra 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:

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

hvor ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og Ni 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 faunaekspertene. 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 nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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 miljøgrader. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra "godt" til "dårlig" miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

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

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

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

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

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir

gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

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

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

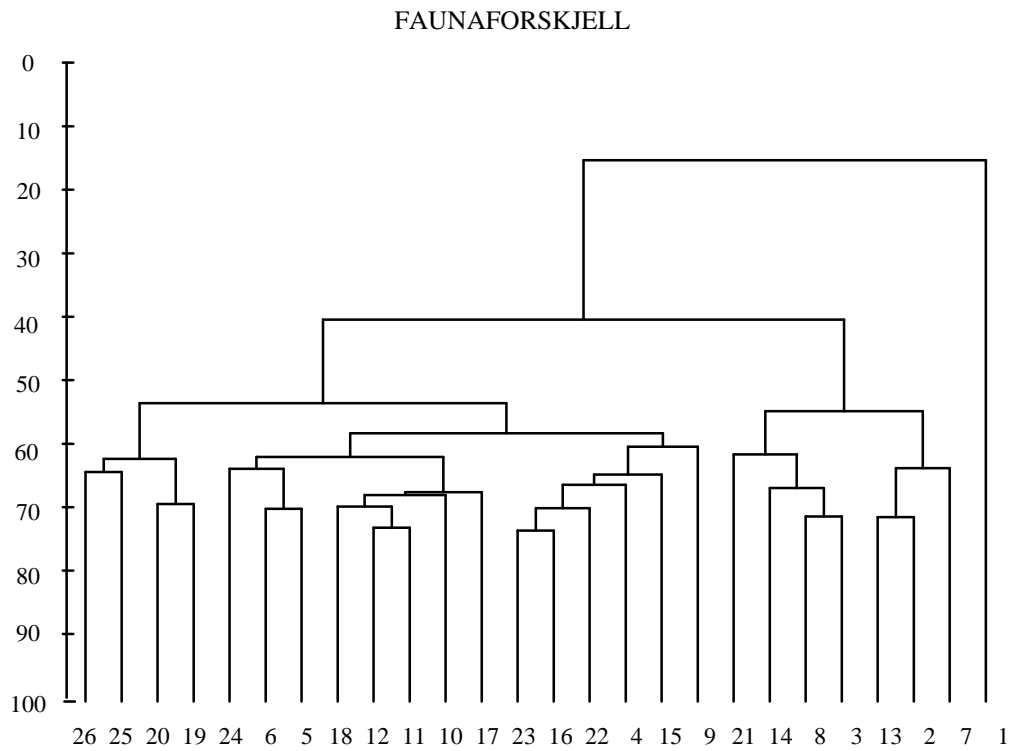
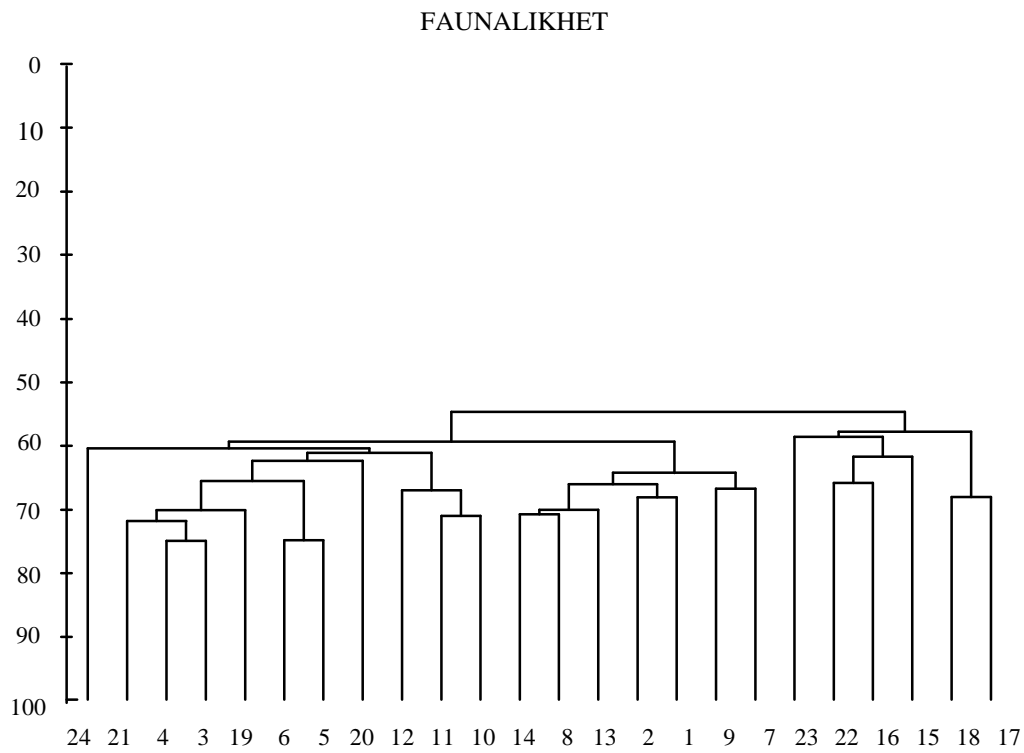
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

Dataprogrammer

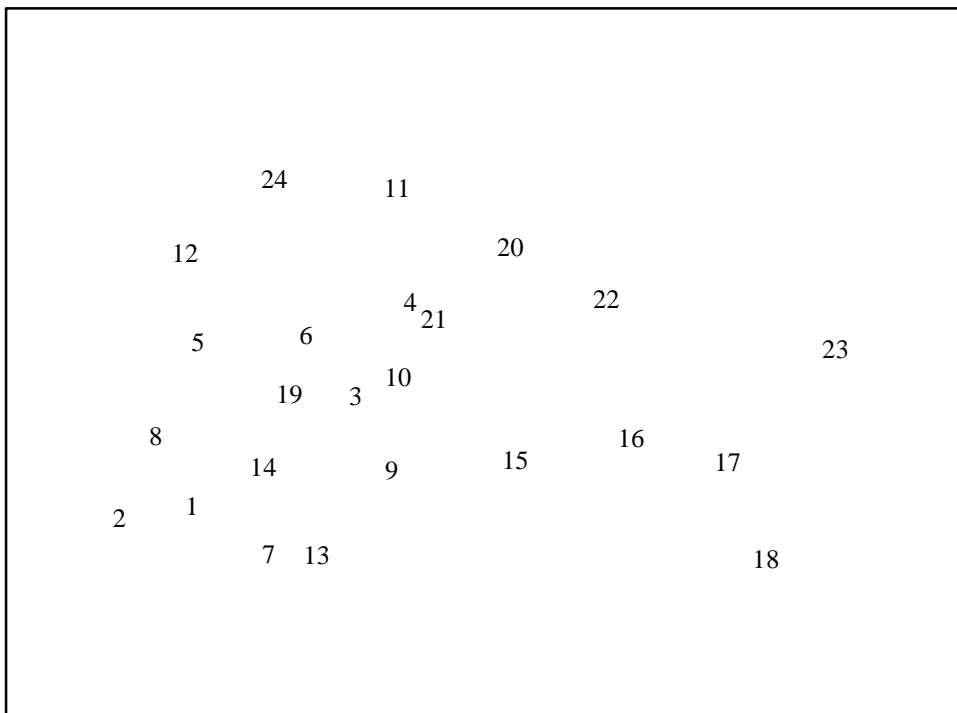
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget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

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

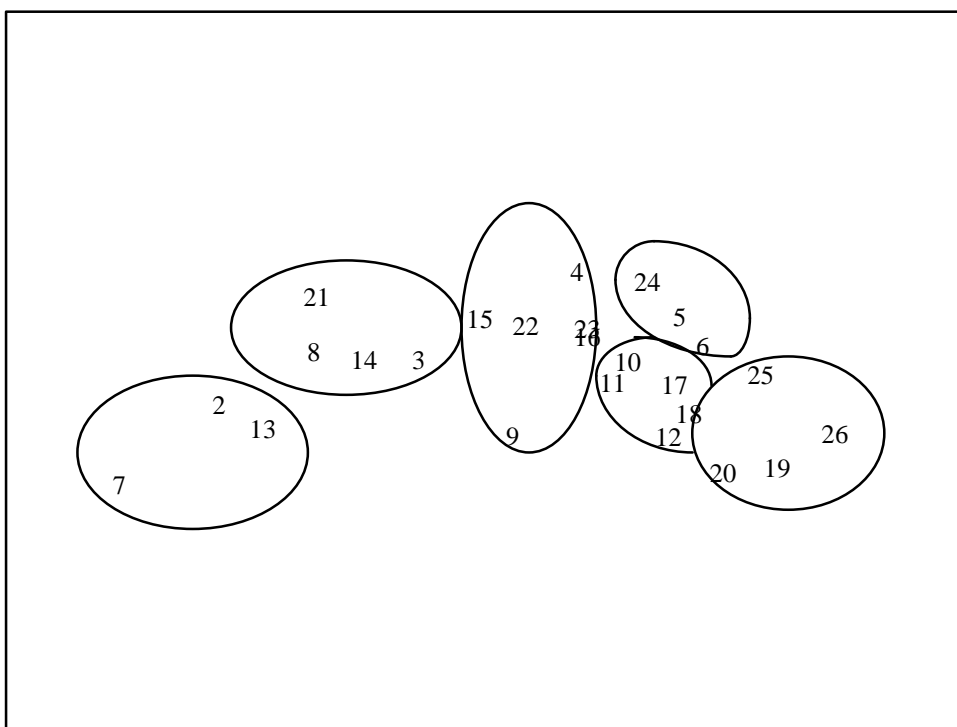


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.

Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av: Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

Vedleggstabell 1. 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): Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger
Prosjekt nr.: 806371
Prøvetakingssted (område): Ånholmen
Dato for prøvetaking: 16.01.2012
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research 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 type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

Andre opplysninger:

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

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

Signatur: 
Godkjent taksonom

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

S.1/2	Stasjon	Ånh 1	Ånh 1	Ånh 3	Ånh 3
	Prøvedato:	16.01.2012	16.01.2012	16.01.2012	16.01.2012
	Dybde:	68 m	68m	414 m	414 m
	Arter: Hugg nr:	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	HYDROZOA				
*	Hydrozoa indet.	+	+		
*	NEMERTINI indet.	1		1	1
*	NEMATODA indet.	1			2
	POLYCHAETA				
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>				1
	<i>Polynoidae</i> indet.				2
	<i>Pholoe baltica</i>	2	2		
	<i>Ceratocephale loveni</i>				1
	<i>Nephtys pulchra</i>			0/1	1
	<i>Glycera lapidum</i>			0/2	0/5
	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>			0/1	
	<i>Palpiphitime lobifera</i>	7	89		
	<i>Scoloplos armiger</i>	0/1			
	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	0/1	0/1		
	<i>Prionospio steenstrupii</i>	13	21		
	<i>Prionospio cirrifera</i>			3	2
	<i>Prionospio dubia</i>				0/1
	<i>Spiophanes kroyeri</i>			1	2
	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>			1	
	<i>Aphelochaeta</i> sp.	1			1
	<i>Chaetozone</i> sp.		1	2	1
	<i>Diplocirrus glaucus</i>				0/2
	<i>Capitella capitata</i>	75	353		
	<i>Heteromastus filiformis</i>	2		4	1
	<i>Maldanidae</i> indet.			3	
	<i>Myriochele heeri</i>				1
	<i>Galathowenia oculata</i>				1
	<i>Anobothrus</i> sp.				1
	<i>Terebellides stroemi</i>			1/2	2/2
	SIPUNCULA				
	<i>Phascolion strombus</i>				0/1
*	CRUSTACEA				
	<i>Caprellidae</i> indet.		1		
	MOLLUSCA				
	<i>Euspira montagui</i>	1			
	<i>Taranis moerchi</i>				0/1
	<i>Nucula tumidula</i>				3
	<i>Ennucula tenuis</i>			1	
	<i>Yoldiella lucida</i>			1/4	8/2
	<i>Yoldiella nana</i>			1/2	1
	<i>Thyasira sarsii</i>		1/2		1
	<i>Thyasira equalis</i>			1	
	<i>Mendicula feruginosa</i>				4
	<i>Abra nitida</i>			11/2	64/2
	<i>Arctica islandica</i>			0/1	
	<i>Kelliella abyssicola</i>			6/9	6/2
	<i>Entalina tetragona</i>			3	
	<i>Pulsellum lofotense</i>				1

SAM-Marin og Aqua Kompetanse AS

s.2/2			
* BRYOZOA			
* Bryozoa grenet	+	+	
ECHINODERMATA			
<i>Astropecten irregularis</i>			0/1
* PISCES egg.		1	
* VARIA		+	

Vedleggstabell 2. Analysebevis kjemi



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 065 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen
Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-000730-01



EUNOBE-00002481

Prøvemottak: 27.02.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 27.02.2012-19.03.2012
Referanse: 806371 ref. 14/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0227-138	Prøvetakingsdato:	16.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ånh 1	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	580	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	5	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	41	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	0.5	% (v/v) dv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	78.9	% (v/v)	EN 14346		0.1

Prøvenr.:	441-2012-0227-139	Prøvetakingsdato:	16.01.2012		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Ånh 2	Analysestartdato:	27.02.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	630	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	12	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	57	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	1.2	% (v/v) dv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	66	% (v/v)	EN 14346		0.1

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet 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-000730-01



EUNOBE-00002481

Prøvenr.:	441-2012-0227-140	Prøvetakingsdato:	16.01.2012	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerkning:	Ånh 3	Analysedato:	27.02.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)				
Totalt fosfor (P)	650	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	9	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	37	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	0.7	% (v/v) dv	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	76.7	% (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, Gewerbestraße "Schwarze Kiefern", D-09833, 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 målesikkerhet 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