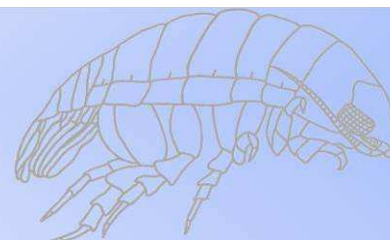


SAM e-Rapport

UNI RESEARCH as Seksjon for anvendt miljøforskning – marin





SAM e-Rapport nr. 25-2012

Miljøundersøkelse ved oppdrettsanlegget Ringja i Vindafjorden i 2012

Per-Otto Johansen

Erling Heggøy



	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: Miljøundersøkelse ved oppdrettsanlegget Ringja i Vindafjorden i 2012	Dato: 29.05.2012
	Antall sider og bilag: 39
Forfatter(e): Per-Otto Johansen og Erling Heggøy	Prosjektleder: Erling Heggøy
	Prosjektnummer: 806419

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway as	Tilgjengelighet: Åpen
---	-----------------------

Abstract:

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions close to Ringja fish farm based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification systems of the Norwegian Pollution control Authority and NS9410.

The oxygen content in the deep part of Vindafjorden is high. The condition of the deep bottom fauna was poor at all the sampling stations and poorest at the station closest to land. The concentration of phosphorus, copper and zinc were elevated at all the examined stations. The sediment contained also elevated amount of organic matter at the sampling stations.

Keywords: Fish farm	Emneord: Fiskeoppdrett	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 25-2012
Recipient	Resipient	
Benthos	Bunndyr	
Sediment	Sediment	
Hydrography	Hydrografi	

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	29.05.2012	<i>P-O Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	29.05.2012	<i>Erling Heggøy</i>

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: SAM-marin

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: SAM-marin

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

Rapportering utført av: SAM-marin

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: SAM-marin

LEVERANDØRER

Toktfartøy: -

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse as **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 Produksjonsdata fra anleggene.....	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	23
5 LITTERATUR	24
6 VEDLEGG	25

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse som ble gjennomført den 28. februar 2012 ved oppdrettslokaliteten Ringja i Tysvær kommune. Undersøkelsen er gjort i forbindelse med en tidsbegrenset midlertidig utvidelse av maksimalt tillatt biomasse (MTB) ved anlegget fra 3120 tonn til 3600 tonn. De tre undersøkte stasjonene er alle lagt inntil anlegget hvorav den ene stasjonen (Vind 8) er undersøkt tidligere. Undersøkelsen som er gjort ved produksjons-topp, benytter MOM-C metodikk, men er ikke er en ordinær MOM-C undersøkelse. Denne miljøundersøkelsen ble utført av Uni Research, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-marin) på oppdrag fra Marine Harvest Norway as.

SAM-marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdene rundt oppdrettsanlegget. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi 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 ble sammenliknet med tidligere undersøkelser i området i den grad det var mulig. Det ble utført miljøundersøkelser i området i 2007 (Heggøy og Johansen 2008) og i 2010 (Johansen & Hatlen 2010). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), Veileder nr 1:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

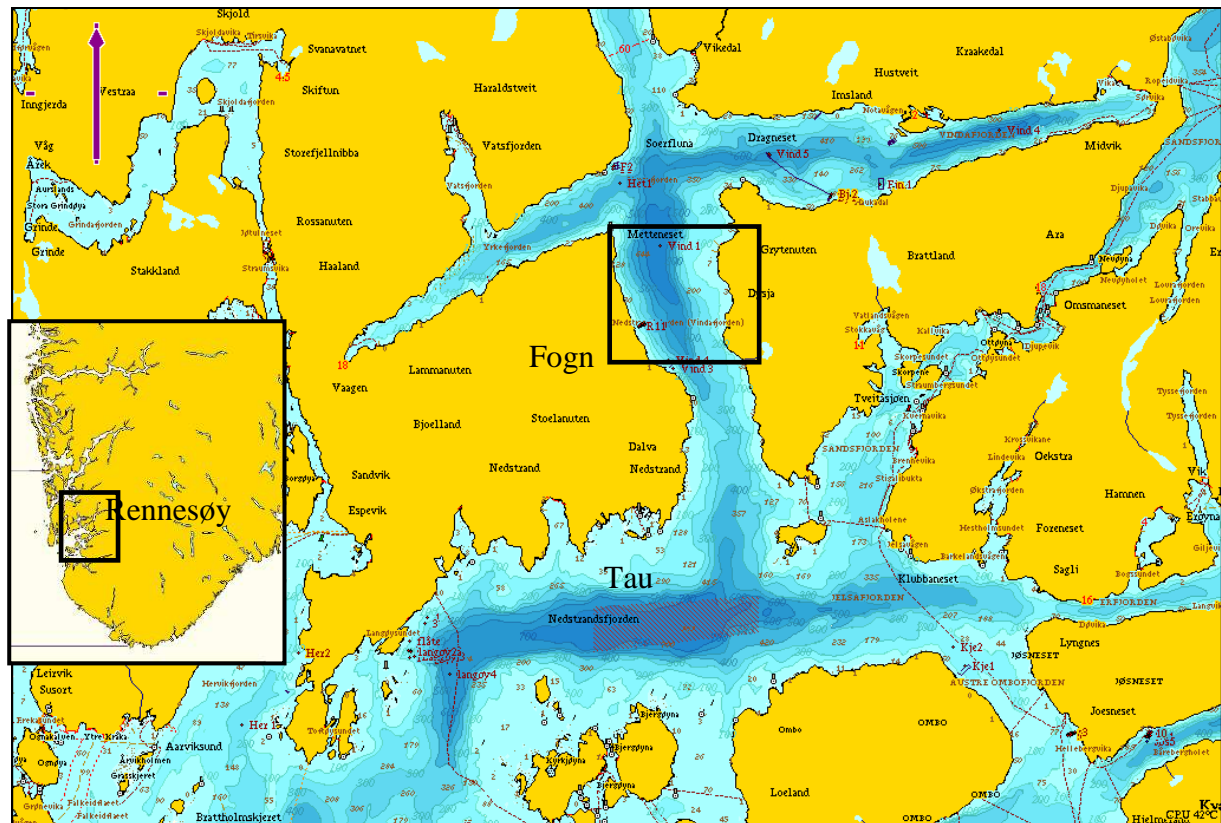
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger i Vindafjorden utenfor Ringja. (Figur 2.1 – 2.3). Under anlegget Ringja varierer dypet fra ca 50m innerst til over 100m ytterst. Det dypeste området i fjorden utenfor anlegget er på 720 m..

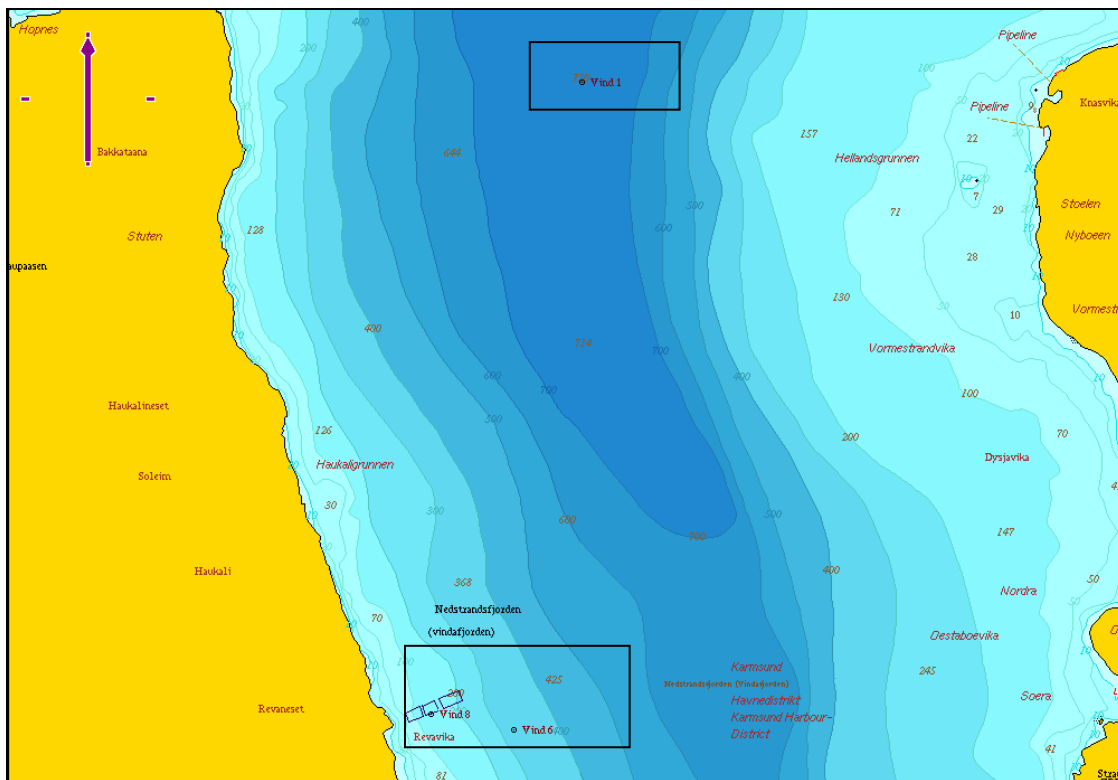
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 28 februar 2012. Det ble også utført hydrografimåling fra den dypeste delen av Vindafjorden (Vind 1). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Hydrografimålingene ble foretatt ved hjelp av en CTD-sonde (STD/CTD-sonde SD204). Dataene ble hentet ut og illustrert ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.

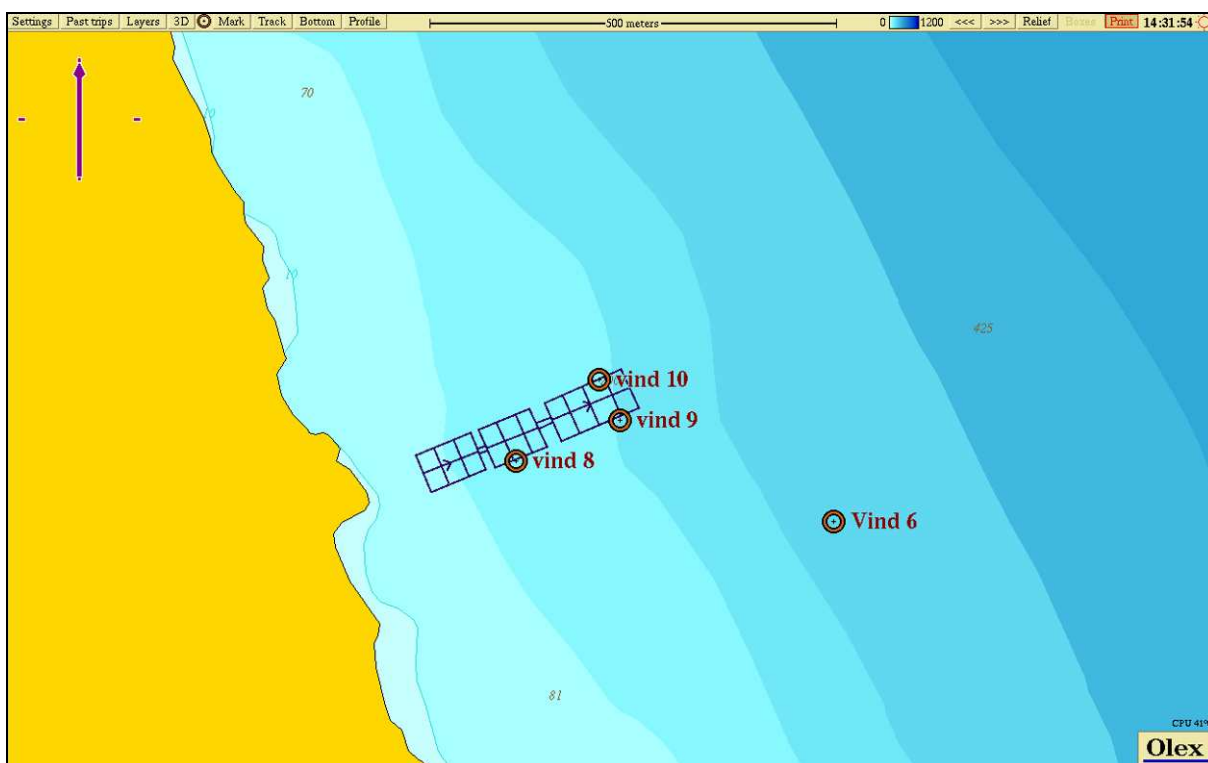


Figur 2.1. Oversiktskart som viser fjordsystemet rundt lokaliteten Ringja. Prøvetaksområdet er markert med en firkant. Kartkilde: Olex.

SAM-marin



Figur 2.2. Oversikt over anlegget og hydrografistasjonen Vind 1 ved Ringja i Vindafjorden. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Detallskisse over Vind 8, vind 9 og Vind 10 ved Ringja. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver og innsamlet 28.2.2012. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 21 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Vind 8 28.2.2012	Ringja 59 ° 24,3071'N 05 ° 51,7554'Ø	145	1 2	9 17	Sort sediment . Bobling. Sterk H ₂ S lukt. 2 bomhugg. Kjemi og geologi fra 1. hugg. Biologiprøver. Duograbb
St. Vind 9 28.2.2012	Ringja 59 ° 24,332'N 05 ° 51,106'Ø	206	1 2	6 8	Mellomgrått sediment. Myk i øvre laget. Leire og en del grus nede. Noe H ₂ S lukt Kjemi og geologi fra 1.hugg Biologiprøver. Duograbb
St. Vind 10 28.2.2012	Ringja 59 ° 24,361'N 05 ° 51,86'Ø	195	1 2	8 i.n.	Lyse grått sediment uten lukt på overflate. Skjell og børstemarkar. 1 bomhugg. Kjemi og geologi fra 1.hugg Biologiprøver. Duograbb

i.n. = ikkje notert

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 sedimentprøver til analyse av organisk innhold og kornfordeling fra fem 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)

SAM-marin

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 sediment-overflaten, 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 11885m. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. . Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i SFT's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

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

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil 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 tilsetting 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.

SAM-marin

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 Forurensingsdirektoratet) 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).

SAM-marin

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 vanddirektivet 1:2009). Normalisert TOC er korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse				
		I Meget/ svært god	II God	III Moderat/ mindre god	IV Dårlig	V 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 nærsone og overgangssone 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 Produksjonsdata fra anleggene

Forforbruket og produksjonen de tre foregående årene er vist i Tabell 2.4.

Tabell 2.4. Produksjon og fôrforbruk inneværende år, samt de 3 foregående år i tonn:

	2009	2010	2011	Fram til 28.02.12
Produksjon	3768	2063	3926	572
Fôrforbruk	4530	1861	4524	581

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

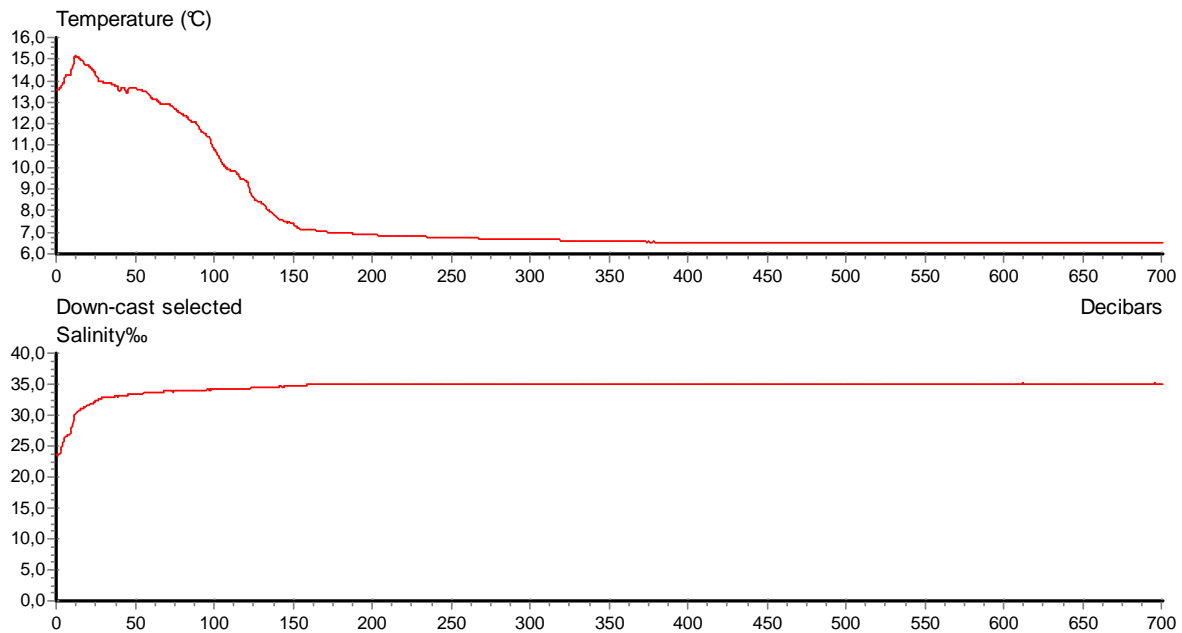
Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til 500 m i fjorden utenfor anlegget (stasjon Vind 1). Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene i Vindafjord, utenfor Ringja 22.9.2011.

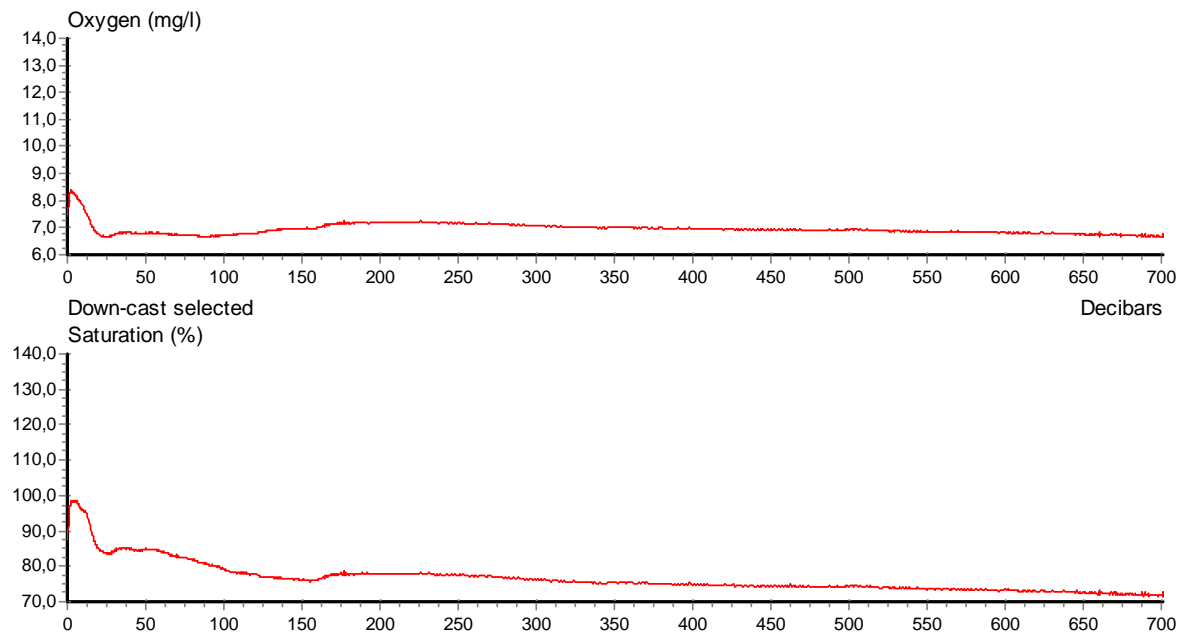
Stasjon Dato	Dyp (m)	Salinitet (psu)	Temp. (°C)	Oks. met. (%)	Oksygen (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Tetthet (σ^t)
Vind 1 22.09.2011	1	23,57	13,62	96,27	8,21	5,78	17,448
	2	23,59	13,63	98,24	8,37	5,89	17,472
	3	24,38	13,72	98,25	8,32	5,86	18,067
	5	25,87	13,95	98,39	8,21	5,78	19,180
	7	26,73	14,25	97,67	8,06	5,68	19,786
	10	28,08	14,58	96,05	7,81	5,50	20,775
	15	30,89	15,02	90,52	7,17	5,05	22,872
	20	31,56	14,72	85,12	6,75	4,75	23,476
	25	32,25	14,27	83,34	6,65	4,68	24,116
	30	32,81	13,92	84,82	6,79	4,78	24,644
	40	33,05	13,53	84,78	6,83	4,81	24,958
	50	33,41	13,65	85,04	6,82	4,80	25,257
	60	33,67	13,25	84,12	6,79	4,78	25,586
	70	33,84	12,89	83,05	6,75	4,75	25,831
	80	33,93	12,43	81,69	6,70	4,72	26,037
	90	33,95	11,89	80,58	6,69	4,71	26,199
	100	34,16	10,86	79,17	6,71	4,73	26,599
	125	34,41	8,59	76,91	6,85	4,82	27,286
	150	34,71	7,42	76,11	6,96	4,90	27,815
	175	34,98	7,00	77,73	7,17	5,05	28,206
	200	35,01	6,92	77,75	7,18	5,06	28,355
	225	35,02	6,81	77,96	7,22	5,08	28,492
	250	35,03	6,76	77,53	7,18	5,06	28,624
	275	35,05	6,68	76,85	7,13	5,02	28,765
	300	35,06	6,65	76,15	7,07	4,98	28,888
	325	35,06	6,63	75,56	7,02	4,94	29,007
	350	35,08	6,59	75,35	7,01	4,94	29,138
375	35,10	6,56	74,97	6,98	4,92	29,271	
400	35,10	6,55	74,84	6,97	4,91	29,390	
425	35,11	6,54	74,53	6,94	4,89	29,514	
450	35,11	6,53	74,49	6,94	4,89	29,629	
475	35,12	6,52	74,11	6,90	4,86	29,752	
500	35,10	6,51	74,38	6,93	4,88	29,851	
550	35,10	6,51	73,51	6,85	4,82	30,122	
600	35,10	6,51	73,33	6,83	4,81	30,352	
650	35,10	6,51	75,64	6,77	4,77	30,586	

SAM-marin

File name: Sampling sept 2011.38 med sedimentstasjoner.SD2rval: 1 seconds
Measurement series number: 18 SD204, Serial No: 714, AP966,30
Data displayed from: 15:34:03 - 22.Sep-11 (No. 9405) To: 16:02:13 - 22.Sep-11 (No: 11095)



File name: Sampling sept 2011.38 med sedimentstasjoner.SD2rval: 1 seconds
Measurement series number: 18 SD204, Serial No: 714, AP966,30
Data displayed from: 15:34:03 - 22.Sep-11 (No. 9405) To: 16:02:13 - 22.Sep-11 (No: 11095)



Figur 3.1. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygeninnhold (mg/l) målt med CTD-sonde fra overflaten og til ca 680 meter dyp i Vindafjorden utenfor Ringja 22.9.2011.

Saltholdigheten varierte fra 23,6 i overflaten til 35,1 psu i 650 m dyp. Temperaturen i 650 m dyp var 6,5° C ved Ringja (Tabell 3.1). Oksygeninnholdet i bunnvannet som regel lavest i høst/vinterhalvåret og målingene fra 22.9.2012 vil representere en tidsrom hvor en forventer de laveste oksygenmålingene. Oksygeninnholdet gikk fra 96,3 % i overflaten til 75,6 % i 650

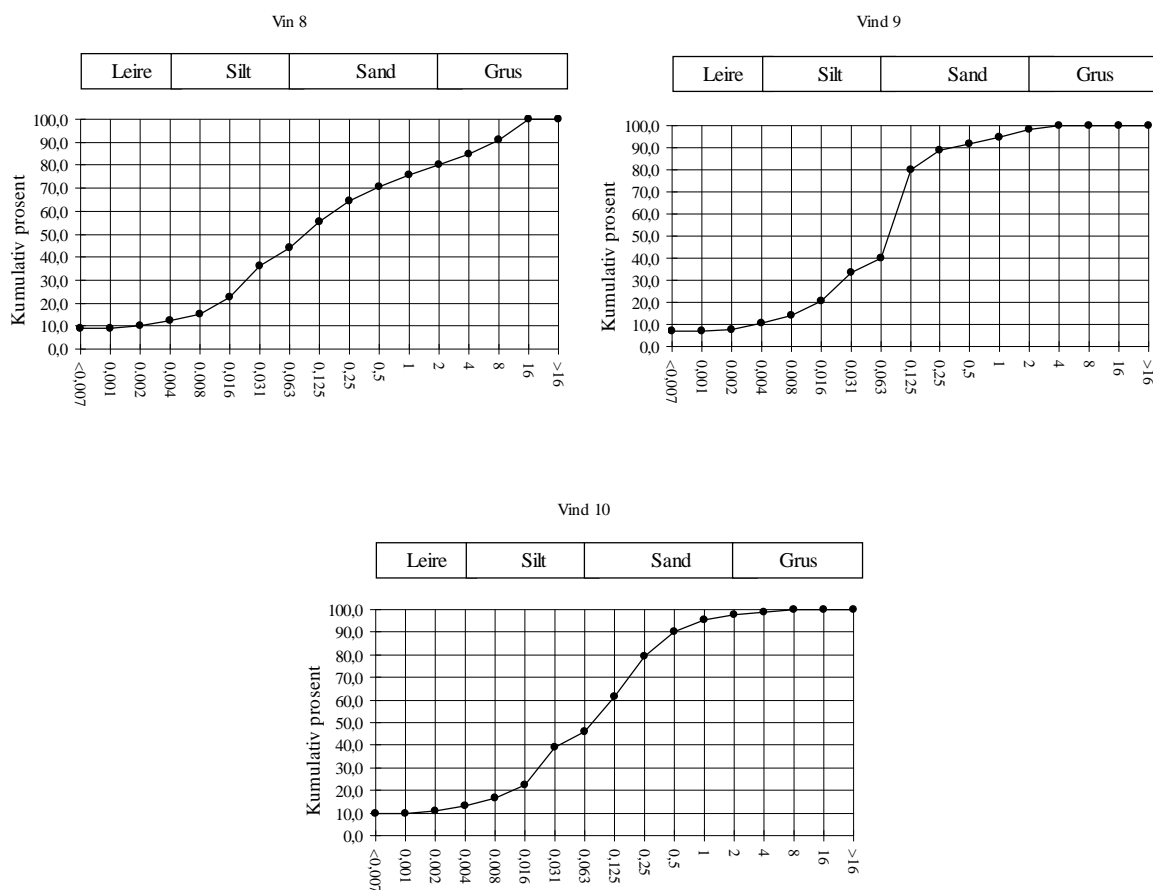
SAM-marin

m dyp. Oksygeninnholdet i overflaten var 5,78 ml/l i overflatelaget og sank til 4,75 ml/l i 20 m dyp. Deretter økte oksygeninnholdet til 5,1 ml/l i 200-250 m dyp før det sank til 4,77 ml/l i 650 m dyp. Dette tilsvarer tilstandsklasse I (meget god) for bunnvannet.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene ved Ringja er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

Bunnen på de tre stasjonene som det ble tatt prøver fra, varierte fra 145 m til 206 m. Det organiske innholdet var høyt og varierte mellom 20,5 % til 22,9 %. Leir/silt innholdet var 40-46 %, mens innslaget av sand var fra 36 % til 58 %. Grusfraksjonen var 20 % på Vind 8 og noe som også skyldes at det var mye skall fra blåskjell i sedimentprøven.



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Ringja i 2012.

Tabell 3.2. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Ringja 28. februar 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Vind 8	145	20,7	12	32	44	36	20
Vind 9	206	22,9	11	29	40	58	2
Vind 10	195	20,5	13	32	46	52	2

3.3 Kjemi

Sediment analyser

De undersøkte kjemiske parametrene er vist i Tabell 3.3. Kobberinnholdet i sedimentet var høyest ved Vind 8 og fikk tilstandsklasse V (meget dårlig), mens de to andre stasjonene fikk tilstandsklasse IV (dårlig). Sink innholdet varierte fra tilstandsklasse IV på Vind 8 til tilstandsklasse III (moderat) på de to andre stasjonene. Fosfornivåene var høye på alle stasjonene og mest ved Vind 8.

TOC-innholdet på Vind 1 fikk tilstandsklasse V (meget dårlig) på alle tre stasjonene. Metodene for beregning av TOC imidlertid ikke tilpasset fjordsystemer (Aure et al. 1993) og dette må en ta hensyn til når en vurderer klassifiseringen. Det organiske innholdet (glødetap) lå i størrelsesorden 20,5-22,9 % og var betydelig høyere enn det som er forventet på dette dypet i norske fjorder.

Tabell 3.3. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet ved Ringja i 2012. Tilstandsklasser (T.K.) for sink, kobber og total organisk karbon (TOC) er oppgitt etter KLIF's (Klima- og forurensingsdirektoratet) klassifisering (Bakke et al. 2007).

Stasjon	Dyp m	Kobber mg/kg TS	KLIF's TK	Fosfor g/kg TS	Sink mg/kg TS	KLIF's TK	TOC (g/100g)	Norm. TOC	KLIF's TK	Tørr-Stoff %
Vind 8	145	330	V	24	700	IV	87	97,1	V	42,8
Vind 9	206	150	IV	16	500	III	81	91,8	V	43,0
Vind 10	195	100	IV	22	410	III	73	82,7	V	48,7

Måling av pH og Redokspotensial

Resultatene fra pH og redokspotensialet (E_h) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Det var gassutvikling i prøven fra Vind 8...

Målingene av pH og E_h plasserte sedimentet fra stasjon Vind 8 i tilstand 4, mens de to øvrige stasjonene fikk tilstand 2, i henhold til parametrene i gruppe II i MOM-B standarden (Tabell 3.4).

Tabell 3.4. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de tre undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/ E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand Gruppe II
Vind 8	6,80	-51	4	4
Vind 9	7,21	-9	2	2
Vind 10	7,12	65	2	2

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5-3.7, Figur 3.3-3.4 og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mars 2012. De fleste bløtbunnsarter 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 fiskeekskrementer) 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 stoff.

På stasjon Vind 8 som ligger nærmest anlegget på 145 m dyp, ble det i 28. februar 2012 funnet 3 arter med tilsammen 211 individer ($0,2 \text{ m}^2$) (Tabell 3.5). Børstemarkene *Palpiphitime lobifera*, *Vigtorniella ardabilia* og *Capitella capitata* utgjorde henholdsvis 98,6 %, 0,9 % og 0,5 % av alle individene. I 2010 ble det på denne stasjonen funnet 5005 individer fordelt på fire arter: børstemarkene *Capitella capitata*, *Prionospio steenstrupi* og *Paramphinome jeffreysii* som utgjorde henholdsvis 99,7 %, 0,2 % og 0,02 %. Den siste arten, skjellet *Mytilus edulis* har trolig falt ned frå anlegget. *Capitella capitata* opptrer ofte i store mengder der det er mye organisk materiale. Fra 2010 til 2012 sank andelen av *Capitella capitata* mens andelen av *Palpiphitime lobifera* økte. Børstemarkene *Palpiphitime lobifera*, *Vigtorniella ardabilia* forekommer er tidligere funnet i hvalkadavere og under

SAM-marin

oppdrettsanlegg i sammenheng med meget sterkt organisk forråtnelse. At *Palpiphitime lobifera* har erstattet *Capitella capitata* samtidig som individantallet har sunket, indikerer at forholdene på denne stasjonen var blitt dårligere i 2012 enn i 2010. Diversitetsindeksen NQII var 0,19 i 2010 og 0,15 i 2012. (KLIFs tilstandsklasse V - meget dårlig ved undersøkelsene i 2012 og 2010). Grafen for de geometriske klassene gir det samme bilde for 2010 og 2012. Etter MOM-klassifiseringen får stasjonen tilstandsklasse 3 (dårlig) i 2012 som i 2010.

Stasjon Vind 9 ligger også inntil oppdrettsanlegget på 206 m dyp. På Vind 9 ble det i 2012 funnet 7 arter med til sammen 331 individer ($0,2 \text{ m}^2$) (Tabell 3.5). NQII diversitetsindeksen var 0,28. Den mest tallrike arten var børstemarken *Capitella capitata* med 93,7 % av alle individene i prøvene. At stasjonen bærer preg av påvirkning framgår også grafen for de geometriske klassene.. Stasjon Vind 9 fikk MOM bunntilstand 3 (dårlig) ved undersøkelsen i februar 2012.

Stasjonen Vind 10 ligger på 195 m dyp. På denne stasjonen ble det funnet 5662 individer fordelt på 5 arter. NQII diversitetsindeksen var 0,22. Den dominerende arten av også her *Capitella capitata* med 93,5 % av alle individene. De geometriske klassene viser at stasjonen Vind 10 er sterkt påvirket av organisk tilførsel. Stasjonen får tilstand 3 (dårlig) etter MOM klassifiseringen.

Faunsammensetningen målt på stasjonsnivå viser at Vind 8 i 2010 hadde en likhet med faunaen på stasjonene Vind 9 og Vind 10 fra 2012 på 62 %, mens Vind 8 fra 2012 skilte seg fra disse med en likhet på kun 29 % (Figur 3.4). Det var godt samsvar mellom de to parallelle huggene på de tre undersøkte stasjonene i 2012. Stasjon Vind 8 hadde en likhet på 21 % med Vind 9 og Vind 10 i 2012 målt på huggnivå. Vind 9 og vind 10 hadde på huggnivå en likhet på 60 %. MDS-figuren gir det samme situasjonsbildet.

Konklusjon

Alle tre stasjonene hadde dårlige bunnforhold, klassifisert til MOM-tilstand 3. Den innerste stasjonen hadde dårligere bunnforhold i 2012 enn det som ble observert i 2010. Både arts og individantallet var lavt på de to innerste stasjonene, mens stasjonen lengst øst hadde høyt indiviantall og lavt artsantall. Helhetsinntrykket er at bunnforholdene var dårligst nærmest land.

SAM-marin

Tabell 3.5. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H'_{max}) for hver enkelt prøve (grabbhugnummer) og totalt for hver stasjon ved Ringja i 2012.

Stasjon	År	Hugg	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H)'	KLIF T.kl.	Jevnhet J	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM T.kl.
Vind 8	2010	sum	5005	4	0,03	-	0,01	2,00	5,99	0,19	0,07	3
		1	24	1	0,00			0,00	7,00	0,00	0,00	
		2	187	3	0,13		0,08	1,58	6,00	0,19	0,08	
Vind 8	2012	sum	211	3	0,12	-	0,08	1,58	6,50	0,15	0,05	3
		1	46	1	0,00			0,00	6,00	0,07	0,07	
		2	285	7	0,54		0,19	2,81	5,93	0,28	0,12	
Vind 9	2012	sum	331	7	0,48	-	0,17	2,81	5,96	0,28	0,11	3
		1	3642	5	0,28		0,12	2,32	5,93	0,22	0,10	
		2	2020	4	0,54		0,27	2,00	5,85	0,21	0,13	
Vind 10	2012	sum	5662	5	0,39	-	0,17	2,32	5,89	0,22	0,11	3

Tabell 3.6. De ti mest tallrike artene ved Ringja. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene for Vind 8 i 2010 og 2012, samt for Vind 9 og Vind 10 i 2012.

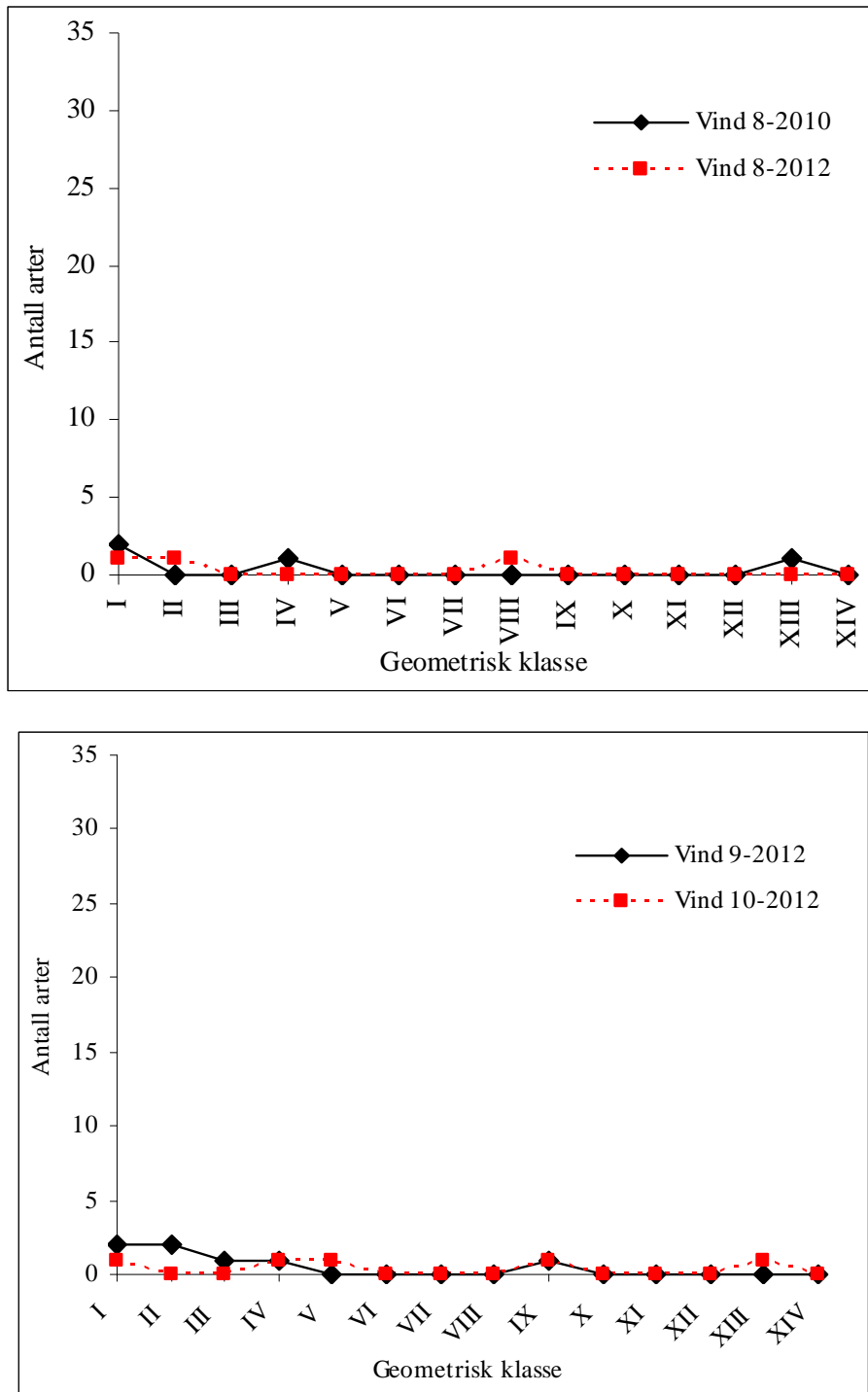
Vind 8 2010	Antall individer	prosent	0,2 m ² kum %
Capitella capitata	4992	99,7	99,7
Prionospio steenstrupii	11	0,2	100,0
Paramphinome jeffreysii	1	0,02	100,0
Mytilus edulis	1	0,02	100,0

Vind 8 2012	Antall individer	prosent	0,2 m ² kum %
Palpiphitime lobifera	208	98,6	98,6
Vigtorniella ardabilia	2	0,9	99,5
Capitella capitata	1	0,5	100,0

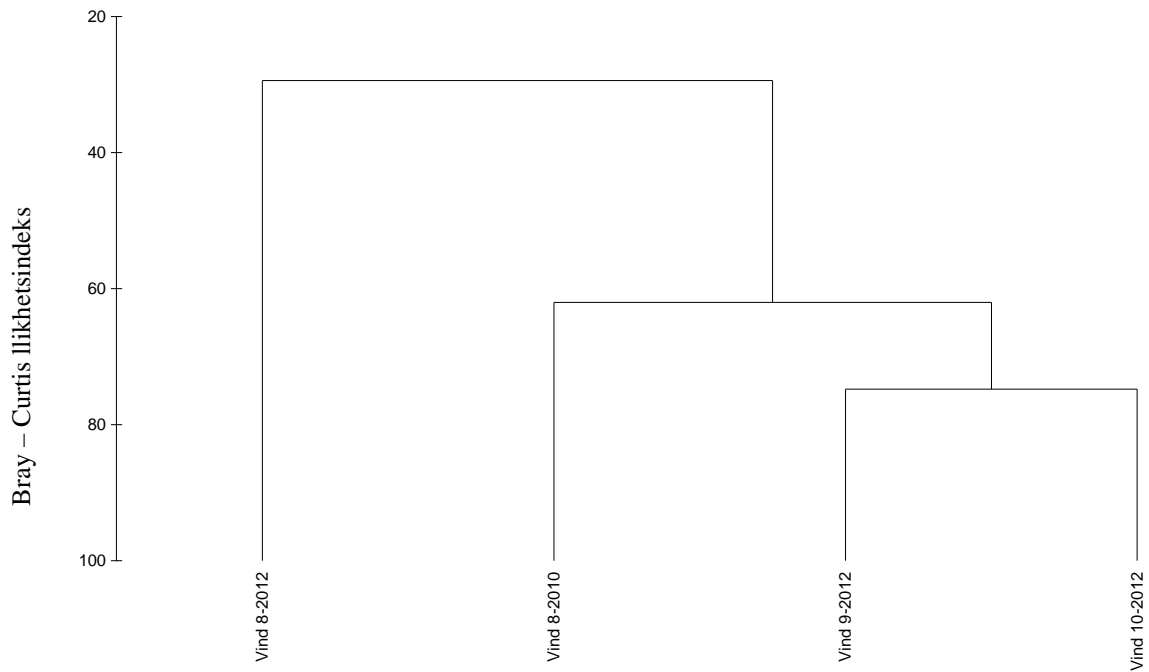
Vind 9 2012	Antall individer	prosent	0,2 m ² kum %
Capitella capitata	310	93,7	93,7
Palpiphitime lobifera	8	2,4	96,1
Prionospio steenstrupii	5	1,5	97,6
Vigtorniella ardabilia	3	0,9	98,5
Thyasira sarsii	3	0,9	99,4
Lipobranchus jeffreysii	1	0,3	99,7
OLIGOCHAETA indet.	1	0,3	100,0

Vind 10 2012	Antall individer	prosent	0,2 m ² kum %
Capitella capitata	5296	93,5	93,54
Prionospio steenstrupii	320	5,7	99,19
Thyasira sarsii	30	0,5	99,72
Palpiphitime lobifera	15	0,3	99,98
Phyllodoce mucosa	1	0,0	100,00

SAM-marin

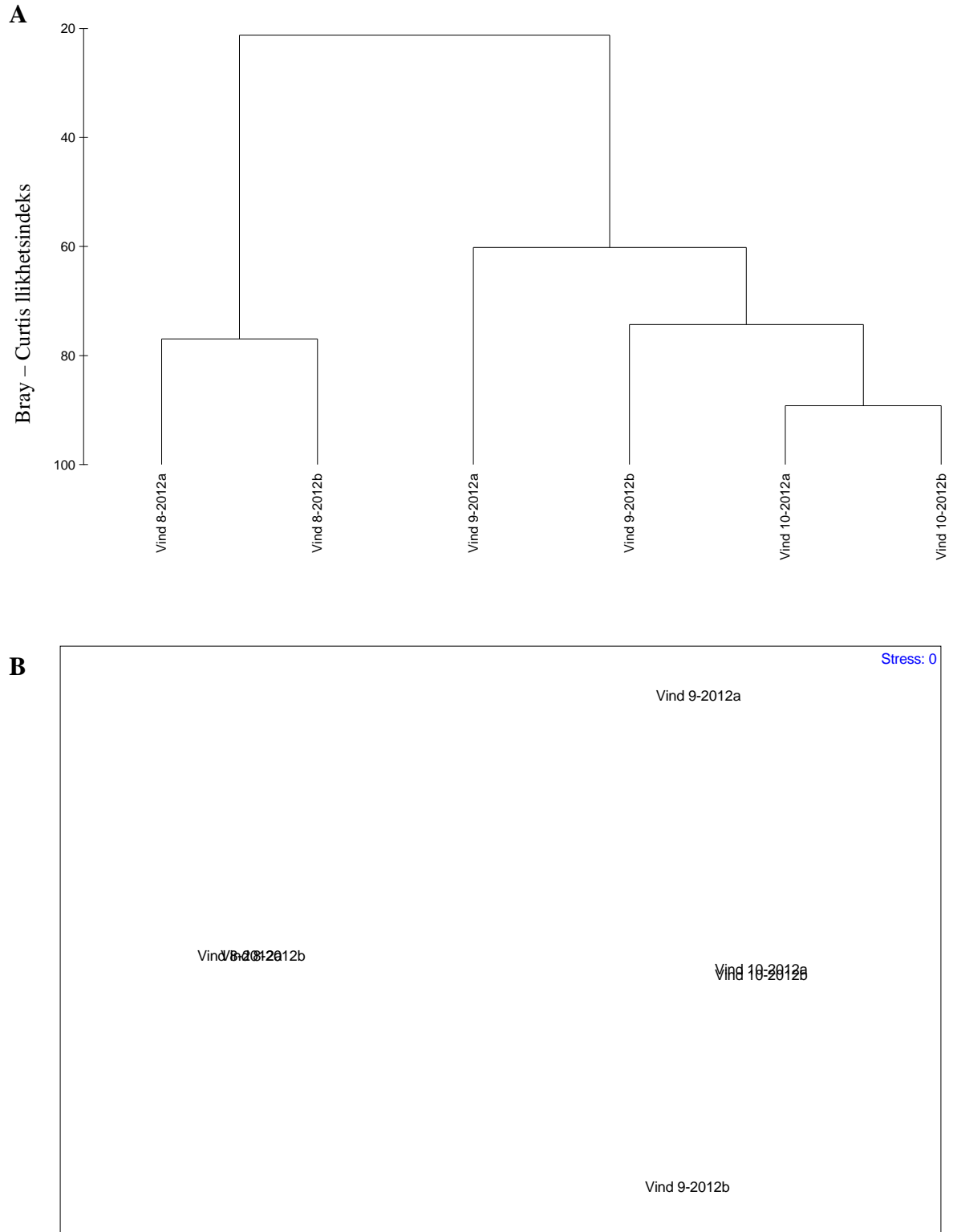


Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.



Figur 3.4. Cluster-analyse på stasjonsnivå av Vind 8 i 2010 og 2012 samt Vind 9 og Vind 10 fra 2012. De multivariate beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte og standardiserte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks.

SAM-marin



Figur 3.5. A) Clusteranalyse på huggnivå fra 2012 B) MDS-analyse på huggnivå fra 2012. De multivariate beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte og standardiserte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten ved Ringja, Vindafjorden i Tysvær kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden ved anlegget basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser gjennomført 28. februar 2012. En kortfattet oppsummering av resultatene er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Oppsummering av resultatene fra undersøkelsen ved Ringja 28. februar 2012. Miljøtilstanden er klassifisert etter KLIF's tilstandsklasser og MOM-miljøtilstand.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold	pH/Eh tilstand	Normal. TOC	Kobber T.kl.	Sink T.kl.	Fauna KLIF's tilstands klasse	MOM Bunn-tilstand
Vind 8	145	20,7	4	V	V	IV	(V)	3
Vind 9	206	22,9	2	V	IV	III	(V)	3
Vind 10	195	20,5	2	V	IV	III	(V)	3

Hydrografimålingene viste at det var gode oksygenforhold i dypet av Vindafjorden og lå i tilstandsklasse 1 (meget god). Sedimentet ved referansestasjonen og i overgangsonen var finkornet. pH/Eh-målingene viste dårligst tilstand på Vind 8 i tillegg til at det var gassdannelse i sedimentet på denne stasjonen. Det organiske innholdet var høyt på alle tre stasjonene. Sedimentet inneholdt fra 40 til 46 % leir/silt. Konsentrasjonene av kobber, sink og fosfor var høyest på Vind 8, men også forhøyet på de to andre stasjonene.

De tre stasjonene som det var tatt prøver fra, var alle plassert inntil oppdrettssanlegget. Alle stasjonene hadde bunnforhold klassifisert til MOM-tilstand 3 (dårlig). Den innerste stasjonen hadde dårligere bunnforhold i 2012 enn det som ble observert i 2010. Både arts og individantallet var lavt på de to innerste stasjonene, mens stasjonen lengst øst hadde høyt individantall og lavt artsantall. Helhetsinntrykket er at bunnforholdene var dårligst på stasjonen som lå nærmest land.

5 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trfiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og samlerapport 1990-91. *Niva-Rapport*. 100 s.
- 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.
- 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*.
- Heggøy E, Johansen P-O 2008. MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Ringja i Vindafjorden, Tysvær kommune i 2007. SAM e-Rapport nr. 9-2008. 32 s.
- Johansen P-O, K. Hatlen 2010. Momc undersøkelse ved Ringja SAM e-Rapport 10-2010. 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.

6 VEDLEGG

<i>GENERELL VEDLEGGSDDEL</i>	26
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	34
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	36
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	37
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i>	38

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

Geometriske klasser

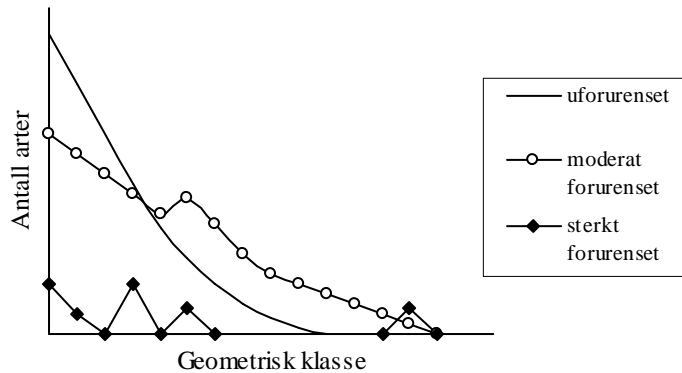
På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer,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

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

SAM-marin



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:

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

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 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 faunaeksperter. 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 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:

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

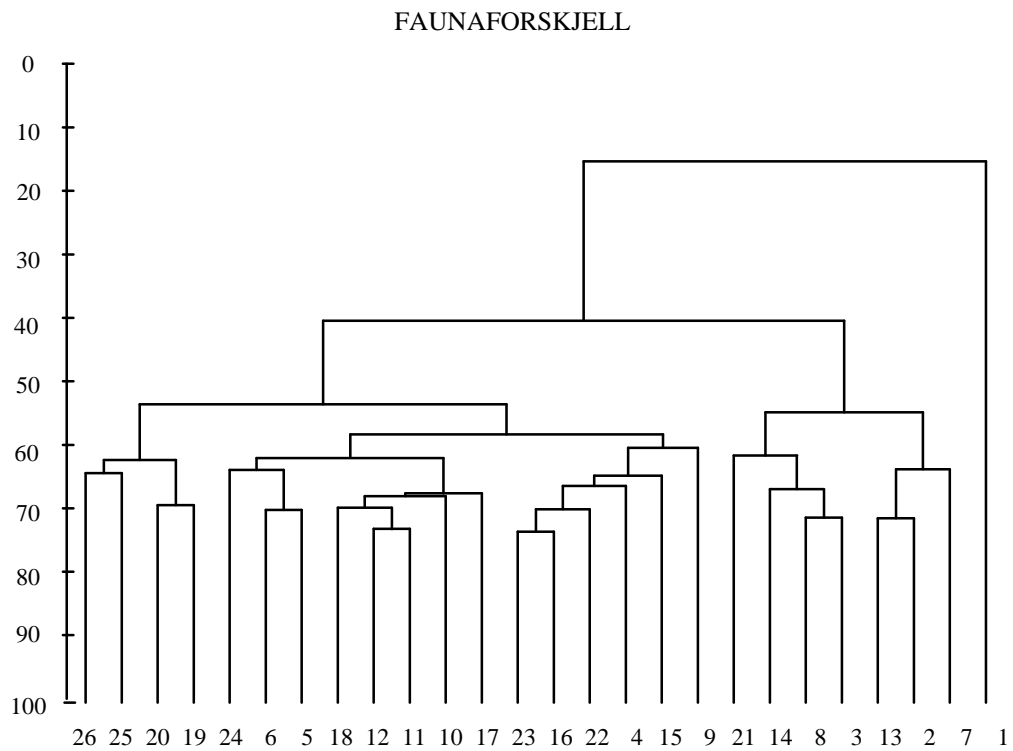
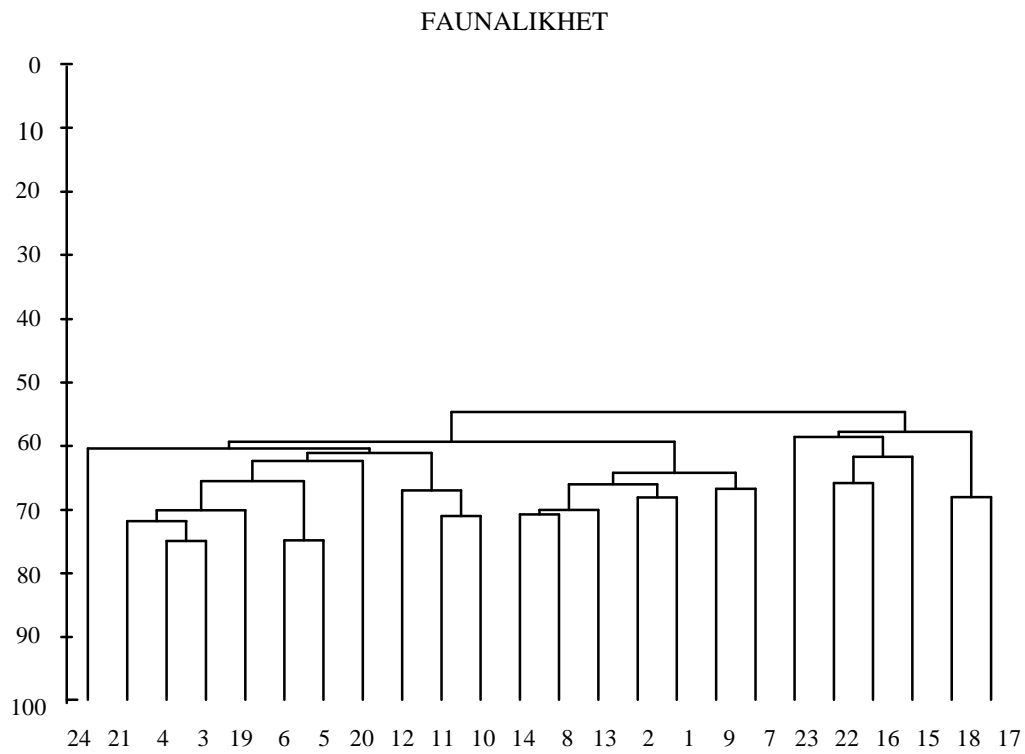
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

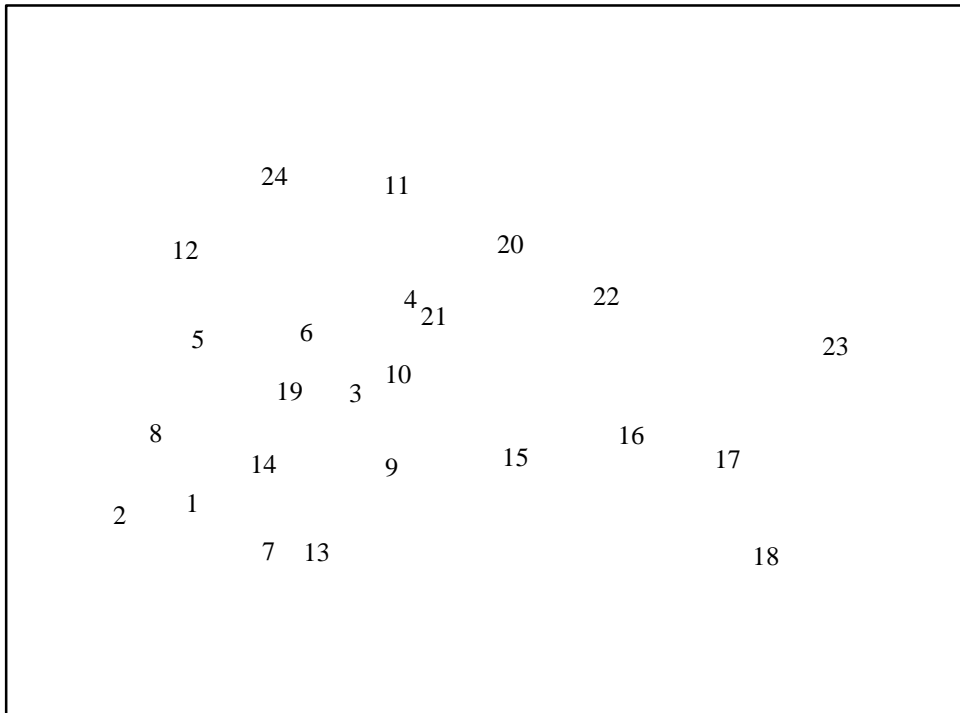
SAM-marin



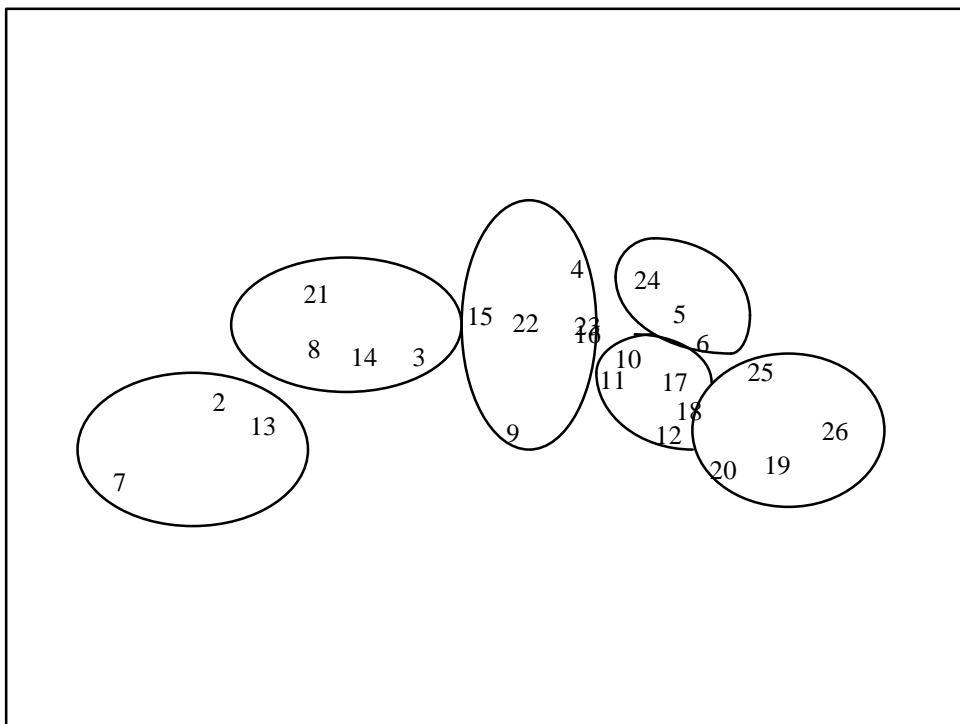
Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

SAM-marin

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.

SAM-marin

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Marine Harvest

Dato: 28.02.2012

Lokalitet: Ringja

Konsjonsnr:

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks		
			Vind8	Vind9	Vind10								
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0									
I	Tilstand (Gruppe I)												
II	pH	verdi	6,8	7,21	7,12								
	E _h (mv)	verdi	-330	-288	-214								
		+ ref. verdi	-51	-9	65								
	pH/E _h	fra figur	4	2	2								
	Tilstand, prøve		4	2	2								
	Tilstand, gruppe II												
			Buffer ter 10,8		Temp sjø 5,9	Temp sediment: 8							
			pH sjø: 7,85		Eh sjø: 278	Ref. elektrode 279							
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):												
	28.02.2012 TE												
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	4	0	0								
	Farge	Lys/Grå = 0			0								
		Brun/Sort = 2	2	1									
	Lukt	Ingen = 0			0								
		Noe = 2		2									
		Sterk = 4	4										
	Konsistens	Fast = 0											
		Myk = 2		2	2								
		Løs = 4	3										
	Grabb- volum	$v < 1/4 = 0$											
$1/4 \leq v < 3/4 = 1$		1	1	1									
$v \geq 3/4 = 2$													
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0			0									
	2 - 8 cm = 1	1	1										
	$t \geq 8 \text{ cm} = 2$												
	SUM		15	7	3								
	Korrigert sum (*0,22)		3,30	1,54	0,66								
	Tilstand prøve		4	2	1								
	Tilstand gruppe III												
	Middelverdi gruppe II og III		3,65	1,77	1,33								
	Tilstand gruppe II og III												
pH/Eh	Korr. sum		Tilstand		Tilstand		Lokalitetstilstand						
	Indeks		Gruppe I	Gruppe II og III									
	Middelverdi		A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4							
	< 1,1	1	4	1, 2, 3		1, 2, 3							
	1,1 - < 2,1	2	4	4		4							
2,1 - < 3,1	3	LOKALITETSTILSTAND											
≥ 3,1	4												

SAM-marin

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Marine Harvest

Dato: 28.02.2012

Lokalitet: Ringja

Konsesjonsnr:

Prøvetakingssted (nr)		Vind8	Vind9	Vind10						
Dyp (m)		135	206	195						
Antall forsøk		3	2	1						
Bobling (i prøve)		J	N	N						
Primær-sediment	Grus	50 %	35 %							
	Skjellsand									
	Sand	20 %	20 %							
	Mudder	15 %	20 %							
	Silt	15 %								
	Leire		30 %							
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall										
Børstemark, antall										
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer										

Mye blåskjell og grus

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): Marine Harvest
Prosjekt nr.: 806419
Prøvetakingssted (område): Ringja
Dato for prøvetaking: 28.02.2012
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 checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>			<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: 1 sider.

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

P. O. Johannessen
Signatur:.....
Godkjent taksonom

SAM-marin

Marine Harvest	Vind 8	Vind 8	Vind 9	Vind 9	Vind 10	Vind 10
Ringja - MomC	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012	28.2.2012
Type beskrivelse	1. hugg	2.hugg	1. hugg	2.hugg	1. hugg	2.hugg
* PORIFERA indet.					+	
* Hydrozoa indet.						+
* NEMATODA indet.	2	3	ca. 30	ca. 70	ca.2000	ca.1000
Polychaeta						
Paramphinome jeffreysii					1	
Phyllodoce mucosa					2	13
Palpiphitime lobifera	24	184		8	128	192
Prionospio steenstrupii				5		
Vigtorniella ardabilia		2		3		
Lipobranchus jeffreysii				0/1		
Capitella capitata		1	46	264	3488	1808
OLIGOCHAETA indet.				1		
Crustacea						
* Calanus finmarchicus	11	6	10	1		7
* Metridia longa					1	
* Nebalia sp.						1
Mollusca						
Mytilus edulis						
Thyasira sarsii				3	19/4	7
* Bryozoa skorpeformet	+	+			+	+
Echinodermata						
* Ophiuroidea indet.				+		
* PISCES egg.						1
* VARIA	+					+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

	Vind 8- 2010	Vind 8- 2012	Vind 9- 2012	Vind 10- 2012
I	2	1	2	1
II	0	1	2	0
III	0	0	1	0
IV	1	0	1	1
V	0	0	0	1
VI	0	0	0	0
VII	0	0	0	0
VIII	0	1	0	0
IX	0	0	1	1
X	0	0	0	0
XI	0	0	0	0
XII	0	0	0	0
XIII	1	0	0	1
XIV	0	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. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-001081-01



EUNOBE-00002919

Prøvemottak: 16.04.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 16.04.2012-30.04.2012
Referanse: PO: 806419 19/12

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0416-080	Prøvetakingsdato:	28.02.2012	
Prøvetype:	Saltvannsedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerkning:	Vind 8, 145 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)				
Totalt fosfor (P)	24000	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	330	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	700	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	87	mg/g tv	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	42.8	% (v/v)	EN 14346	0.1

Prøvenr.:	441-2012-0416-081	Prøvetakingsdato:	28.02.2012	
Prøvetype:	Saltvannsedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerkning:	Vind 9, 206 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)				
Totalt fosfor (P)	16000	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	150	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	500	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	81	mg/g tv	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	43	% (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 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-001081-01



EUNOBE-00002919



Prøvenr.:	441-2012-0416-082	Prøvetakingsdato:	28.02.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 10, 195 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	22000	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	100	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	410	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	73	mg/g tv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	48.7	% (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, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 30.04.2012

Kristine Fiane Johnson

Laboratorieingeniør

Tegnforklaring:

* (ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Sterre 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