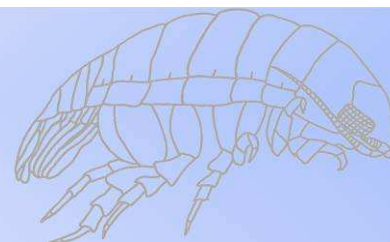


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
UNI - RESEARCH



e-Rapport nr. 8-2010

MOM-C undersøkelse i Kobbavika i Finnøy kommune

Kristin Hatlen

Per-Otto Johansen



Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse i Kobbavika i Finnøy kommune	Dato: 21.5.2010
	Antall sider og bilag: 38 s.
Forfatter(e): Kristin Hatlen og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Kristin Hatlen
	Prosjektnummer: 803736

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

Abstract:

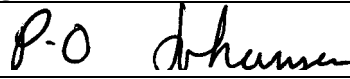

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions in a fish farm in Kobbavika based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution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

The oxygen concentration was satisfactorily high in the water column. Elevated levels of copper and phosphorous were found at the site closest to the fish farm. Apart from that, no contamination was detected. Sand and mud were the dominating sediment types in Kobbavika, and the deepest site had the finest grain size distribution. The bottom fauna was disturbed in closest proximity to the fish farm. At the intermediate site, a slight impact was detected, while the deepest and outermost site was undisturbed.

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment Hydrography	Emneord: Fiskeoppdrett Resipient Bunndyr Sediment Hydrografi
---	---

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 8-2010

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	21.5.2010	
Prosjektet / undersøkelsen:	21.5.2010	

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MATERIALE OG METODER.....	5
2.1 Undersøkelsesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	5
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr	9
2.3 Produksjonsdata fra anleggene.....	11
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	12
3.1 Hydrografi	12
3.2 Sediment.....	15
3.3 Kjemi.....	16
3.4 Bunndyr	17
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR.....	23
7 VEDLEGG.....	24

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Kobbavika i Finnøy kommune. Innsamlingene ble gjennomført 2-3 februar 2010. Undersøkelsen er utført av 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 oppdrettsanleggene. 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. Resultatene vurderes opp mot SFT's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), og mot C- delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

2 MATERIALE OG METODER

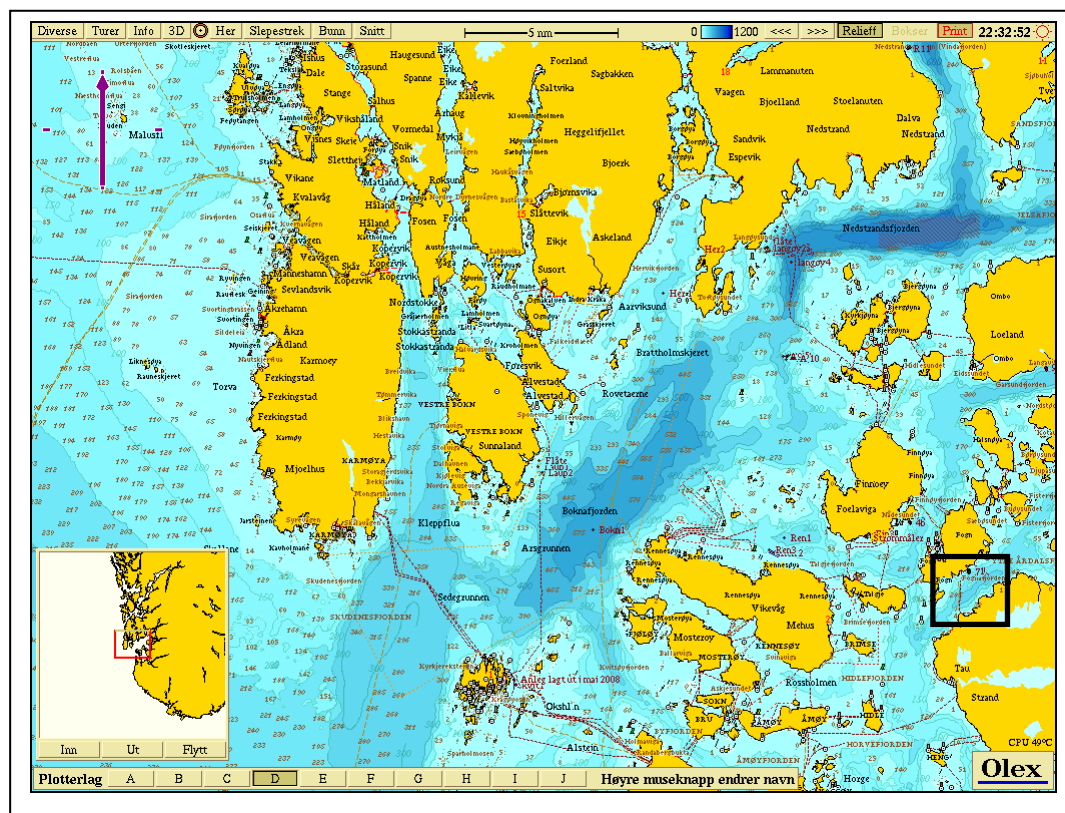
2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger i Kobbavika, nordøst på Fogn i Finnøy kommune. (Figur 2.1 – 2.3). Sjøbunnen under anlegget er ca. 120 m til ca. 200 m dyp. Bunnen heller videre mot nordøst til ca 300 m i dypet av fjorden utenfor.

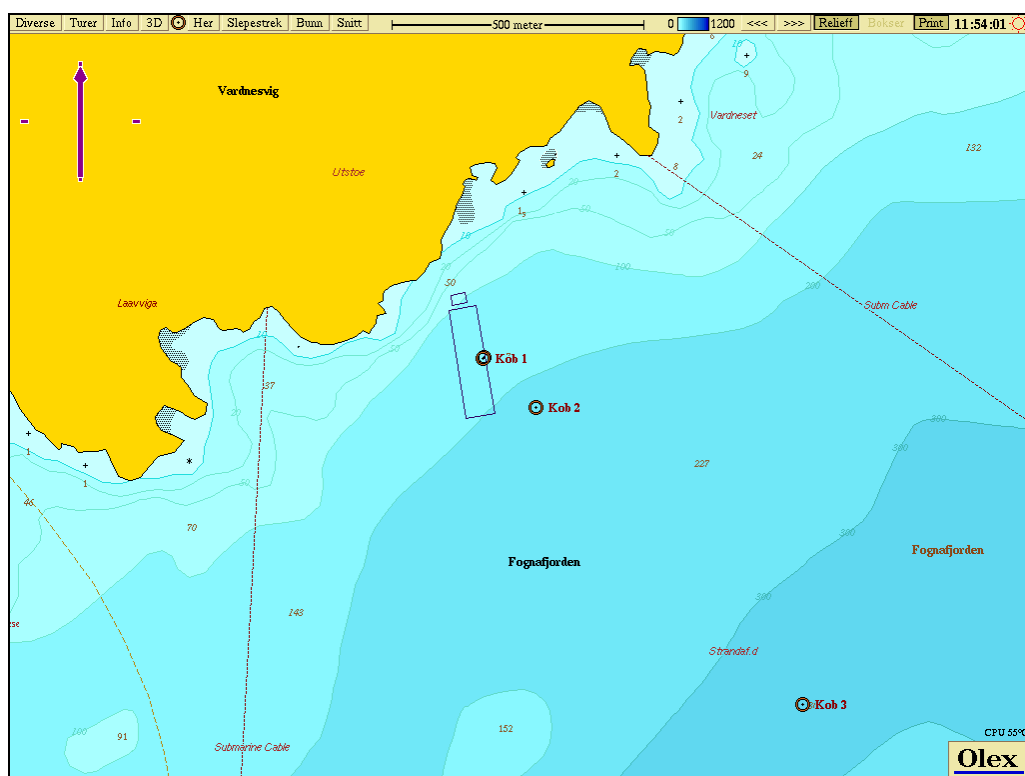
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 2.-3. februar i 2010. Det ble tatt en prøve tett på anlegget, en i overgangssonen og en på det dypeste punktet i fjorden. Grunnet tap av en grabb, måtte det siste hugget ved den sistnevnte posisjonen utsettes til påfølgende dag.

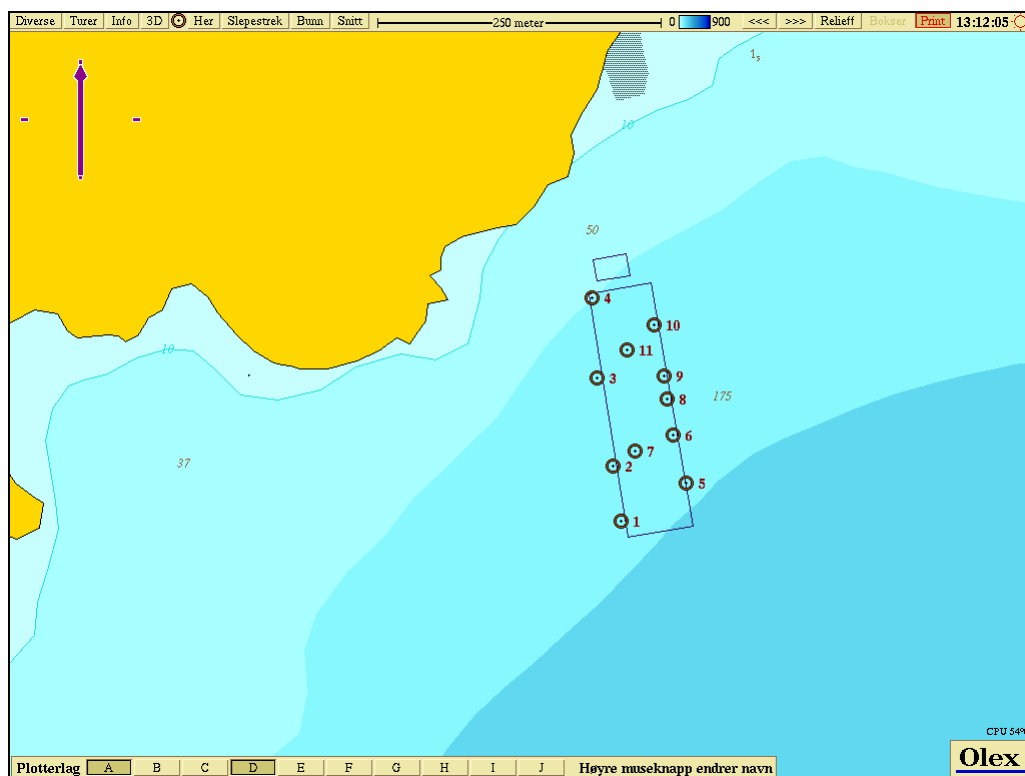
Ved den dypeste posisjonen, ble det også utført hydrografimålinger. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Hydrografimålingene ble foretatt ved hjelp av en CTD-sonde (STD/CTD-sonde SD204). Dataene ble hentet ut og illustrert ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.



Figur 2.1. Oversiktskart som viser fjordsystemet rundt lokaliteten Kobbavika. Lokaliteten Kobbavika er vist med et rektangel. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Oversikt over stasjonene i området ved lokaliteten Kobbavika. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Detallskisse over anlegget ved Kobbavika med MOMB-prøvepunkter. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i februar 2010. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1m² 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. Kob 1 2/2-2010	Kobbavika 59° 07,345'N 05° 55,629'Ø	159	1 2	8 9	Kjemi, geologi og biologi Biologi
St. Kob 2 2/2-2010	Kobbavika 59° 07,292'N 05° 55,739'Ø	222	1 2 3	21 21 21	Biologi Biologi Kjemi og geologi
St. Kob 3 2/2-2010 og 3/2-2010	Kobbavika 59° 06,974'N 05° 56,297'Ø	306	1 2	21 21	Biologi Kjemi, geologi og biologi

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 %.

2.2.2 Sediment

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

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764.

Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 043). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS EN ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter NS-EN- 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764.

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

2.2.4 Bunndyr

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

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² van Veen grabb har et volum på 21 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Prøver med mindre 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 2). 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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og

forurensningsgrad. Artsdiversiteten beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). 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) og Bakke et al. 2007. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måle-enhet	Tilstandsklasse				
		I Bakgrunn (meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig
Dypvann Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment Shannon-Wiener indeks('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
Organisk karbon	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 overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anleggene

Forforbruket er vist i Tabell 2.4.

Tabell 2.4. Fórforbruk i tonn.

Lokalitet	2007	2008	2009
Kobbavika	3032	1082	4049

Anlegget var sist brakklagt fra 1. juni til 30. august 2008.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Kob 3. Resultatene er presentert i Tabell 3.1-3.2 og Figur 3.1 og 3.2. På grunn av en feil ble ikke oksygen registrert i februar 2010 og en ny måling ble foretatt 28. april 2010 fra overflaten og ned til 210 m dyp. Overflatevannet var litt kaldere og litt saltere i februar enn i april. Temperaturen, saltholdigheten og tettheten var omtrent den samme i 200 m dyp ved begge målingene. Oksygenet hadde et minimum på 4,43 ml/l i ca 100 m dyp og økte til 4,85 ml/l i 210 m dyp. Det ser ut til at det er rikelig med oksygen i vannsøylen i området og at det tidligere har vært en innstrømming av nytt bunnvann og oppressing av det gamle bunnvannet. Ut fra dataene så har vannet tilstandsklasse I (meget god) i 210 m dyp.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene ved Kobbavika 3.februar 2010.

Stasjon	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Tetthet
Dato	(m)	(psu)	(°C)	(δ_t)
Kob 3	2	31,27	3,62	24,863
3.2.10	3	31,33	3,62	24,917
	5	31,33	3,61	24,928
	7	31,29	4,09	24,863
	10	32,00	5,97	25,231
	15	32,85	8,50	25,581
	20	33,25	9,42	25,774
	25	33,44	9,63	25,909
	30	33,60	9,62	26,06
	40	33,85	9,33	26,347
	50	34,00	9,30	26,516
	60	34,15	9,13	26,703
	70	34,29	8,92	26,893
	80	34,41	8,91	27,038
	90	34,57	8,70	27,24
	100	34,67	8,58	27,379
	125	34,85	7,96	27,734
	150	34,90	7,78	27,913
	175	34,91	7,73	28,041
	200	34,93	7,71	28,176
	225	34,94	7,67	28,303
250	34,95	7,65	28,426	
275	34,94	7,65	28,532	
300	34,95	7,64	28,653	

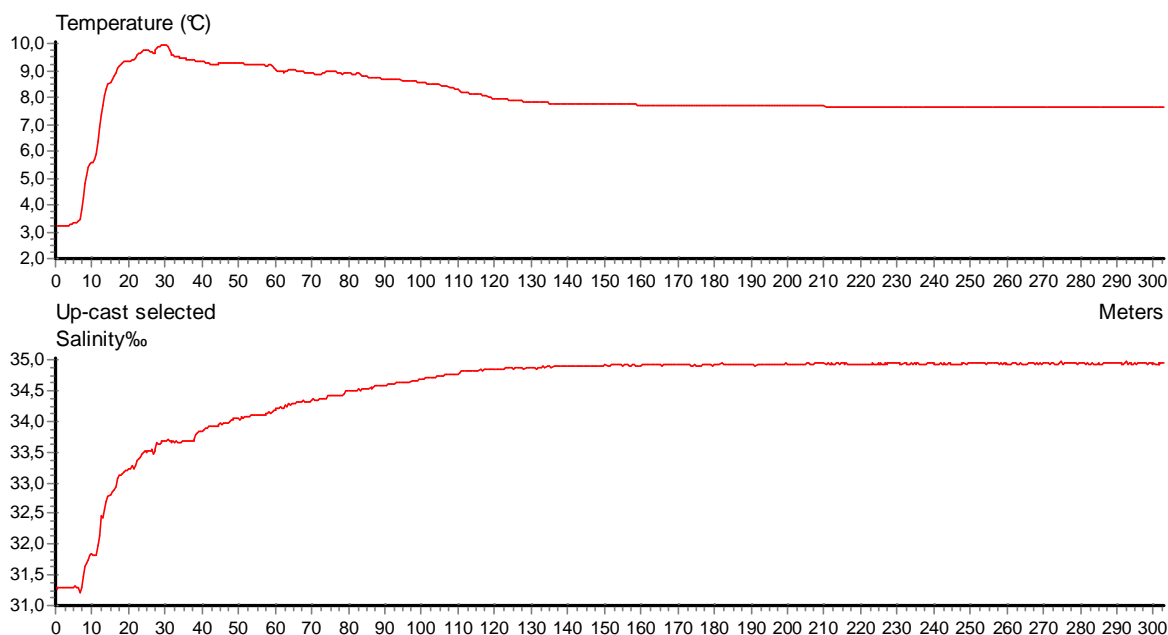
File name: hydrografi.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 11

SD204, Serial No: 714, AP1018,59

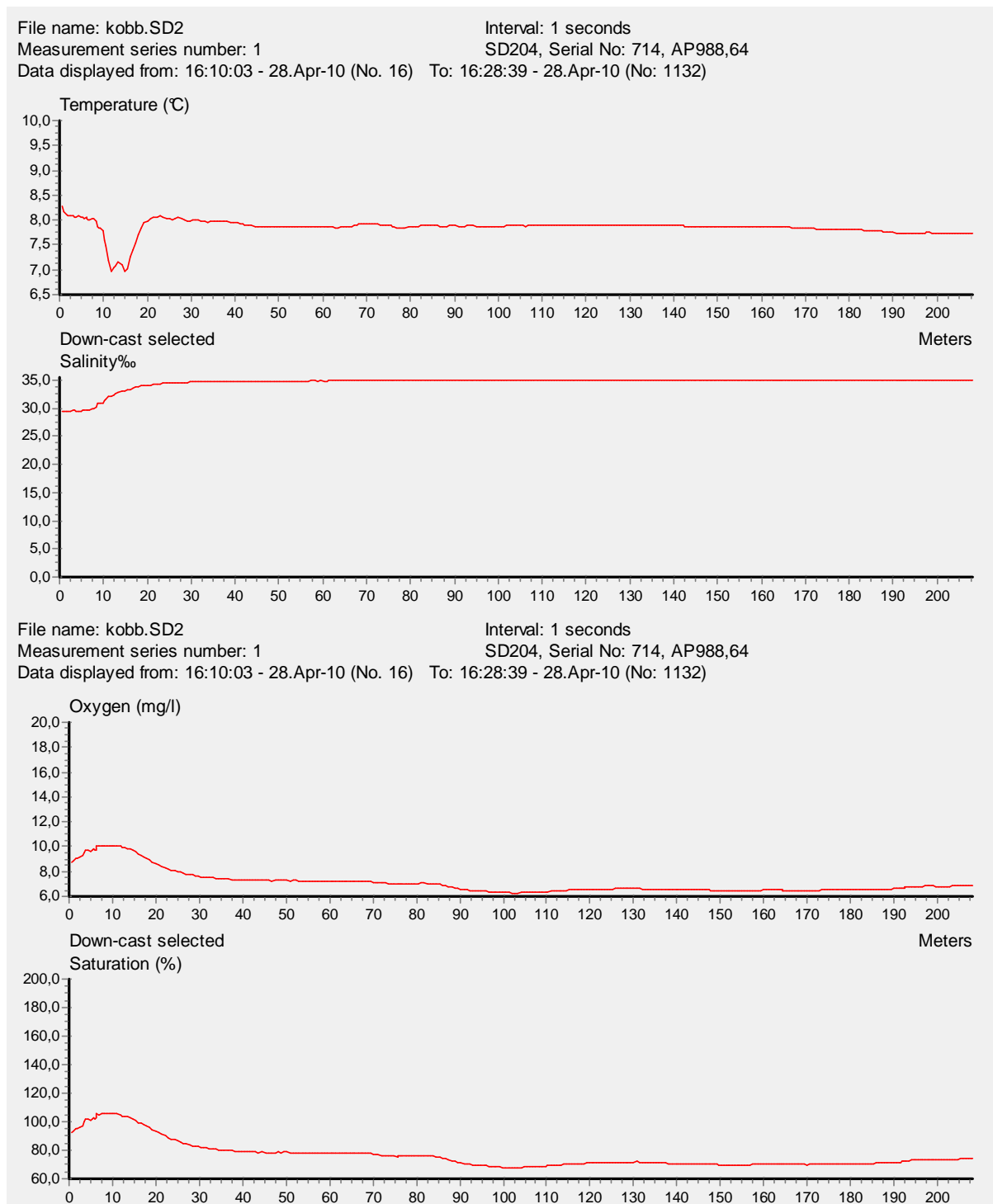
Data displayed from: 10:39:09 - 03.Feb-10 (No. 5286) To: 11:03:25 - 03.Feb-10 (No. 6742)



Figur 3.1. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) målt med CTD-sonde fra overflaten og til 300 m dyp på stasjon Kob 3, 3. februar 2010.

Tabell 3.2. Resultater fra hydrografimålingene ved Kobbavika 28.april 2010.

Stasjon/ Dato	Dyp	Saltholdighet (psu)	Temperatur (oC)	Oksygen (%)	Oksygen (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Tetthet
Kob 3 28.04.2010	1	29,5	8,15	93,61	8,9	6,27	22,95
	2	29,52	8,09	95,68	9,11	6,42	22,97
	3	29,55	8,08	97,08	9,24	6,51	23,00
	5	29,54	8,07	101,19	9,64	6,79	23,00
	7	29,8	8,02	105,13	10,01	7,05	23,23
	10	31,3	7,65	105,78	10,06	7,08	24,47
	15	33,22	7,00	101,09	9,65	6,80	26,09
	20	34,1	7,99	93,67	8,68	6,11	26,66
	25	34,51	8,03	86,45	7,99	5,63	27,00
	30	34,67	7,99	82,28	7,6	5,35	27,15
	40	34,79	7,94	79,13	7,31	5,15	27,30
	50	34,82	7,87	78,59	7,27	5,12	27,38
	60	34,85	7,87	78,21	7,23	5,09	27,45
	70	34,9	7,92	77,36	7,14	5,03	27,53
	80	34,89	7,86	76,04	7,03	4,95	27,57
	90	34,92	7,88	71,34	6,59	4,64	27,64
100	34,93	7,87	68,04	6,29	4,43	27,69	
125	34,97	7,90	71,45	6,6	4,65	27,84	
150	34,98	7,87	69,89	6,46	4,55	27,96	
175	34,97	7,82	70,33	6,51	4,58	28,08	
200	34,96	7,74	73,54	6,82	4,80	28,19	
210	34,96	7,73	74,25	6,89	4,85	28,24	



Figur 3.2. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygeninnhold (mg/l) målt med CTD-sonde fra overflaten og til 300 m dyp på stasjon Kob 3, 28.april 2010.

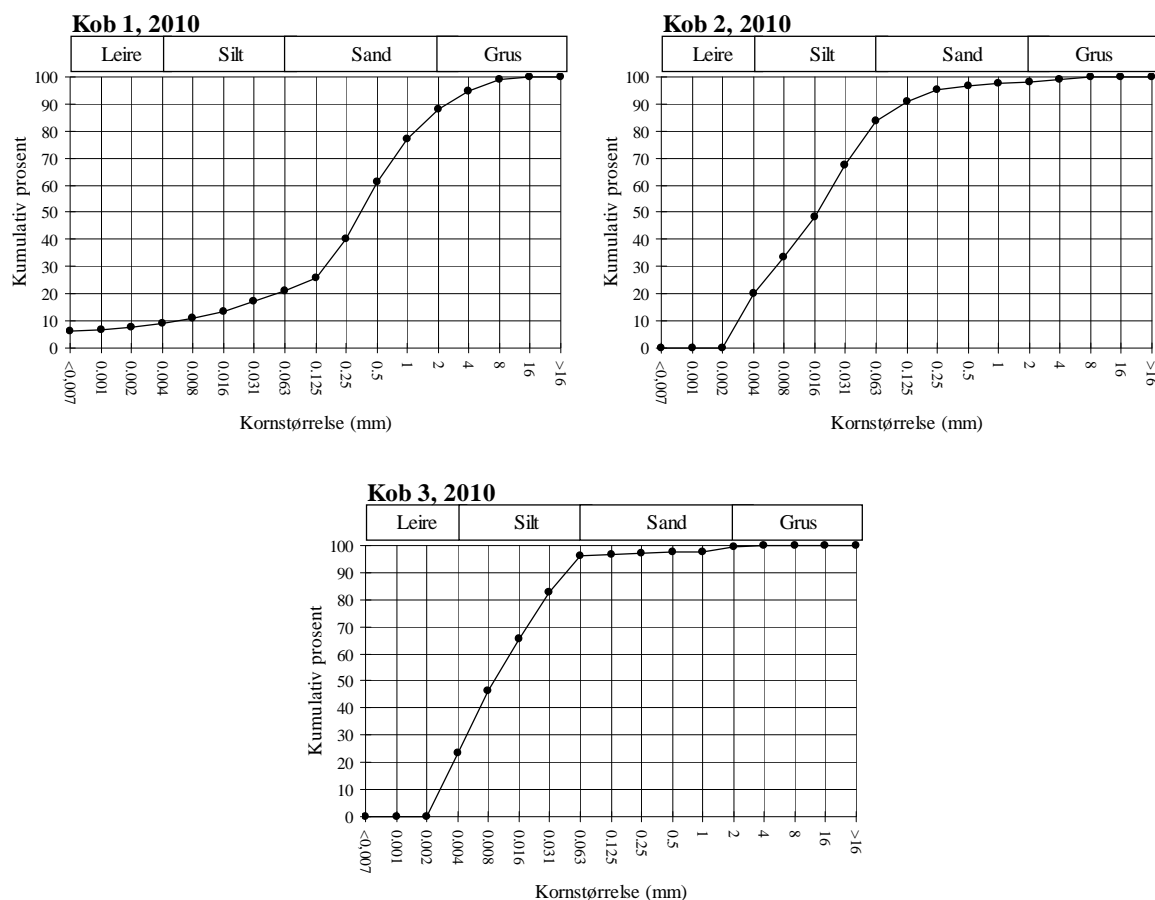
3.2 Sediment

Resultatene fra sediment-undersøkelsene i Kobbavika er presentert i Tabell 3.3 og Figur 3.3.

Tabell 3.3. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra Kobbavika i februar 2010.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Kob 1	165	9,5	9	12	21	67	12
Kob 2	222	9,7	20	64	84	15	2
Kob 3	306	12,3	23	73	96	3	0

Kob 1 lå på 165 m dyp hvor sedimentet for det meste bestod av sand (67 %) og leiresilt (21 %). Det organiske innholdet var på 9,5 %. På 222 m dyp lå stasjonen Kob 2, med et organisk innhold på 9,7 %. Her bestod grabbprøvene av leiresilt (84 %) og sand (15 %). Kob 3 lå på det dypeste punktet i fjorden. Her er det ofte lite strøm, noe som i dette tilfellet sees på den høye prosentverdien av leiresilt (96 %). Andelen av organisk innhold var også høyere her enn ved de to andre stasjonene (12,3 %), men er ikke høyere enn det som kan forventes på dette dypet.



Figur 3.3. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Kobbavika i 2010.

3.3 Kjemi

Sediment analyser

De undersøkte kjemiske parametrene er vist i Tabell 3.4. Innholdet av kobber var høyt ved Kob 1, som etter KLIF's anbefalinger gir en tilstandsklasse (TK) på IV (dårlig). På de to andre stasjonene, Kob 2 og 3, fantes det derimot kun bakgrunnsverdier (TK I-bakgrunn). Sink fantes kun i små mengder ved alle de undersøkte stasjonene (TK I og II – bakgrunn-god). Konsentrasjonen av fosfor ved Kob 1 var forhøyet ved Kob 1.

Innholdet av TOC høyt ved Kob 1 og får TK V (svært dårlig), mens Kob 2 får TK II (god) og Kob 3 får TK III (moderat). For å benytte SFT's tilstandsklasse på totalt organisk karbon (TOC), må de målte verdiene standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993) og bør derfor også vurderes opp mot glødetapet. Innholdet av organisk materiale målt som glødetap, lå imidlertid på samme nivå som er vanlig i norske fjorder.

Tabell 3.4. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) i Kobbavika i 2010. Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007).

	Dyp m	Kobber (Cu)		Fosfor (P)		Totalt organisk karbon (TOC)	Normalisert TOC	Sink (Zn)		Tørrstoff
		mg/kg	TK	g/kg	g/kg	g/kg	mg/g	TK	mg/kg	TK
Kob 1	165	81	IV	13,00	38	52	V	220	II	51
Kob 2	222	20	I	1,80	22	25	II	140	I	48
Kob 3	306	16	I	0,62	31	32	III	98	I	22

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 fem av prøvene. Fekalie- og fór-rester ble kun observert i to av prøvene fra Kobbavika.

Tabell 3.5. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra Kobbavika. 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	Lokalitet	pH	E_h	pH/ E_h indeks	Tilstand Gruppe II
Kob 1	Kobbavika	6,5-7.1	(-1)- (-70)	3,0	3

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.6 - 3.7, Figur 3.4 - 3.5 og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i april 2009. 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 fiskeekskremer) 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 hydrogen sulfid. 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.

Ved Kob 1 som ligger på 165 m dyp, ble det kun funnet 3 arter på 0,2 m². Børstemarken *Vigtorniella ardabilia*, som trives i områder med svært mye organisk materiale, utgjorde 99 % av artene. Ellers ble det funnet *Myriochele oculata* og *Ampharetidae* indet., begge børstemarkarter. Fordelinga av arter på geometriske klasser viser en påvirket bunnfauna og stasjonen får MOM C miljøtilstand 3 (dårlig).

I prøvene frå Kob 2, på 222 m dyp, ble det funnet 1063 individer og 33 arter på 0,2 m², noe som gir en diversitet H' på 2,89 og en jevnhet J på 0,57. Børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Heteromastus filiformis* utgjorde henholdsvis 32 % og 30 % av alle individene. Den store individmengden, sammen med fordelingen av geometriske klasser tyder på at bunnfaunaen her har en svak stimulering av organisk materiale. Tilstanden fortsatt er

tilfredsstillende og stasjonen fikk KLIF's tilstandsklasse II-III og MOMC bunntilstand 1 (meget god).

Kob 3 ligger på det dypeste punktet i fjorden, 306 m. Her ble det funnet 190 dyr, fordelt på 34 arter på 0,2 m². Mollusken *Kelliella abyssicola* var den vanligste arten og utgjorde 30 % av individmengden. Artssammensetningen og grafen over de geometriske klassene tyder på gode miljøforhold. Stasjonen fikk en diversitetsindeks H' på 3,95 og en jevnhet J på 0,78 og bunnforholdene er gode på denne dype stasjonen (KLIF's tilstandsklasse I-II).

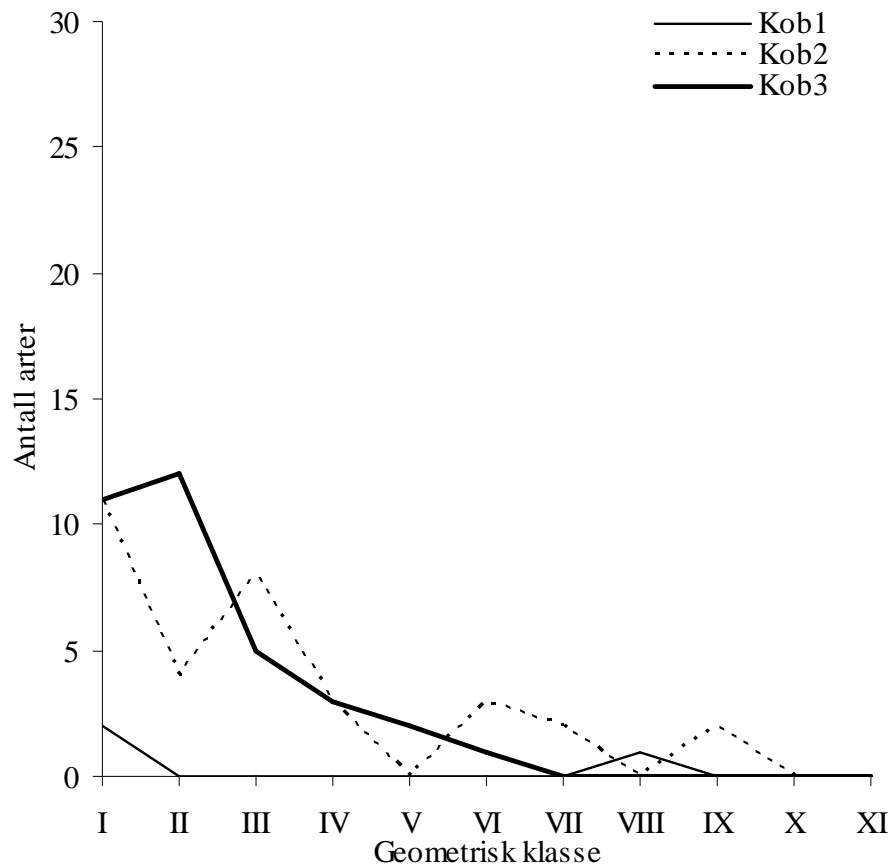
Cluster- og MDS analysene viser at huggene ved Kob 1 skiller seg ut med en likhet på 2 %. Huggene fra Kob 2 og Kob 3 samler seg på ca 39 % likhet.

Konklusjon

Miljøforholdene i Kobbavika er påvirket i umiddelbar nærhet til oppdrettsanlegget. I overgangssonen er det tegn til en svak stimulering av bunnfaunaen. Referansestasjonen i det dypeste punktet av fjorden ikke er påvirket av driften.

Tabell 3.6. Antall individer, arter, diversitet (H') og jevnhet (J) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon ved Kobbavika i 2010.

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet H'	Jevnhet J	KLIF TK	MOM C TK
Kob 1	1	194	3	0.09	0.06		
	2	1	1	-	-		
	Sum	195	3	0.09	0.06	-	3
Kob 2	1	312	21	3.02	0.69		
	2	751	31	2.73	0.55		
	Sum	1063	33	2.89	0.57	II-III	1
Kob 3	1	92	25	3.78	0.81		
	2	98	24	3.72	0.81		
	Sum	190	34	3.95	0.78	I-II	-



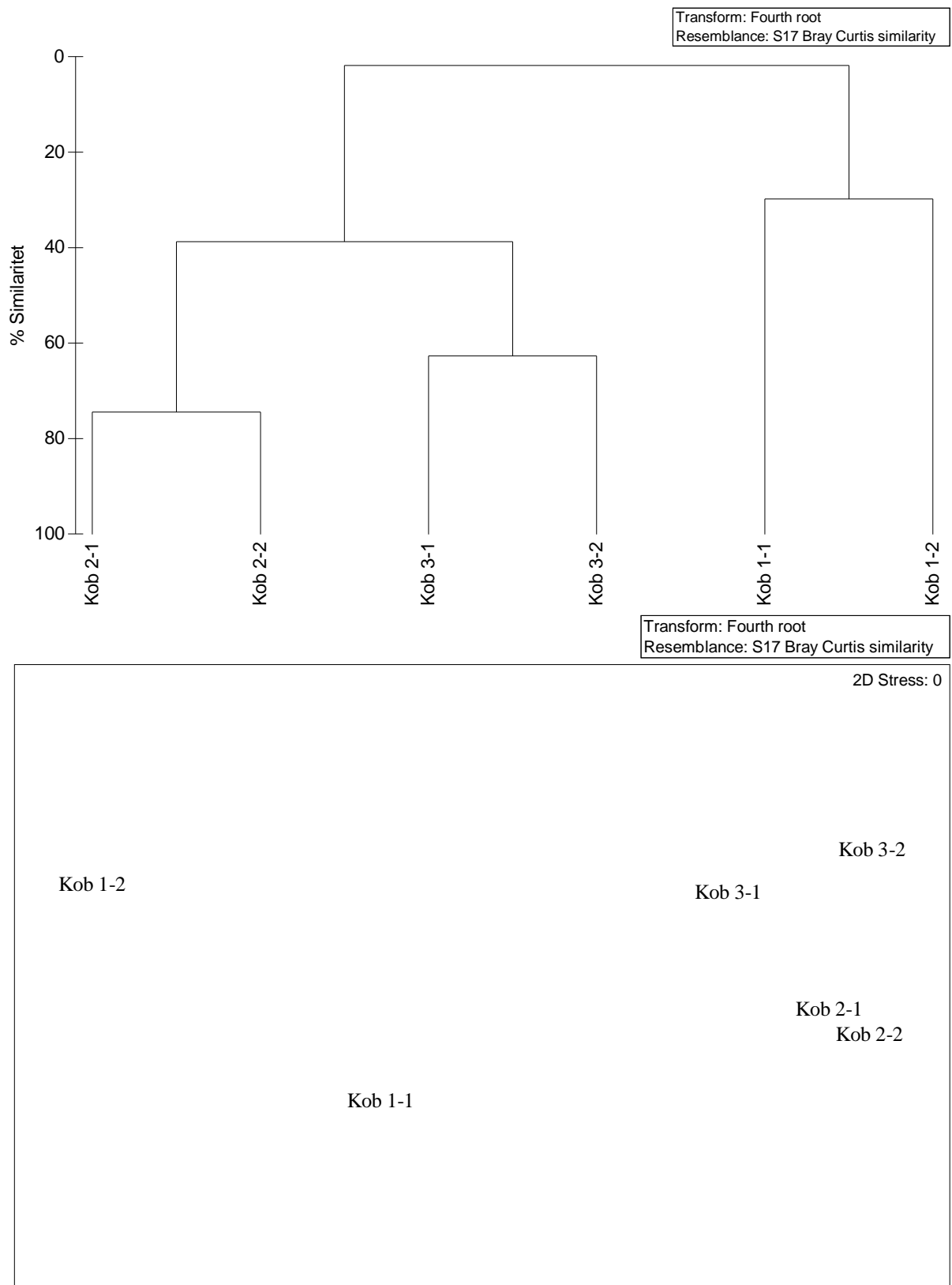
Figur 3.4. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Kobbavika i 2010.

Tabell 3.7. De mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene i Kobbavika 2010.

Kob 1	Antall individer	%	Kum. %
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	193	99.0	99.0
<i>Myriochele oculata</i>	1	0.5	99.5
<i>Ampharetidae</i> indet.	1	0.5	100.0

Kob 2	Antall individer	%	Kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	343	32.3	32.3
<i>Heteromastus filiformis</i>	315	29.6	61.9
<i>Thyasira sarsii</i>	95	8.9	70.8
<i>Polydora</i> sp.	75	7.1	77.9
<i>Diplocirrus glaucus</i>	55	5.2	83.1
<i>Thyasira equalis</i>	53	5.0	88.1
<i>Myriochele oculata</i>	33	3.1	91.2
<i>Amphilepis norvegica</i>	15	1.4	92.6
<i>Ceratocephale loveni</i>	11	1.0	93.6
<i>Chaetozone</i> sp.	11	1.0	94.6

Kob 3	Antall individer	%	Kum. %
<i>Kelliella abyssicola</i>	53	27.9	27.9
<i>Nucula tumidula</i>	23	12.1	40.0
<i>Thyasira equalis</i>	19	10.0	50.0
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	11	5.8	55.8
<i>Heteromastus filiformis</i>	10	5.3	61.1
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	10	5.3	66.3
<i>Nephtys incisa</i>	6	3.2	69.5
<i>Amythasides macroglossus</i>	6	3.2	72.6
<i>Ceratocephale loveni</i>	5	2.6	75.3
<i>Levinsenia gracilis</i>	5	2.6	77.9



Figur 3.5. Clusteranalyse og MDS beregnet av datasettet fra Kobbavika. Undersøkelsene er gjort på huggnivå, og hvert hugg er på 0,1 m². Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte og standardiserte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritetsindeks.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten i Kobbavika i Finnøy kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 2.-3. februar 2010. Det ble samlet en prøve tett på anlegget, en i overgangssonen og en på det dypeste punktet i fjorden. En kortfattet oppsummering av resultatene er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Oppsummering av resultatene fra undersøkelsen i Kobbavika februar 2010. Miljøtilstanden er klassifisert etter KLIF's tilstandsklasser (TK) og MOM-miljøtilstand.

Stasjon	Organisk innhold (%)	Oksygen TK	Kobber TK	Sink TK	KLIF Tilstands-klasse	MOM-tilstand
Kob 1	9,5	-	IV	II	-	3
Kob 2	9,7	-	I	I	-	1
Kob 3	12,3	I	I	I	I-II	-

Det var tilfredsstillende konsentrasjon av oksygen og fikk tilstandsklasse I (meget god) i 210 meters dyp. Det ble oppdaget forhøyede konsentrasjoner av kobber og fosfor ved stasjonen på stasjon Kob 1. Her ble det registrert en påvirket bunnfauna, med kun tre arter, hvorav børstemarken *Vigtorniella ardabilia* dominerte. Totalt organisk karbon (TOC) var noe høyt, mens glødetapet ikke var forhøyet. Det høye individantallet på stasjon Kob 2 tyder på en svak stimulans av organisk materiale, men på undersøkelsestidspunktet var forholdene fortsatt tilfredsstillende. På stasjon Kob 3 var sedimentet svært finkornet og sammensetningen av faunaen og kjemien i området på at bunnforholdene er gode.

Dataene i undersøkelsen indikerer at påvirkningen av bunnfaunaen fra anlegget begrenser seg til nærområdet av oppdrettsanlegget og at det i overgangssonen er det tegn til en svak positiv stimulering av bunnfaunaen, mens bunnmiljøet i det dypeste punktet av fjorden ikke er påvirket av driften.

5 TAKK

På toktet deltok Tor Ensrud og Catrine S. Henriksen fra SAM og Ivar Dyrvik, Knut Are Johansen og Eivind Gundersen. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av A. Amin, og R. Tveiten og N. Korableva. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad.

6 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*.
- Tvedten Ø, Johannessen P, Botnen H. 1997a. Miljøundersøkelse av Lafjord Aqua Group sine oppdrettslokaliteter ved Hydra, Flekkefjord kommune. *IFM-Rapport 19-1997.66s*.
- Tvedten Ø, Johannessen P, Botnen H. 1997b. Miljøundersøkelse av Støytland Fisk as sin oppdrettslokalitet ved Hydra, Flekkefjord kommune. *IFM-Rapport 18-1997.32s*.
- Tvedten Ø, Johannessen P, Botnen H. 1997c. Miljøundersøkelse av Hydra Edelfisk as sine oppdrettslokaliteter ved Hydra, Flekkefjord kommune. *IFM-Rapport 17-1997.43s*.
- Skaar A. 2003. Miljøundersøkelse etter MOM-konseptet av resipienter i Flekkefjord kommune. *Bioconsult-Rapport nr 09-2003*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	25
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	32
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	34
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	36
<i>Vedleggstabell..Analysebevis</i>	37

Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata

Analyse av bunndyrdata

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 bunndyr-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 bunndyrprøver 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.

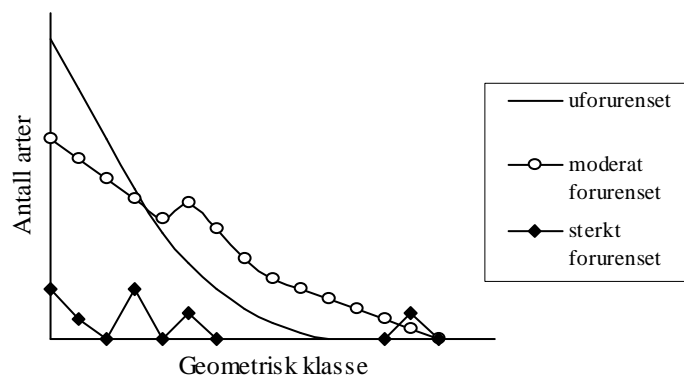
Geometriske klasser

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 & Mirza (1979) og Pearson & 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 & 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. Statens forurensningstilsyn (SFT) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1949):

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

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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å

sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

Tabell v2. Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks (ES _{n=100})	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

Flervariabel/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. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & 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:

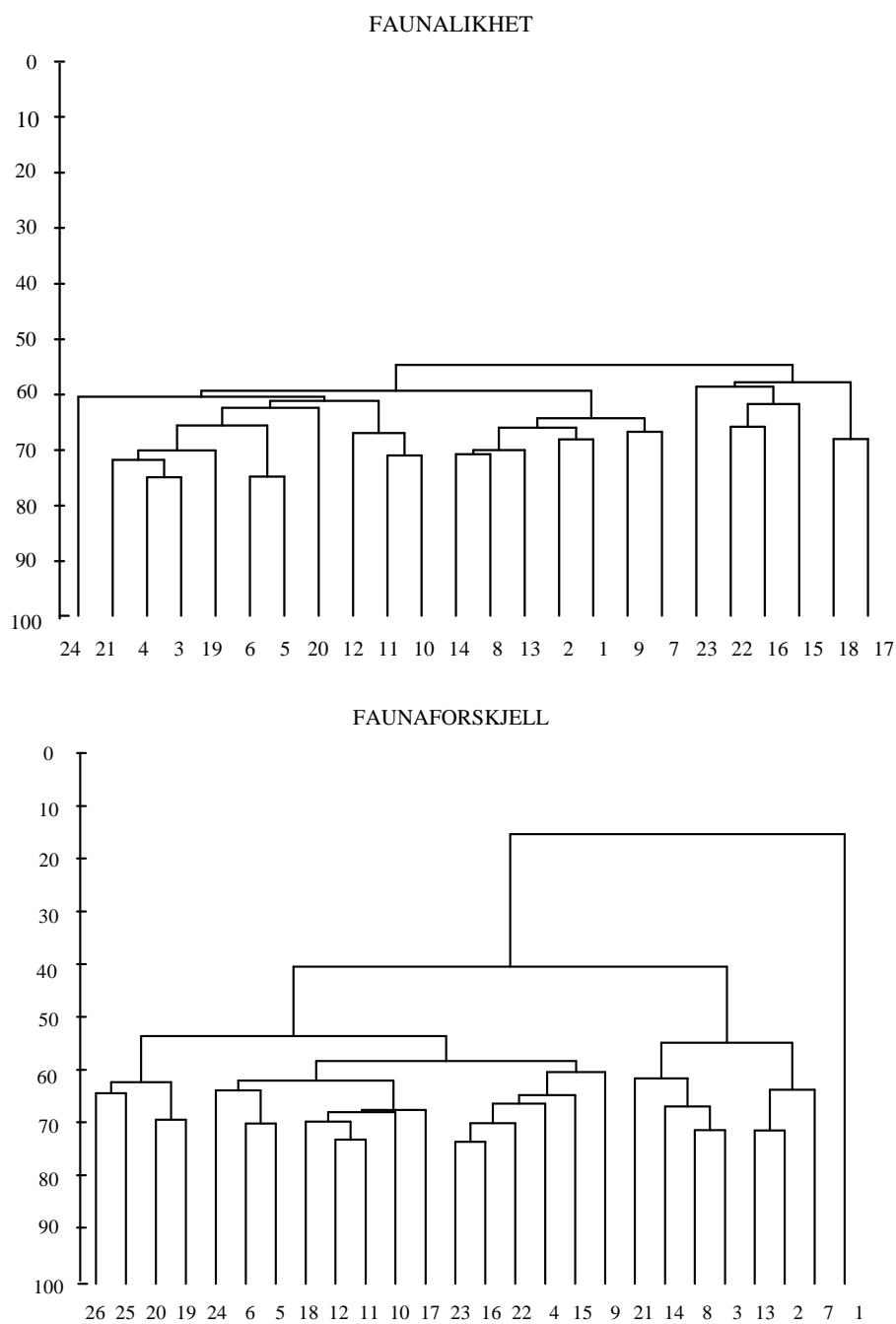
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

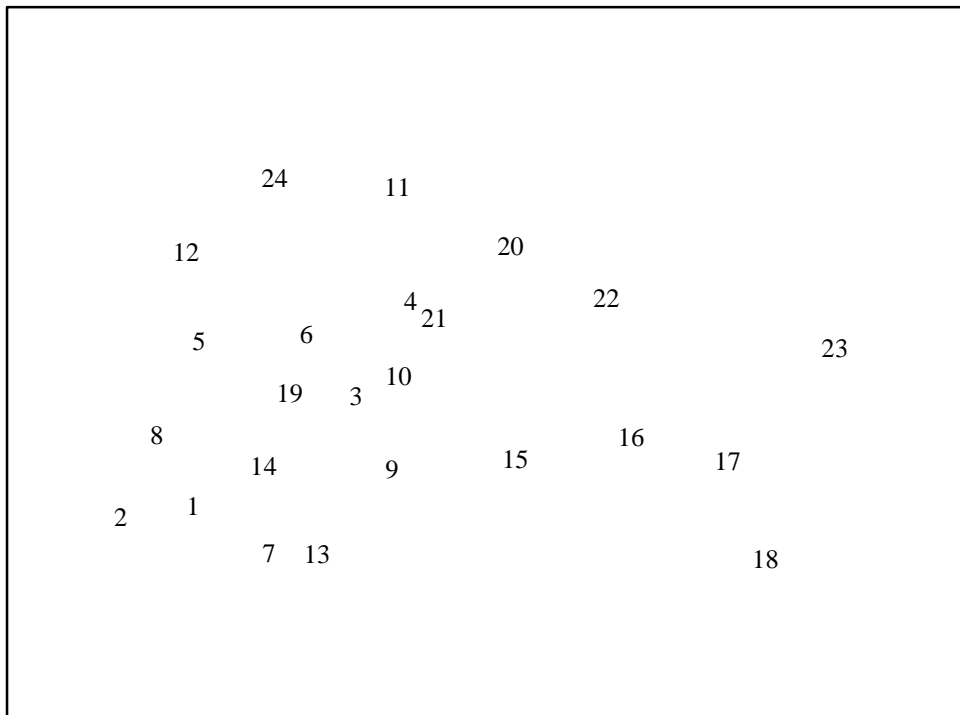
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

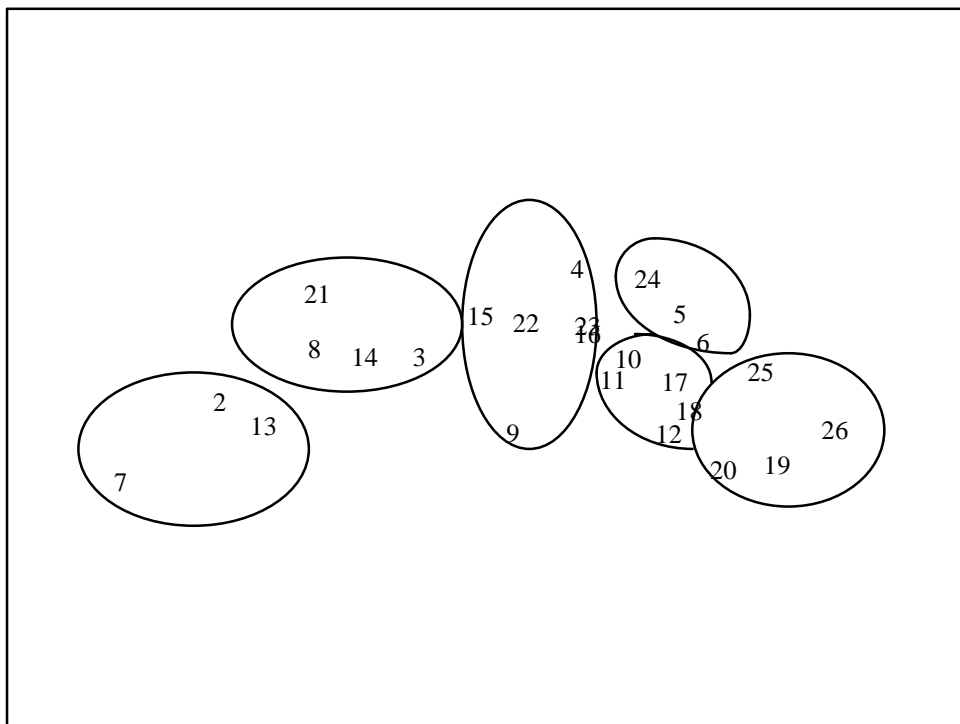


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

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.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Marine Harvest Norway AS
Lokalitet: Kobbavika

Dato: 02-03.02.2010
Konsesjonsnr: 10113

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr											Indeks
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	1	1		1	1	1	0	1	0	1	0,7
	Tilstand (Gruppe I)		4											
II	pH	verdi	6,7	6,5			6,6	6,7	6,7		6,7	7,1		3,0
	E _n (mv)	verdi	-270	-218			-287	-282	-234		-264	-280		
		+ ref. verdi	-53	-1			-70	-65	-17		-47	-63		
	pH/E _n	fra figur	5	5	0	0	5	5	5	0	5	3	0	
Tilstand, prøve			4	4	1	1	4	4	4	1	4	3	1	3
Tilstand, gruppe II			3											
			Buffer temp: 7,5				Sjøvannstemp 2,1			Sedimenttemp: 4,7				
			pH sjø: 7,8				E _n sjø:280			Referanseelektrode:				
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	4	4			4	0	4		4	0		1,6
	Farge	Lys/Grå = 0										0		
		Brun/Sort = 2	2	2			2	2	2		2			
	Lukt	Ingen = 0											2	
		Noe = 2												
	Konsistens	Sterk = 4	4	4			4	3	4		3			
		Fast = 0						1			0	0		
		Myk = 2	2	2										
	Grabbvolum	Løs = 4					4		3					
		v < 1/4 = 0	1											
		1/4 ≤ v < 3/4 = 1						1	1		1	1		
	Tykkelse på slamlag	v ≥ 3/4 = 2		2			2							
		0 - 2 cm = 0	0					0			0	0		
2 - 8 cm = 1			1			1		1						
	t ≥ 8 cm = 2													
SUM			13	15	0	0	17	7	15	0	10	3	0	
Korrigert sum (*0,22)			2,86	3,30	0,00	0,00	3,74	1,54	3,30	0,00	2,20	0,66	0,00	
Tilstand prøve			3	4	1	1	4	2	4	1	3	1	1	
Tilstand gruppe III			2											
Middelverdi gruppe II og III			3,93	4,15	0	0	4,37	3,27	4,15	0	3,6	1,83	0	2,3
Tilstand gruppe II og III			3											
pH/E _n Korr. sum Indeks Middelverdi	Tilstand		Tilstand		Lokalitetstilstand									
			Gruppe I	Gruppe II og III										
			A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4									
			4	1, 2, 3	1, 2, 3									
			4	4	4									
			LOKALITETSTILSTAND											3

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Marine Harvest Norway AS

Dato: 02-03.02.2010

Lokalitet: Kobbavika

Konsesjonsnr: 10113

Prøvetakssted (nr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Dyp (m)	223	208	151	114	238	226	228	215	194	168	171
Antall forsøk	3	2	3	2	1	2	1	2	1	3	2
Bobling (i prøve)	j	j	–	–	j	n	j	n	j	n	–
Primær-sediment	Grus	30 %					10 %				
	Skjellsand	10 %				10 %			10 %	10 %	
	Sand		40 %			10 %	20 %		70 %	70 %	
	Mudder	30 %	20 %			50 %	50 %	70 %			
	Silt	30 %	40 %			30 %		20 %		20 %	20 %
	Leire						30 %				
Fjellbunn			x	x				x			x
Steinbunn							x				
Pigghuder, antall											
Krepsdyr, antall											
Skjell, antall											
Børstemark, antall	1			1				2			
Andre dyr, antall											
<i>Malacoceros fuliginosa</i>											
Beggiatoa											
Fôr	–	x	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fekalier	–	–	–	–	–	–	x	–	–	–	–
Kommentarer	2* stein i åpningen	Spør av forrester løst mudderlag på toppen ellers fast.	3 forsøk ingen prøve	2 forsøk ingen prøve	Skjellrester fra anlegget.	Litt skjellrester fra anlegget	Fekalier og oppdrettsmudder. Litt skjellrester fra anlegget.	1 stein 2 polychaeta	Tynt slamlag	Grått sediment skjellsand	2 forsøk ingen prøve

Vedleggstabell 2. Artsliste



**SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)**
Thormøhlensgt 49, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 05 Telefaks: 55 58 45 25



BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): Marine Harvest Norway as

Prosjekt nr.: 803736

Prøvetakingssted (område): Kobbavika i Finnøy kommune

Dato for prøvetaking: 2.-3. februar 2010

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS, SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Tap av grabb mellom 2. og 3. hugg ved Kob 3. Hugg 3 ble derfor tatt påfølgende dag.

Artene er identifisert av: Tom Alvestad (SAM).

Metode: Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.

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 tilstede 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:.....*P.O. Johansen*.....
Signaturberettiget

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Stasjon	Kob 1	Kob 1	Kob 2	Kop 2	Kob 3	Kob 3
Dato	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	03.02.2010
Hugg	1	2	1	2	1	2
* Hydrozoa indet.					+	+
Stylatula elegans						1
Actiniaria indet.					1	1
* NEMERTINI indet.			81	145	3	3
* NEMATODA indet.				1		
POLYCHAETA						
Vigtorniella ardabilia	192	1				
Paramphinome jeffreysii			44	299	1	1
Aphrodita aculeata					0/1	
Polynoidae indet.				1		
Pholoe baltica				1		
Sige fusigera				1		
* Tomopteris sp.						1
Ophiodromus flexuosus			3	2	1	1
Exogone sp.			1	3		
Ceratocephale loveni			5	6	2	3
Nephtys incisa					3	3
Nephtys paradoxa				1		
Glycera lapidum					0/1	
Paradiopatra quadricuspis						1
Lumbrineridae indet.					2	
Polydora sp.			30	45		2
Spiophanes kroeyeri			3	4	2	9
Spiochaetopterus typicus					1	2
Levinsenia gracilis					3	2
Chaetozone sp.			7	4		
Diplocirrus glaucus			15	40	2	
Pherusa flabellata				1		
Capitella capitata				1		
Heteromastus filiformis			116	199	6	4
Rhodine loveni						1
Myriochele oculata	1		12	21	2	
Owenia borealis			1	1		
Pectinaria belgica				1		
Ampharetidae indet.	1					
Mugga wahrbergi			3	2		
Amythasides macroglossus					2	4
Pista malmgreni			4			
Terebellides stroemi				4		3
Sabellidae indet.			1	1		1
SIPUNCULA						
Onchnesoma steenstrupi					7	3
CRUSTACEA						
* Calanoida indet					1	
* Calanus finmarchicus	15	3			1	9
* Eudorella emarginata				1		
* Eudorella truncatula			1	3		
* Diastylis cornuta				1		
* Diastylodes serrata					1	
* Amphipoda indet.			1	4		3

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Stasjon	Kob 1	Kob 1	Kob 2	Kop 2	Kob 3	Kob 3
Dato	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	02.02.2010	03.02.2010
Hugg	1	2	1	2	1	2
* PYCNOGONIDA indet.	1					
MOLLUSCA						
Caudofoveata indet.			1	3		1
Cylichna umbilicata				1		
Nucula tumidula					6/3	10/4
Yoldiella philippiana					1	
Thyasira sarsii			28/13	35/19	0/1	
Thyasira equalis			18/1	29/5	12	6/1
Adontorhina similis					1	1
Montacuta ferruginosa			3	2	3/1	
Mysella bidentata				1		
Abra nitida			1			
Kelliella abyssicola			1	1	16/9	22/6
Cuspidaria abbreviata					1	
Entalina tetragona						2
* BRYOZOA						
* Bryozoa skorpeformet	+	+				
ECHINODERMATA						
OPHIUROIDEA indet.					+	
Amphilepis norvegica			0/1	4/10		0/3
Brissopsis lyrifera				2	1	
ENTEROPNEUSTA indet.				1		
* PISCES egg.			1			
* VARIA					+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene i Kobbavika i februar, 2010.

G. kl.	Kob1	Kob2	Kob3
I	2	11	11
II	0	4	12
III	0	8	5
IV	0	3	3
V	0	0	2
VI	0	3	1
VII	0	2	0
VIII	1	0	0
IX	0	2	0
X	0	0	0
XI	0	0	0

Vedleggstabell..Analysebevis



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

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

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

AR-10-MM-004452-01



EUNOMO-00010705

Prøvemottak: 24.03.2010
Temperatur:
Analyseperiode: 24.03.2010-06.04.2010
Referanse: 803736, Kobbavik
22/3-2010

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2010-03240118	Prøvetakingsdato: 01.02.2010				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: Kob1	Analysedato: 24.03.2010				
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Totalt organisk karbon (TOC)	38	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1
Total tørrstoff	51	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	13000	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	81	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	220	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Prøvenr.: 439-2010-03240119	Prøvetakingsdato: 01.02.2010				
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver				
Prøvemerkning: Kob2	Analysedato: 24.03.2010				
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Totalt organisk karbon (TOC)	22	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1
Total tørrstoff	48	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	1800	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	20	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	140	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

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-10-MM-004452-01



EUNOMO-00010705



Prøvenr.:	439-2010-03240120	Prøvetakingsdato:	01.02.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Kob3	Analysedato:	24.03.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Totalt organisk karbon (TOC)	31	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1
Total tørrstoff	22	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	620	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	16	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	98	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Moss 6. april 2010

Anna Anderson Kubberød

ASM

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

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