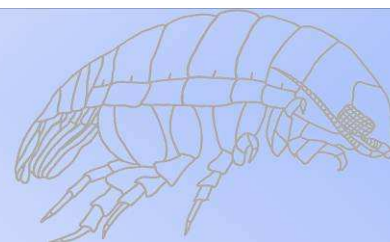


SAM e-Rapport

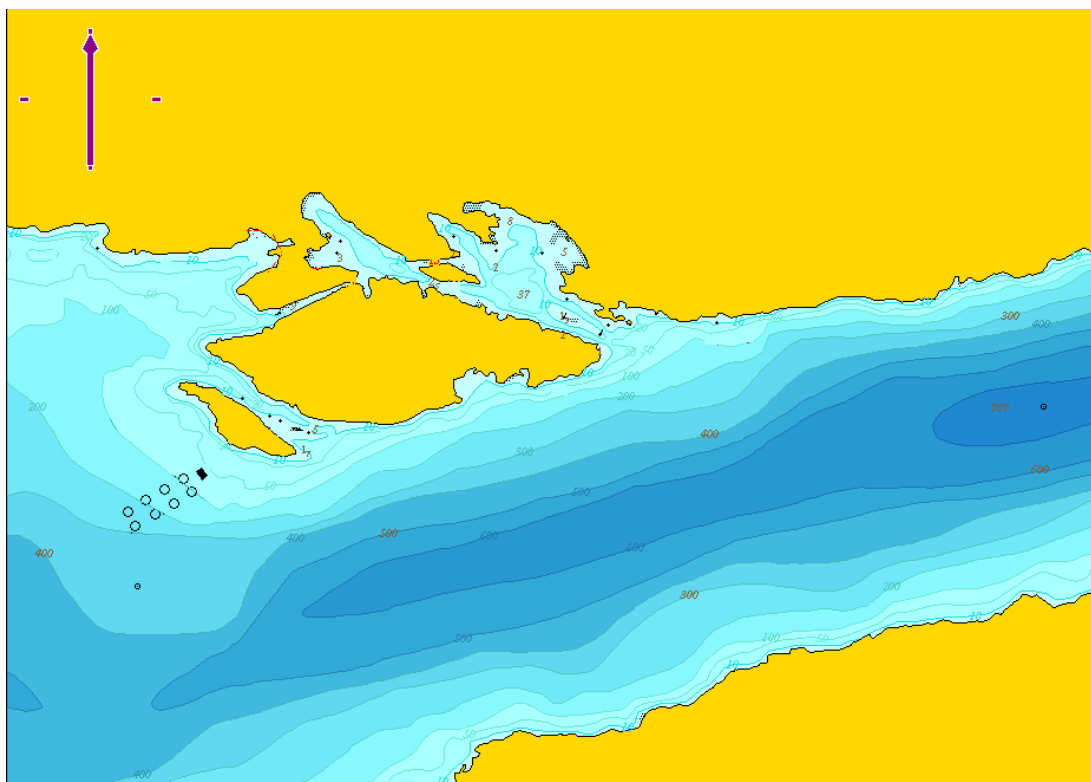
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 15-2008

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Herøy, Vindafjord kommune i 2008

Erling Heggøy
Gisle Vassenden



UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning

Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, Norway 55 58 44 64  55 58 45 25

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Herøy, Vindafjord kommune i 2008.	Dato: 25.6.2008
	Antall sider og bilag: 44
Forfatter(e): Erling Heggøy og Gisle Vassenden	Prosjektleder: Erling Heggøy
	Prosjektnummer: 801368

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

Abstract:

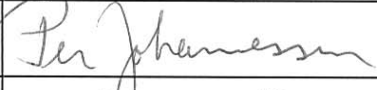

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at a fish farm in Vindafjorden based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution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

The measured chemical components in the sediment were low. The oxygen content in the deepest part of Vindafjorden was high. The investigation shows an environmental impact on the bottom fauna close to Herøy fish farm in February 2008. The bottom fauna was classified as good in the transition zone and in the deepest part of the fjord in 2008

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

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 15-2008

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	7/7-08	
Prosjektet / undersøkelsen:	7/7-08	

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MATERIALE OG METODER.....	5
2.1 Undersøkellesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	5
2.2.1 Hydrografi	9
2.2.2 Sediment.....	9
2.2.3 Kjemiske analyser	10
2.2.4 Bunndyr.....	11
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	14
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	15
3.1 Hydrografi	15
3.2 Sediment.....	17
3.3 Kjemi.....	18
3.4 Bunndyr	19
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	24
5 TAKK	26
6 LITTERATUR.....	26
7 VEDLEGG.....	27

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Herøy i Vindafjorden, Vindafjord kommune, lokalitetsnummer 11920. Innsamlingene ble gjennomført i 21. februar 2008. På samme tokt ble miljøforholdene ved oppdrettsanlegget i områdene ved Lindvik undersøkt. Resultatene fra denne undersøkelsen blir presentert i egen rapport. En stasjon er felles med undersøkelsen ved Lindvik, som da blir presentert i begge rapportene.

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

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). 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). Det er tidligere ikke utført MOM-C undersøkelse ved lokaliteten. Det ble utført MOM-B undersøkelser ved lokaliteten i 2003 og 2006 (Skaar 2006). Anlegget ble imidlertid flyttet mot vest i juni 2007, slik at resultatene fra MOM-B undersøkelsen ikke er direkte sammenlignbare. Etter at denne MOM-C undersøkelsen ble gjennomført er det foretatt en ny MOM-B undersøkelse (Skaar 2008).

SAM-marin er en avdeling ved Seksjon for Anvendt Miljøforskning hos Universitetsforskning i Bergen (Unifob). 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.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

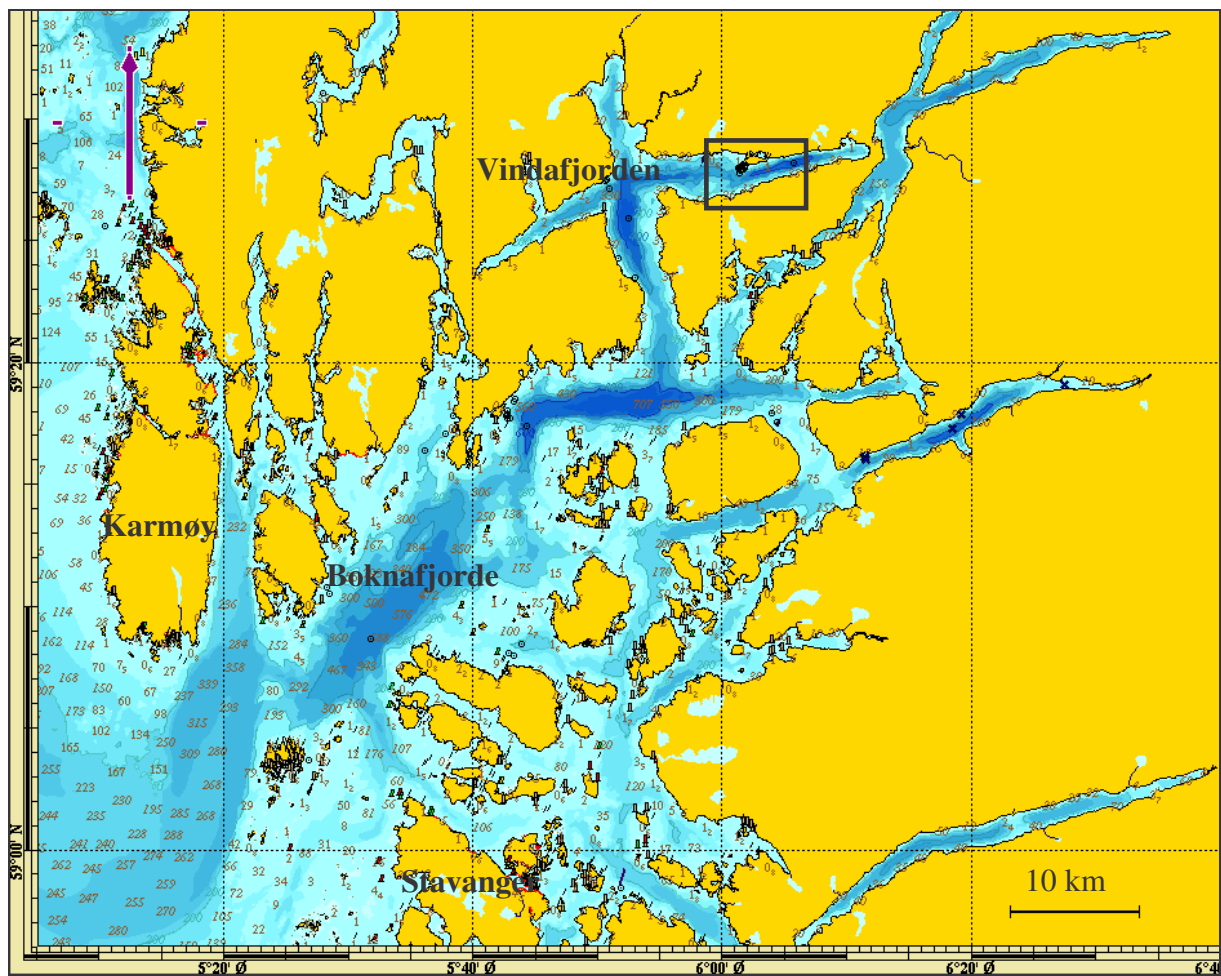
Undersøkelsesområdet ligger sørøst for Herøy i Vindafjorden (Figur 2.1 og 2.2). Bunnen under anlegget skrår nedover fra 100 til 400 m. Bunnen skrår videre nedover til 703 m.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

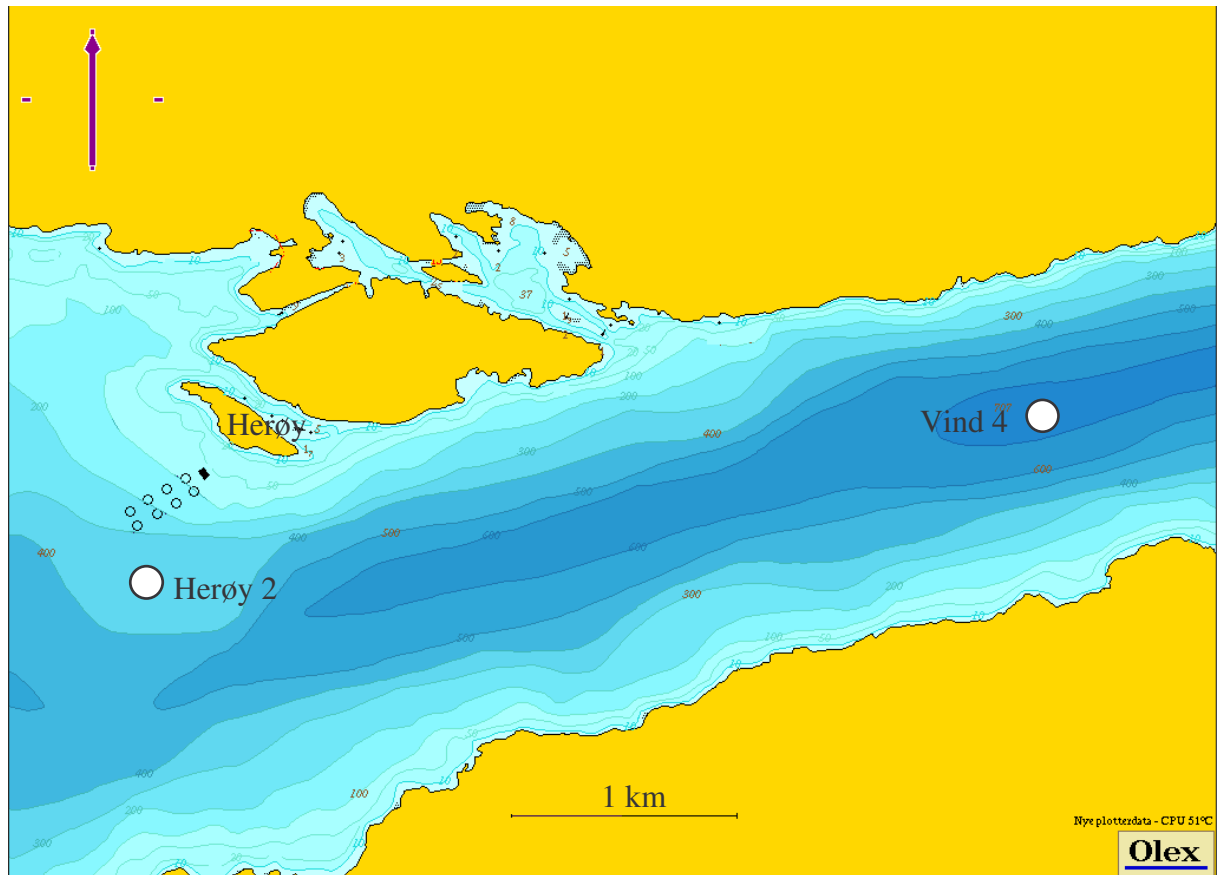
Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten *Astri S* den 21. februar 2008. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av Vindafjorden.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av Vindafjorden. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

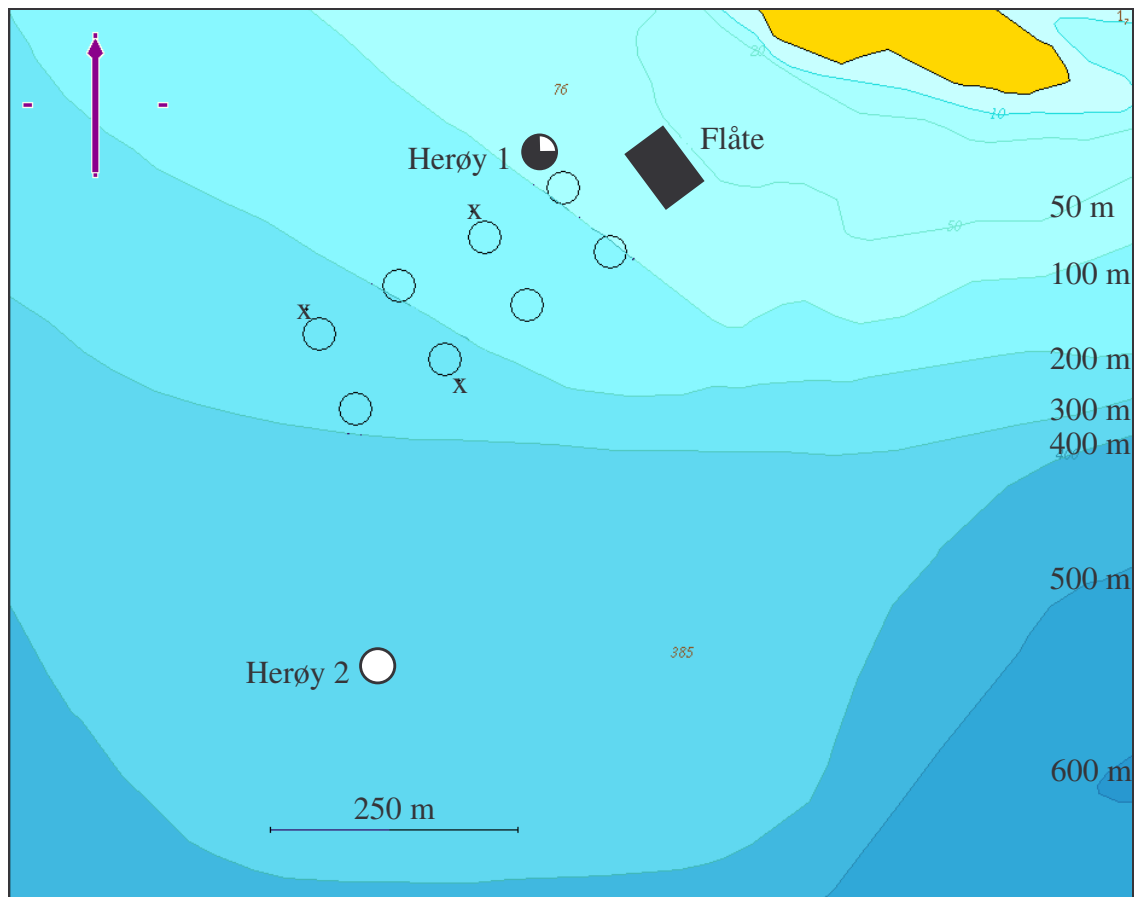
Til innsamling av vannprøver ble det benyttet Nansen-vannhentere og en CTD-sonde. Måling av temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet. Oksygeninnholdet (ml/l) i sjøvannsprøver ble bestemt i vannprøver etter Winkler metode og oksygenmetningen (% metning) ble beregnet. Tettheten av sjøvannet (σ_t) ble beregnet. Tettheten i sjøvann øker med økende saltholdighet og avtagende temperatur.



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet ved Herøy avmerket. Firkant viser kartutsnittet for Figur 2.2. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Utsnitt av Vindafjorden med referansestasjonen i dypet og stasjonen ved Herøy. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonene er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Detaljsskisse over lokaliteten med stasjonen inntegnet. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Plassering av anlegget er markert som svart ringer. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. X = stasjoner hvor det ble forsøkt tatt prøve. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 21. februar 2008. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 17 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Herøy 1 21.02.08	Herøy 59°28,050'N 06°01,650'Ø	96	1	10	Mørkegrått sandig sediment. Litt lukt av prøven. Tatt ut prøve til geologi og kjemi fra 3. hugg. Det ble gjort forsøk på å få prøver fra tre andre stasjoner ved anlegget, hvor det viste seg å være fjellbunn.
			2	9	
			3	6	
Herøy 2 21.02.08	Herøy 59°27,775'N 06°01,454'Ø	308	1	17	Grått finkornet sediment. Tynt brunt lag på toppen. Tatt ut prøve til geologi og kjemi fra 2. hugg. Forlot stasjonen etter 6 bomhugg.
			2	11	
Vind 4 21.02.08	Vindafjorden 59°28,206'N 06°05,750'Ø	703	1	17	Grått finkornet sediment med et par mm tykt brunt lag øverst. Litt lagdelt med brune partier nedover i sedimentet. Tatt ut prøve til geologi og kjemi fra 3. hugg.
			2	17	
			3	17	

2.2.1 Hydrografi

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

2.2.2 Sediment

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

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm

ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under 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 AnalyCen 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 AJ 31. Analysen av Nitrogen-Kjeldahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i 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 få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

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

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 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 bunndyrsanalysene. 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) (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). Når oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

I kartet over innsamlingsområdet er stasjonene markert med symboler (○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt) for å illustrere vår oppfatning av miljøforholdene. Symbolene blir gitt på grunnlag av alle resultatene i undersøkelsen, både fra feltarbeidet og alle de ferdige analysene. Symbolene oppsummerer vårt helhetsinntrykk og bygger også på vår erfaring med slike undersøkelser.

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	Måleenhet	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 TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Lokaliteten ble tatt i bruk september 2001 (Tabell 2.4). Fôrforbruket det første året var på 120 tonn. Den største produksjonen ved anlegget var i 2007 hvor det ble brukt 4088 tonn fôr.

Tabell 2.4. Fôrforbruk i kg for hver måned ved Herøy.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Jan		23 000	59 000	67 500	66 671	75 830	66 330	309 220
Feb		49 000	39 000	57 000	59 000	57 926	59 900	269 703
Mars		42 000	46 000	116 723	57 500	57 500	67 500	239 322
April		52 000	66 000	83 277	88 982	79 100	71 750	94 595
Mai		116 000	143 000	133 860	144 618	118 064	135 145	309 220
Juni		140 000	53 000	25 382	288 770	165 668	245 970	0
Juli		0	0	0	0	1 247	418 635	
Aug		4 500	16 000	4 482	2 000	36 341	668 494	
Sept	8 000	14 000	64 000	17 134	28 950	67 595	659 270	
Okt	20 000	48 000	98 000	33 584	51 550	106 843	615 331	
Nov	47 000	109 000	157 000	62 800	89 237	111 294	597 944	
Des	45 000	94 000	188 000	110 929	156 207	75 830	482 070	
Totalt	120 000	692 500	929 000	712 671	1 033 485	877 408	4 088 339	

3 RESULTATER OG DISKUSJON

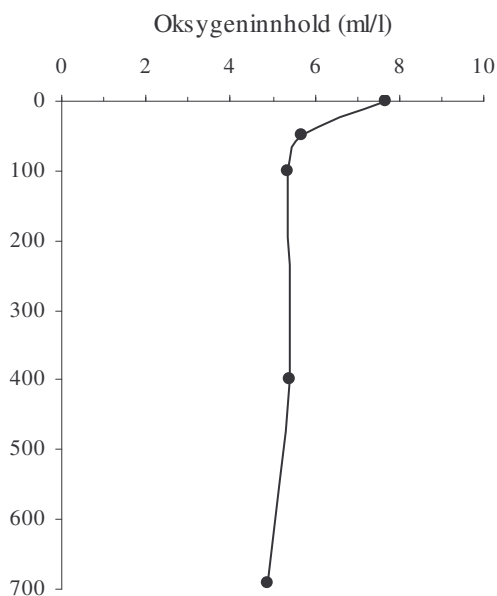
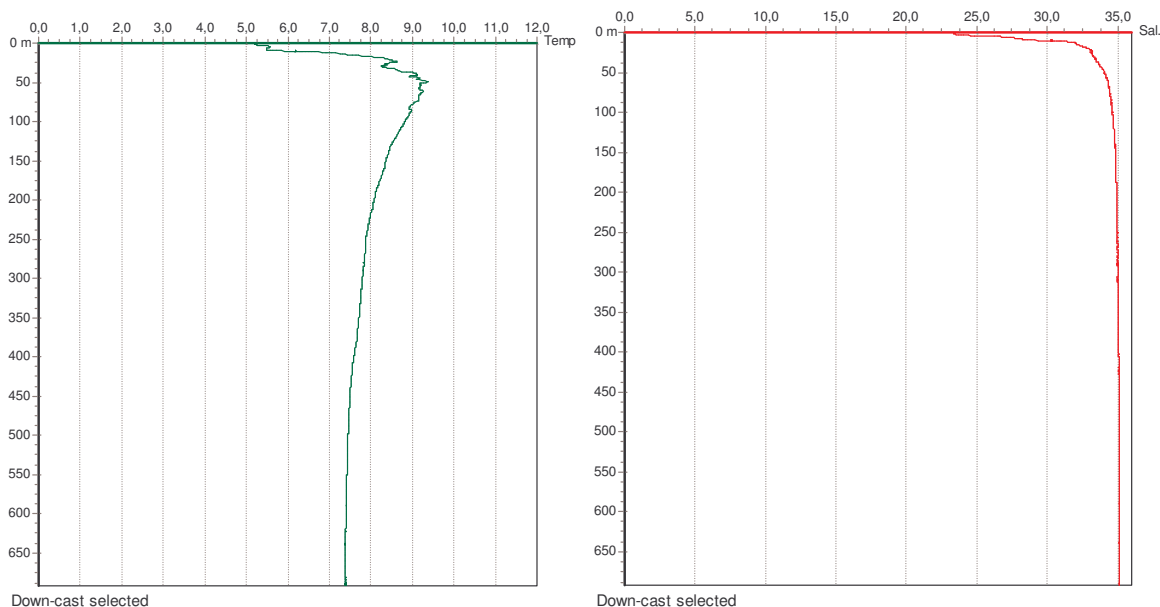
3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Vind 4. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene på Vind 4 den 21. februar 2008.

Stasjon Dato	Dyp (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur (°C)	Tetthet (δ_t)	Oksygen (ml/l)	Oks. met. (%)	Sikt (m)
Vind 4 21.02.2008	1	23,34	5,209	18,433	7,68	100,93	10
	2	23,47	5,236	18,536			
	3	23,70	5,327	18,718			
	5	26,59	5,569	20,984			
	7	27,76	5,495	21,927			
	10	29,18	5,840	23,018			
	15	32,17	7,516	25,191			
	20	32,84	8,359	25,618			
	25	33,11	8,466	25,838			
	30	33,25	8,257	26,001			
	40	33,71	9,122	26,269			
	50	34,04	9,330	26,541	5,69	87,92	
	60	34,31	9,201	26,816			
	70	34,39	9,145	26,933			
	80	34,48	8,943	27,084			
	90	34,56	8,922	27,195			
	100	34,64	8,815	27,324	5,35	82,26	
	125	34,75	8,548	27,564			
	150	34,85	8,361	27,784			
	175	34,89	8,217	27,952			
200	34,94	8,084	28,124				
250	35,00	7,876	28,431				
300	35,00	7,799	28,674				
350	35,03	7,714	28,935				
400	35,07	7,592	29,211	5,38	80,74		
450	35,11	7,497	29,484				
500	35,13	7,450	29,733				
550	35,12	7,426	29,959				
600	35,14	7,397	30,230				
650	35,14	7,392	30,428				
700	35,16	7,395	30,664	4,87	72,78		

Seksjon for Anvendt Miljøforskning



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet og oksygen. Temperatur og saltholdighet er målt med CTD-sonde fra overflaten og til 700 meter dyp mens og oksygeninnhold (ml/l) er målt med Winkler-metode i vannprøver fra seks dyp fra overflaten og til 700 meter på stasjon Vind 4 den 21. februar 2008.

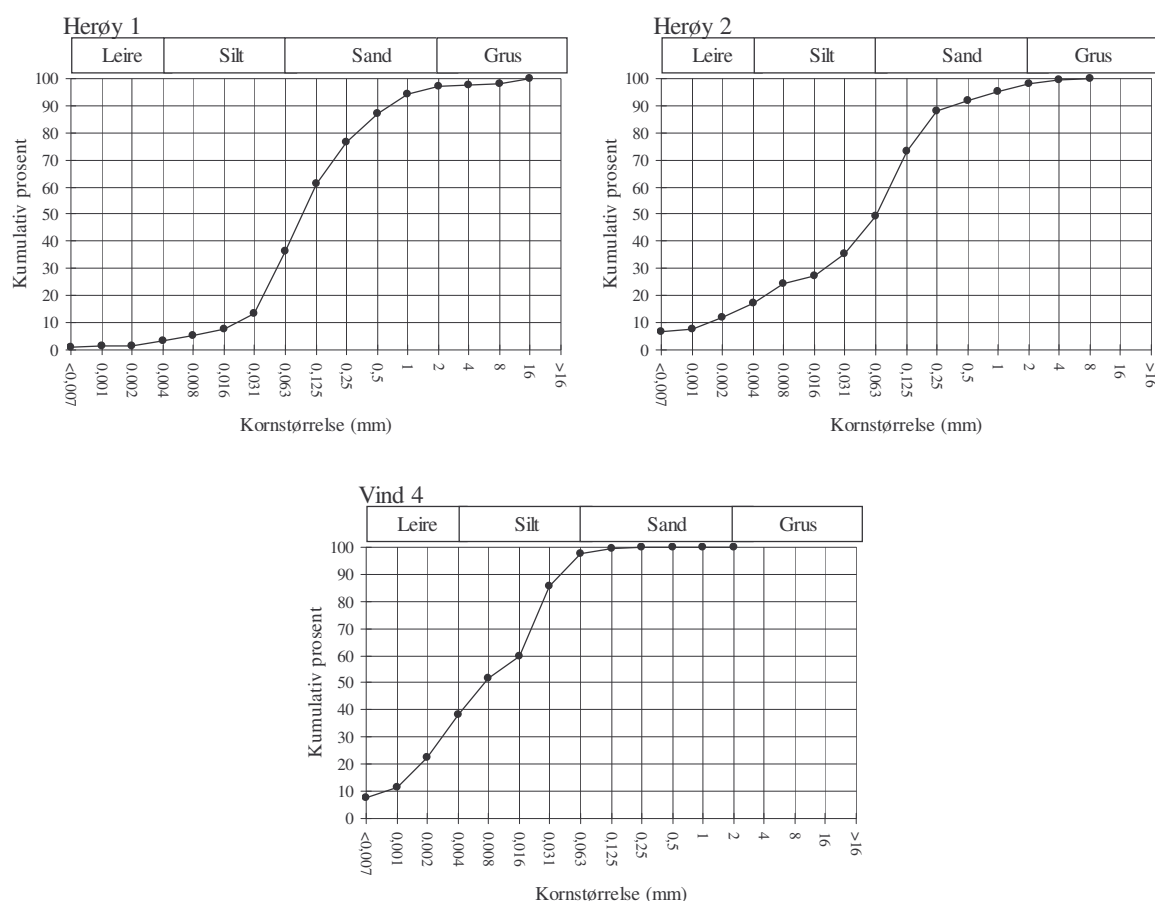
Temperaturen var 5,2 °C i overflaten, og steg til 9,3 °C i 50 m dyp før den sank til 7,4 °C i 700 m dyp (Tabell 3.1). Saltholdighetsmålingene viser et litt ferskere lag i de øverste fem meterne, med en saltholdighet på 23,3 psu og ved bunnen var saltholdigheten 35,2 psu. Oksygeninnholdet var høyest i overflaten med 7,68 ml/l, og sank til 4,87 ml/l på 700 m dyp. Dette plasserer bunnvannet i SFT's tilstandsklasse I (meget god).

3.2 Sediment

Resultatene fra sediment-undersøkelsene fra 2008 er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

Tabell 3.2. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Herøy i 2008.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Herøy 1	96	3,36	3	33	36	61	3
Herøy 2	308	3,88	17	32	49	49	2
Vind 4	703	11,46	38	60	98	2	0



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Herøy og Vindafjorden i 2008.

Stasjonene Herøy 1 og Herøy 2 hadde et grovkornet sediment med henholdsvis 61 % og 49 % sand og 3 % og 2 % grus. I dypet av fjorden på Vind 4, var det et finkornet sediment med 98

% leire og silt. Dette viser at det var gode strømforhold langs bunnen ved anlegget og lite strøm langs bunnen i dyppet av fjorden. Det organiske innholdet var lavt på alle tre stasjonene.

3.3 Kjemi

Sediment analyser

Innholdet av kobber og sink var lavt og i SFT's tilstandsklasse I (Bakgrunn) på alle tre stasjonene. Fosfor inngår ikke i SFT's manual, men sammenlignet med andre MOM-C undersøkelser var også disse verdiene lave.

Innholdet av TOC/100 g sediment var 1,0 på Herøy 1, 0,9 på Herøy 2 og 2,6 på Vind 4. For å benytte SFT's tilstandsklasse på 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). Hvis vi benytter formelen gitt i SFT's manual fikk stasjonene Herøy 1, Herøy 2 og Vind 4 en normalisert TOC verdi på henholdsvis 73.5, 16.1 og 34.7 mg/g, noe som plasserer stasjonene i henholdsvis tilstandsklasse V (Meget dårlig), I (Meget god) og IV (Dårlig). Glødetapet fra stasjonene var som tidligere nevnt (se kap3.2) ikke spesielt høyt og forskjellene mellom glødetap og normalisert TOC kan forklares med at normaliseringen av TOC ikke er tilpasset denne typen lokaliteter.

Tabell 3.3. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (T.kl.) er oppgitt etter SFT' klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	T.kl.	Sink (mg/kg)	T.kl.	Normalisert TOC (mg/g)	T.kl.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Herøy 1	96	8,8	I	55	I	73,5	V	1,9	65,9
Herøy 2	308	7,8	I	59	I	16,1	I	0,75	61,4
Vind 4	703	17	I	120	I	34,7	IV	0,84	33,2

Måling av pH og Redokspotensial (E_h)

Resultatene fra pH og E_h sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1.

Målingene av pH og E_h plasserte de to stasjonene i beste tilstand 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 to 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 / Parameter	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
Herøy 1	7,3	73	1	1
Herøy 2	7,2	177	0	1
Vind 4	7,8	297	0	1

3.4 Bunn dyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5 - 3.6, Figur 3.3 - 3.4, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i februar 2008 sammen med miljøforholdene i dypeste parti av fjorden. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskremitter) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogensulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk stoff.

I bunndyrsprøvene fra Herøy 1 like ved anlegget, ble det bare funnet 3 arter med til sammen 650 individer. Diversiteten ble beregnet til 0,1 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse V (Meget dårlig). I følge MOM standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær anleggene. Det er istedenfor utarbeidet etter eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved oppdrettsanlegg. Etter dette klassifiseringssystemet får

Herøy 1 Miljøtilstand 3 (Dårlig) (Tabell 2.3). Dette er den nest dårligste tilstanden. De tre børstemark artene som ble funnet i prøvene er alle arter som opptrer i substrat med organisk belastning. Den mest tallrike arten var børstemarken *Palpiphitime lobifera* med 98 % av alle individene. Denne art lever oppå sedimentet og finnes ofte i stort antall under oppdrettsanlegg med dårlige bunnforhold. De geometriske klassene viser også at det var dårlige forhold ved Herøy 1.

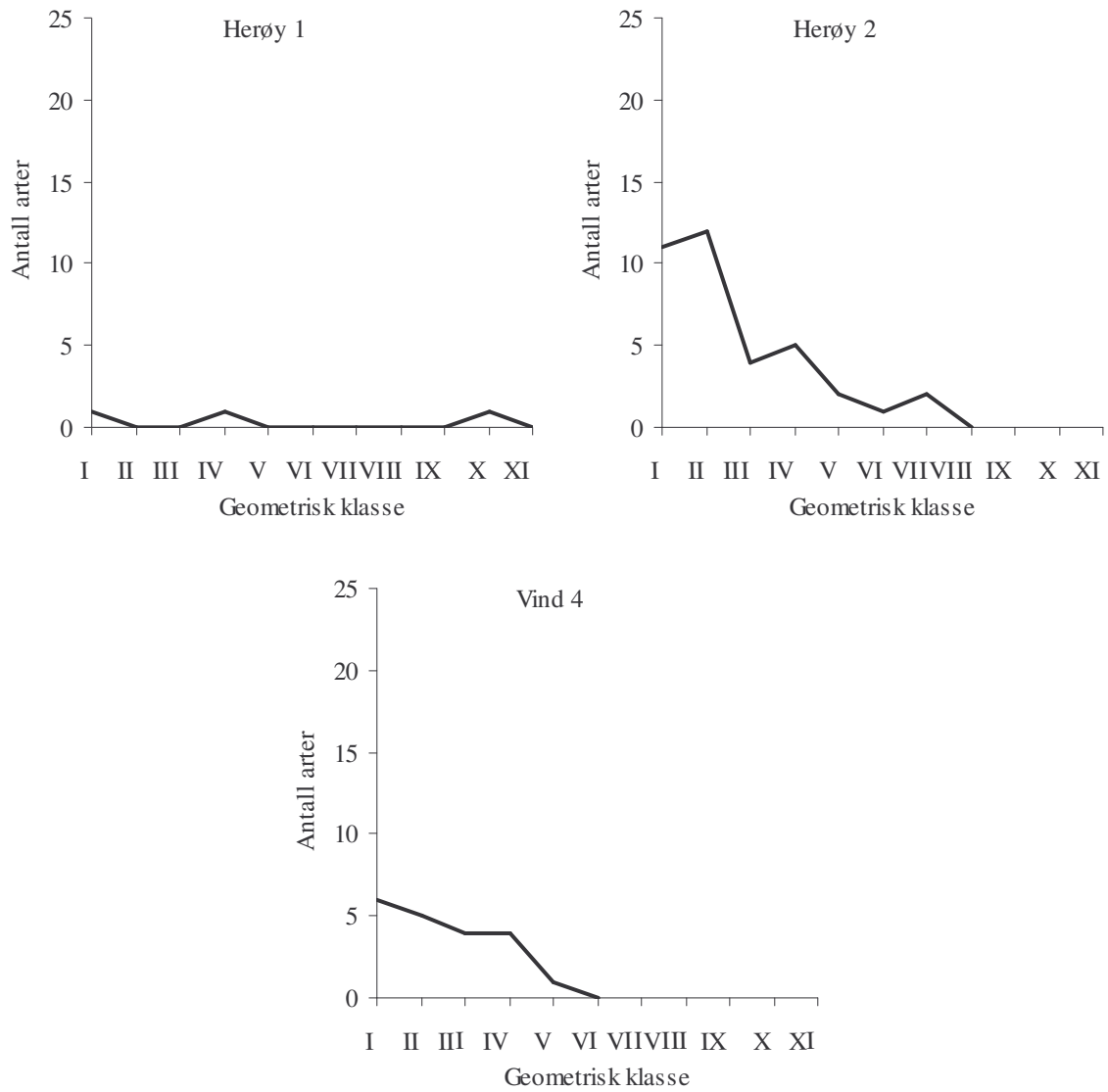
På Herøy 2 i overgangssonen, var det vanskelig å få prøve og en fikk bare en prøve til biologiske undersøkelser. I den ene prøven ble det funnet 37 arter med til sammen 384 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,7 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse II (God). I følge MOM standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær anleggene. Det er istedenfor utarbeidet etter eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved oppdrettsanlegg. Etter dette klassifiseringssystemet får Herøy 2 Miljøtilstand 1 (Meget god) (Tabell 2.3).

Ute i dypet av Vindafjorden på stasjon Vind 4 ble det funnet 20 arter med til sammen 98 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,6 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse II (God). Den mest tallrike arten var skjellet *Thyasira equalis* med 24 individer. Fordelingen av de geometriske klassene viser også at det var gode forhold i dypet av fjorden.

De multivariate analysene viser at det var mye de samme artene, og at de registrerte artene hadde lik forekomst i hvert enkelt hugg på hver stasjon (Figur 3.4). Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som er funnet og hvor mange individer det er av hver art.

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

Stasjon	Dyp (m)	Hugg nr.	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	Mom. H'_{max}	SFT's T.kl.
Herøy 1	96	1	535	3	0,14	0,09	1,58	3
		2	115	2	0,07	0,07	1,00	
		sum	650	3	0,13	0,08	1,58	
Herøy 2	308	1	384	37	3,68	0,71	5,21	1
Vind 4	703	1	75	16	3,35	0,84	4,00	II
		2	23	12	3,20	0,89	3,58	
		sum	98	20	3,64	0,84	4,32	



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

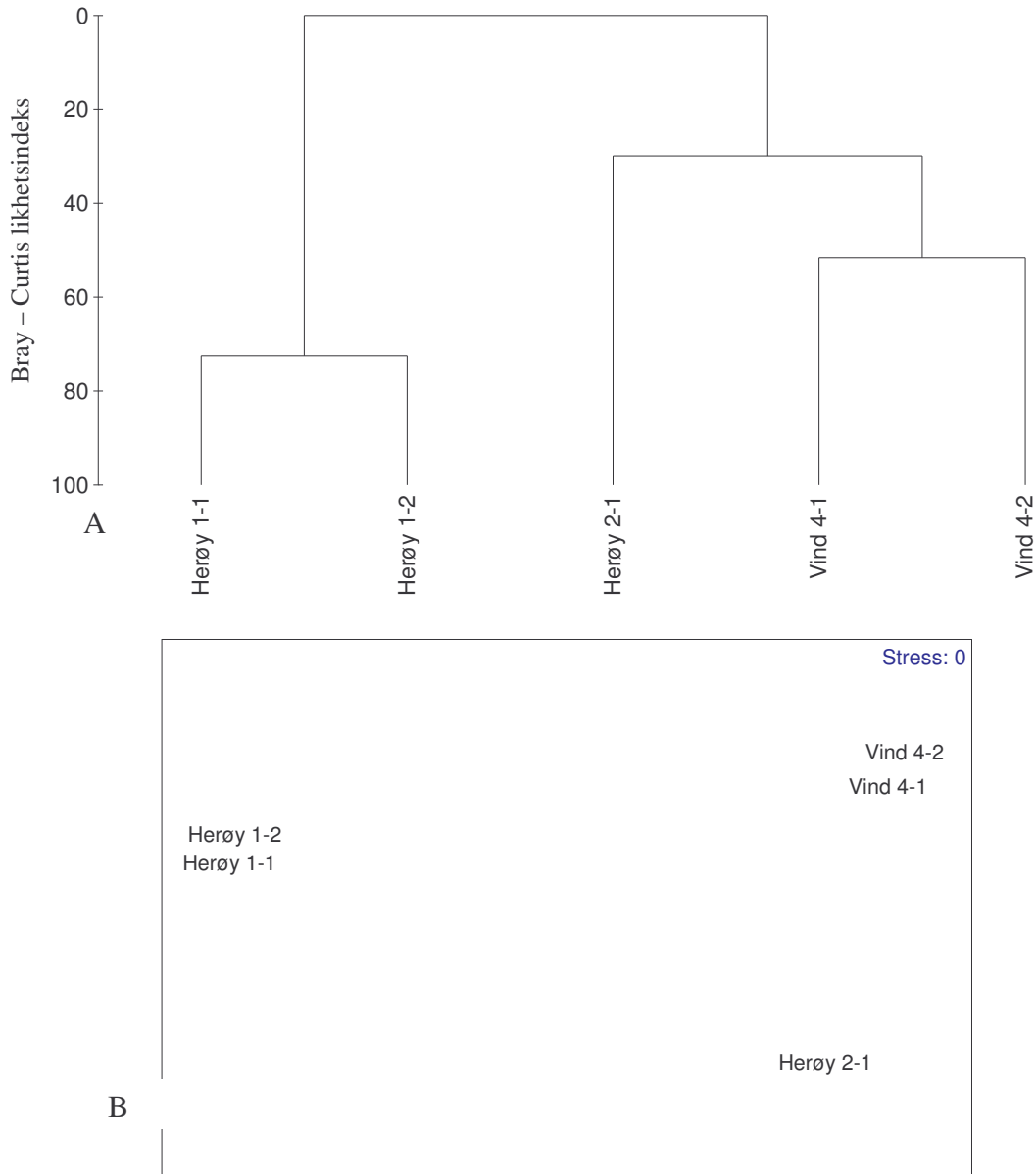
Tabell 3.6. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Herøy 1	Antall	0,2 m ²	
		%	Kum %
<i>Palpiphitima lobifera</i>	639	98,3	98,3
<i>Capitella capitata</i>	10	1,5	99,8
<i>Vigtorniella</i> sp.	1	0,2	100,0

Herøy 2	Antall	0,1 m ²	
		%	Kum %
<i>Melythasides laubieri</i>	112	29,2	29,2
<i>Amythasides macroglossus</i>	65	16,9	46,1
<i>Amage auricula</i>	39	10,2	56,3
<i>Aphelochaeta</i> sp.	26	6,8	63,0
<i>Kelliella abyssicola</i>	24	6,3	69,3
<i>Heteromastus filiformis</i>	15	3,9	73,2
<i>Eriopisa elongata</i>	14	3,6	76,8
<i>Streblosoma intestinale</i>	10	2,6	79,4
<i>Terebellides stroemi</i>	10	2,6	82,0
<i>Nucula tumidula</i>	9	2,3	84,4

Vind 4	Antall	0,2 m ²	
		%	Kum %
<i>Thyasira equalis</i>	24	24,5	24,5
<i>Kelliella abyssicola</i>	12	12,2	36,7
<i>Amphilepis norvegica</i>	10	10,2	46,9
<i>Melythasides laubieri</i>	9	9,2	56,1
<i>Cerianthidae</i> indet.	8	8,2	64,3
<i>Terebellides stroemi</i>	6	6,1	70,4
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	4	4,1	74,5
<i>Neoleanira tetragona</i>	4	4,1	78,6
<i>Paradiopatra fiordica</i>	4	4,1	82,7
<i>Nephtys longosetosa</i>	3	3,1	85,7

Seksjon for Anvendt Miljøforskning



Figur 3.4. De multivariate analysene viste at det var stor likhet mellom de to huggene fra hver enkelt stasjon, men stor forskjell i faunasammensetningen mellom stasjonene. A) Cluster og B) MDS-plott med stressfaktor 0. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Bassert på Bray-Curtis indeks. Herøy1-1 er første hugg fra Herøy 1 osv.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved en oppdrettslokalitet ved Herøy i Vindafjorden. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 21. februar 2008. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden. På stasjonen ved anlegget var det en svak lukt av sedimentet. I 2006 ble det foretatt en MOM-B undersøkelse (Skaar 2006). Lokaliteten fikk da miljøtilstand 2 og det ble funnet at forholdene i den nordlige delen av anlegget var bedre enn i den sørlige delen. Anlegget ble flyttet mot vest i 2007 og resultatene fra MOM-B undersøkelsen er ikke direkte sammenlignbare med denne undersøkelsen. Det er ikke tidligere utført en MOM-C undersøkelser ved lokaliteten.

Hydrografimålingene viste at det var gode oksygenforhold i dypet av fjorden.

Det var et lavt organisk innhold på alle tre stasjonene. Stasjonene like ved anlegget og i overgangssonen hadde et grovkornet sediment bestående av mest sand, noe som indikerer gode strømforhold. I dypet av fjorden var det et finkornet sediment.

Innholdet av kobber og sink var lavt på alle tre stasjonene og fikk SFT's tilstandsklasse I (Bakgrunn). Innholdet av TOC var høyt like ved anlegget og ute i dypet av fjorden, henholdsvis SFT's tilstandsklasse V (Meget dårlig) og IV (Dårlig). Metoden som benyttes for å normalisere TOC innholdet i forhold til innholdet av finfraksjon (leire og silt), er ikke tilpasset til fjorder. pH og E_h målingene indikerte gode forhold på alle stasjonene.

På stasjonen like ved anlegget ble det bare funnet 3 arter med til sammen 650 individer. Den mest tallrike arten var børstemarken *Palpiphitime lobifera* som utgjorde 98 % av alle individene. Dette er en art som opptrer i stort antall under oppdrettsanlegg når det er dårlige forhold. Stasjonen fikk Miljøtilstand 3 (Dårlig). I overgangssonen ble det funnet 37 arter med til sammen 384 individer. Stasjonen fikk miljøtilstand 1 (Meget god). I dypet av fjorden ble det funnet 20 arter i sedimentet med til sammen 98 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,6 som gir SFT's tilstandsklasse II (God).

Anlegget ble dreid mot vest i juni 2007, men deler av anlegget ligger fortsatt over den samme bunnen hvor det gamle anlegget var plassert (Vedleggsfigur 1). Plasseringen av stasjonen i denne undersøkelsen er like nordvest av den gamle plasseringen av anlegget. En dominerende vestlig strømretning kan ha ført til sedimentasjon i dette området fra den gamle plasseringen av anlegget.

Etter at denne MOM-C undersøkelsen ble foretatt er det utført en MOM-B undersøkelse, hvor anlegget fikk tilstand 1 (Skaar 2008). De store forskjellene i resultatene fra MOM-B og MOM-C undersøkelsene, kommer av at bunndyrfaunaen blir grundigere undersøkt i en C-undersøkelse.

Prøvene tatt like ved anlegget viser at driften av anlegget har en sterk negativ påvirkning på bunnfaunaen, uten at det er opphopning av organisk materiale, kobber eller sink. Resipienten som helhet ser ut til å tåle fôringsintensiteten. Det har vært en sterk økning av fôrforbruket det siste året og vi anbefaler at forholdene under anlegget følges opp med MOM-C undersøkelser etter neste fôringstopp. Dette vil fange opp en eventuell negativ utvikling.

5 TAKK

Vi takker Lars Nårstad på *Astri S* for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Gisle Vassenden og Amir Amin. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av R. Tveiten, K. L. Nielsen, T. Alvestad og F. Lie. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- 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.
- Skaar A. 2006. Miljøundersøkelse etter MOM-konseptet av Lokalitet Herøy Marine Harvest Rogaland A/S. BioConsult Rapport nr. 44
- Skaar A. 2008. Miljøundersøkelse etter MOM-konseptet av Lokalitet Herøy Marine Harvest. BioConsult Rapport nr. 6308
- 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*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	28
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i>	35
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	37
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	40
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i>	41
<i>Vedleggsfigur 1. Plassering av anlegget</i>	44

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.

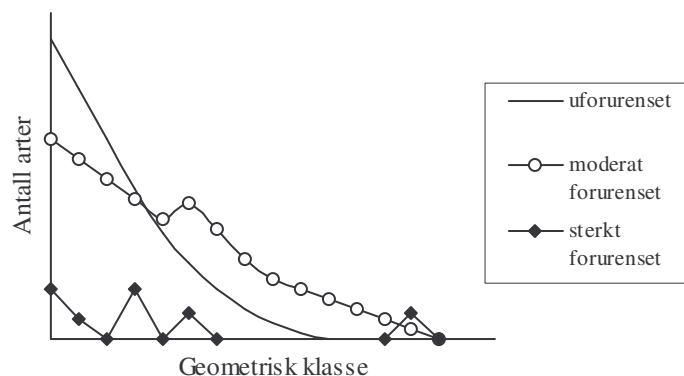
Geometriske klasser

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 prøvelighet 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:

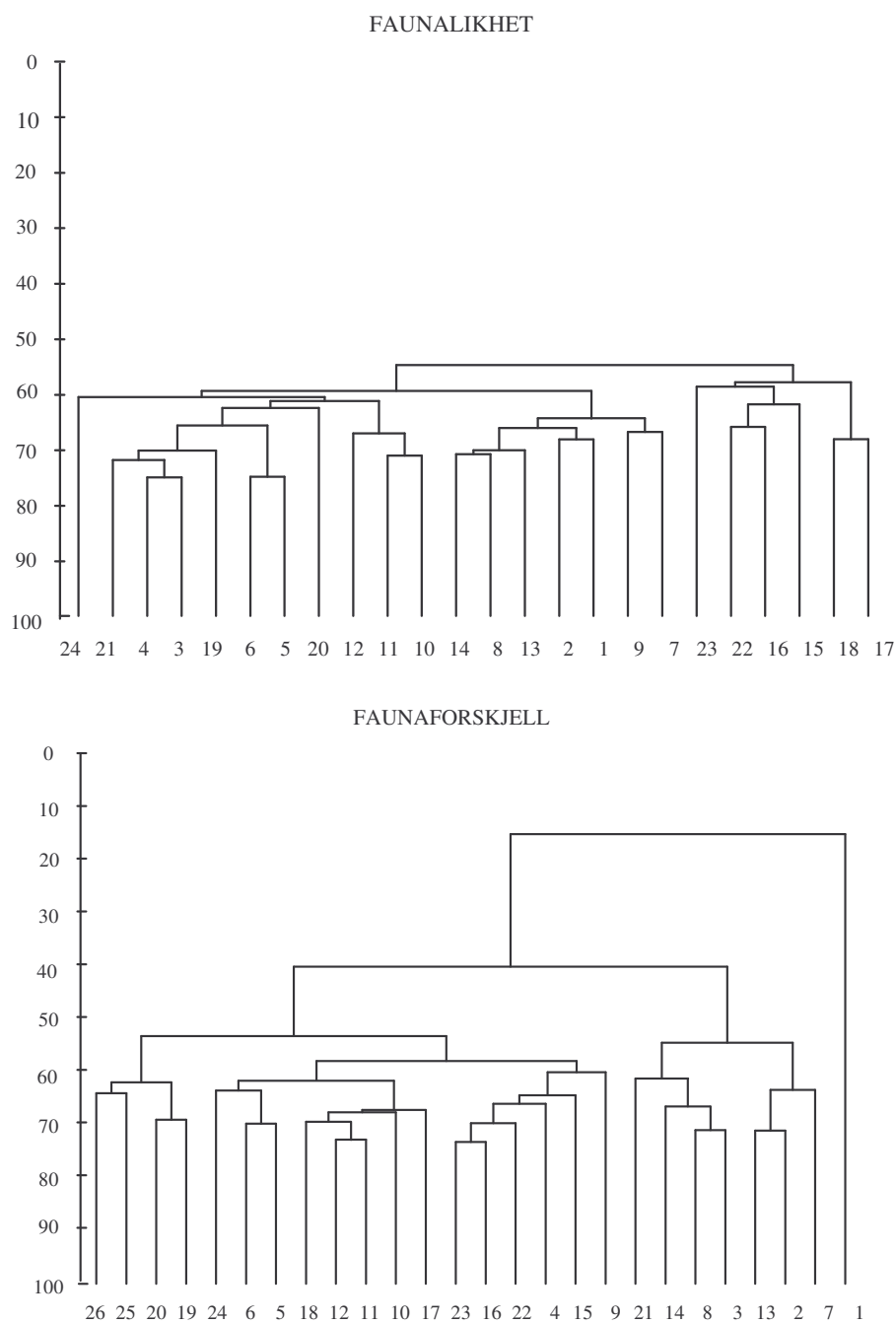
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

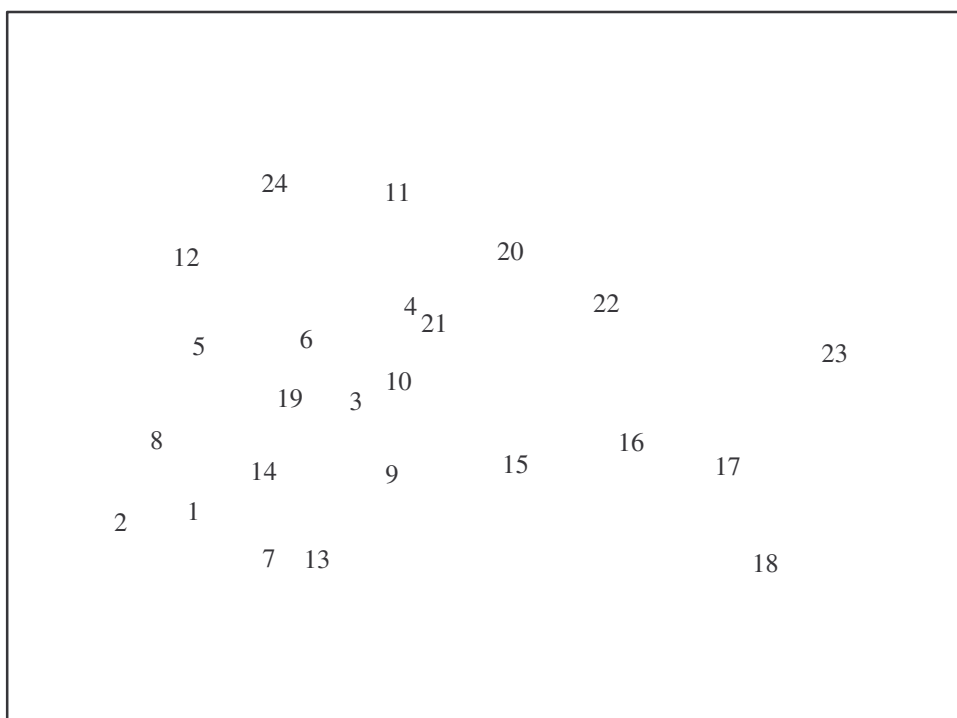
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

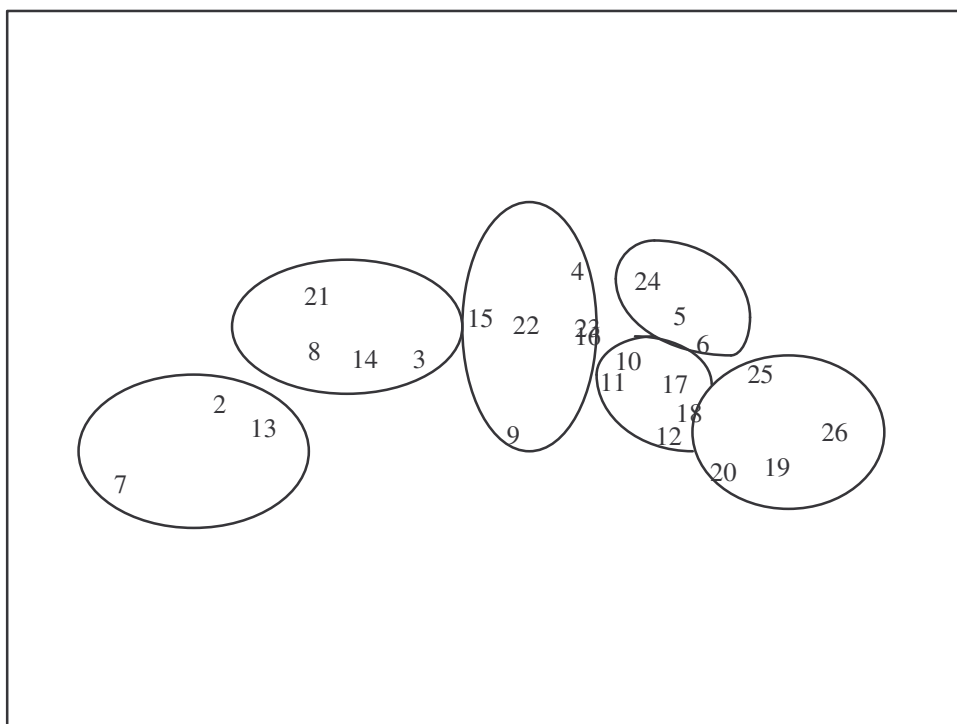


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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 parametere.

Tabell B1 - SKJEMA FOR PRØVETAKINGSTEDER - B-undersøkelsen

Firma: Marine Harvest AS

Konsesjonsnr: RTV0004; RV0004; RV0011; RV0016

Lokalitet: Herøy, Vindafjord kommune

Dato: 21.02.2008

Prøvetakssted (nummer)	Herøy 1	Herøy 2	Vind 4							
Dyp (m)	96	308	703							
Antall forsøk for prøvetaking										
Bunntype: Skjellsand										
Sand/Grus		x								
Leire	x		x							
Mudder										
Steinbunn										
Fjellbunn										
Pigghuder										
*Krepsdyr										
*Bløtdyr										
*Mark										
**Malacoceros fuliginosus										
Dyr fra anleggsinstallasjonen	-	nei	-							
For/fekalier	-	nei	-							
Beggiatoa	-	nei	-							
Spontan bobling	-	-	-							
Bobling ved prøvetaking	-	-	-							
Bobling i prøve	-	-	-							
Grabb areal	0,1 m ²	*Få/Mange/En art dominerer. **Antall individer noteres								

Signatur: Gisle Vassenden

Tabell B2 - SKJEMA FOR KONTROLLBETINGELSER

	Sjøvann	Sediment	pH-buffer
Temperatur	5,9	8	6,0
pH	7,7		
E _h	200	Referanseelektrodens potensial (mv)	217

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Tabell B3 - PRØVESKJEMA

Lokalitet: Herøy, Vindafjord kommune

Dato: 21.02.2008

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer								Indeks		
			Herøy 1	Herøy 2	Vind 4								
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0	0								
	Tilstand (Gruppe I)												
II	pH	Målt verdi	7,3	7,2	7,8								
	E _n (mv)	Målt verdi	-144	-40	80								
		+ ref.potensial	73	177	297								
	pH/E _n	Poeng, tillegg D	1	0	0								
Tilstand (prøve)			1	1	1								
Tilstand (Gruppe II)													
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0								
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0									
		Brun/Sort (2)											
	Lukt	Ingen (0)		0	0								
		Noe (2)	2										
		Sterk (4)											
	Konsistens	Fast (0)	0										
		Myk (2)		2	2								
		Løs (4)											
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)											
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)	1										
		v ≥ 3/4 (2)		2	2								
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0	0								
		2 ≤ t < 8 cm (1)											
t ≥ 8 cm (2)													
Sum			3	4	4								
Korr.sum (0,22)			0,66	0,88	0,88								
Tilstand (prøve)			1	1	1								
Tilstand (Gruppe III)													
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)		1	1	1								
Tilstand (prøve)			1	1	1								
Tilstand (Gruppe II & III)													

LOKALITETENS MIDDELSTILSTAND

Signatur: Gisle Vassenden

Vedleggstabell 2. Artsliste



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)

Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25



BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): Marine Harvest Norway AS

Prosjekt nr.: 801368

Prøvetakingssted: Lokalitet Herøy, Vindafjord kommune

Dato for prøvetaking: 21. februar 2008

Ansvarlig for prøvetaking (firma): UNIFBOB AS SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: En fikk bare en prøve på Her 2.

Artene er identifisert av: Per Johannessen (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.

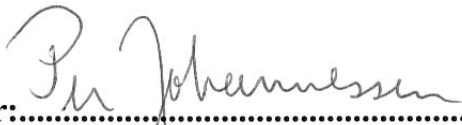
* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

* 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: 
Signaturberettiget

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 1/2	Stasjon:	Vind 4	Vind 4	Herøy 1	Herøy 1	Herøy 2
Arter	Hugg nr.:	1.hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg
* PORIFERA indet.						
* HYDROZOA indet.						+
ANTHOZOA indet.						
Cerianthidae indet.		6	2			
* NEMERTINI indet.						1
* NEMATODA indet.		1		2		
POLYCHAETA						
Paramphinome jeffreysii						5
Neoleanira tetragona		1/2	1			1
Exogone sp.						1
Nephtys longosetosa		1	1/1			
Paradiopatra fiordica		1	3			1/3
Paradiopatra quadricuspis						0/2
Lumbrineridae indet.		2				3
Palpiphitime lobifera				525	113/1	
Vigtorniella sp.				1		
Spiochaetopterus bergensis		1	1			1
Aricidea catherinae						1
Levinsenia gracilis			1			
Paraonis sp.						1
Aphelochaeta sp.						26
Capitella capitata				7/2	1	
Heteromastus filiformis		1	1			15
Clymenura borealis						2
Rhodine loveni						1
Myriochele oculata		1				
Pectinaria auricoma						0/2
Sabellides octocirrata		1				2
Amythasides macroglossus						65
Amage auricula						24/15
Melythasides laubieri		9				112
Paramphitrite tetrabanchia						3
Streblosoma intestinale						5/5
Terebellides stroemi		5/1				10
Sabellidae indet.						3
Onchnesoma steenstrupi		2	2			
CRUSTACEA						
* Calanus finmarchicus						1
* Calanus hyperboreus			2			1
* Heterorhabdus norvegicus						1
* Mysidacea indet.		1				
* Amphipoda indet.						5
Eriopisa elongata						11/3
MOLLUSCA						
Caudofoveata indet.						4
Nucula tumidula						8/1
Yoldiella lucida			1			
Bathyarca pectunculoides						1
Delectopecten vitreus						2/1
Pseudamussium septemradiatum						1

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 1/2 Arter	Stasjon: Hugg nr.:	Vind 4	Vind 4	Herøy 1	Herøy 1	Herøy 2
		1.hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg
Thyasira obsoleta		2				2/1
Thyasira equalis		12/5	6/1			1/4
Thyasira eumyaria			1			
Montacuta ferruginosa						2/1
Abra longicallus			1			2
Kelliella abyssicola		11/1				12/12
Entalina tetragona						3
ECHINODERMATA						
Asteroidea indet.						0/1
Amphilepis norvegica		1/9				0/1
Brissopsis lyrifera						1
* CHAETOGNATHA indet.			1			1
* PISCES egg.					1	
* VARIA		+	+			

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

	Herøy 1	Herøy 2	Vind 4
I	1	11	6
II	0	12	5
III	0	4	4
IV	1	5	4
V	0	2	1
VI	0	1	0
VII	0	2	
VIII	0	0	
IX	0		
X	1		
XI	0		

Vedleggstabell 4. Analysebevis

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
Gisle Vassenden
Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
Høyteknologisenteret
5020 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 1 (1)

Kundenummer	8183600-1284471	Prøvemottak	14.05.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analysereport klar	22.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801368, ref 18/08		
Sted for prøvetaking	Herøy		

Lab.nr.	NOV015412-08		NOV015413-08		Ref/Metode	
Merket	Lind 2, 3. hugg, 21.02.08		Herøy 2, 2. hugg, 21.02.08			
Tatt ut	21.02.2008		21.02.2008			
Parameter	Enhet			Måleu.	basert på	Lab
Totalt Organisk Karbon	g/100g	0.95	0.93	±15%	AJ 31	
Tørrstoff	%	55.0	61.4	±15%	NS 4764-1	○
Fosfor, P	g/kg TS	1.0	0.75	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Sink, Zn	mg/kg TS	65	59	±15%	NS-EN ISO 11885	○
Kobber, Cu	mg/kg TS	9.8	7.8	±20%	NS-EN ISO 11885	○

Grethe Arnestad
Cand.Mag

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822

Side 1 (1)

Analyserapport

Moss

AnalyCen 

UNIFOB AS
 Gisle Vassenden
 Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
 Høyteknologisenteret
 5020 Bergen

Rapport utført av
 akkreditert laboratorium

Report issued by
 Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1244612	Prøvemottak	05.03.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	12.03.2008
Oppdragsmerket	prosjektnr 801368, ref 07/08 Stedkode 611101 (Vind, Herøy, Lind og Het)		
Sted for prøvetaking	Herøy		

Lab.nr.
 Merket
 Tatt ut

Parameter	Enhet	Måleu.	Ref/Metode	
			basert på	Lab
Totalt Organisk Karbon	g/100g	±15%	AJ 31	
Tørrestoff	%	±15%	NS 4764-1	○
Fosfor, P	g/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Sink, Zn	mg/kg TS	±15%	NS-EN ISO 11885	○
Kobber, Cu	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Sted (Angir hvor analysen ble utført)

AnalyCen AS, Norge – www.analycen.no

O Postboks 3055, 1506 Moss, Norge Tlf.: +47 69 27 98 00

Y Postboks 33, 1851 Mysen, Norge Tlf.: +47 69 89 53 50

AnalyCen Ecotox, Norge

E Postboks 6875 Rodeløkka, 0504 Oslo, Norge Tlf.: +47 23 23 48 50

Lantmännen Analycen AB, Sverige – www.analycen.se

G Box 11404, 404 29 Göteborg, Sverige Tlf.: +46 31 61 37 40

K Box 9024, 291 09 Kristianstad, Sverige Tlf.: +46 44 28 11 00

L Box 905, 531 19 Lidköping, Sverige Tlf.: +46 51 08 87 00

R Box 1743, 701 17 Örebro, Sverige Tlf.: +46 19 605 17 52

S Box 381 55, 100 64 Stockholm, Sverige Tlf.: +46 8 556 083 00

U Box 97, 751 03 Uppsala, Sverige Tlf.: +46 18 68 10 80

Lantmännen Analycen A/S, Danmark – www.analycen.dk

F Vesterballevej 4., 7000 Fredericia, Danmark Tlf.: +45 75 94 50 30

Lantmännen Analycen OY, Finland – www.analycen.fi

T Hatunpääkatu, 33900 Tampere, Finland Tlf.: +358 3 3147 3201

AnalyCen Polska Sp.2.0.0, Polen

W ul. Potocka 4, 01 - 652 Warszawa Tlf.: +48 600 038 944

Måleusikkerhet

Utvidet relativ måleusikkerhet fremkommet med kontrollprøve på laboratoriet

(95% konfidensintervall) og interkalibreringer som laboratoriet har deltatt i.

For flere av analysene varierer måleusikkerheten innen måleområdet og angis med den verdien som er relevant for det aktuelle resultatet.

For ytterligere informasjon, vennligst kontakt laboratoriet.

Metodeoversikt og måleusikkerhet fås ved henvendelse til AnalyCen.

Øvrige forklaringer

* Ikke akkreditert av AnalyCen AS

m Knyttet til metode/ref. Angir at metoden det henvises til har enkelte modifikasjoner.

Detaljer fås ved henvendelse til laboratoriet.

Akkreditering

Laboratoriene i Norge er akkreditert av Norsk Akkreditering og sertifisert av SEMKO.

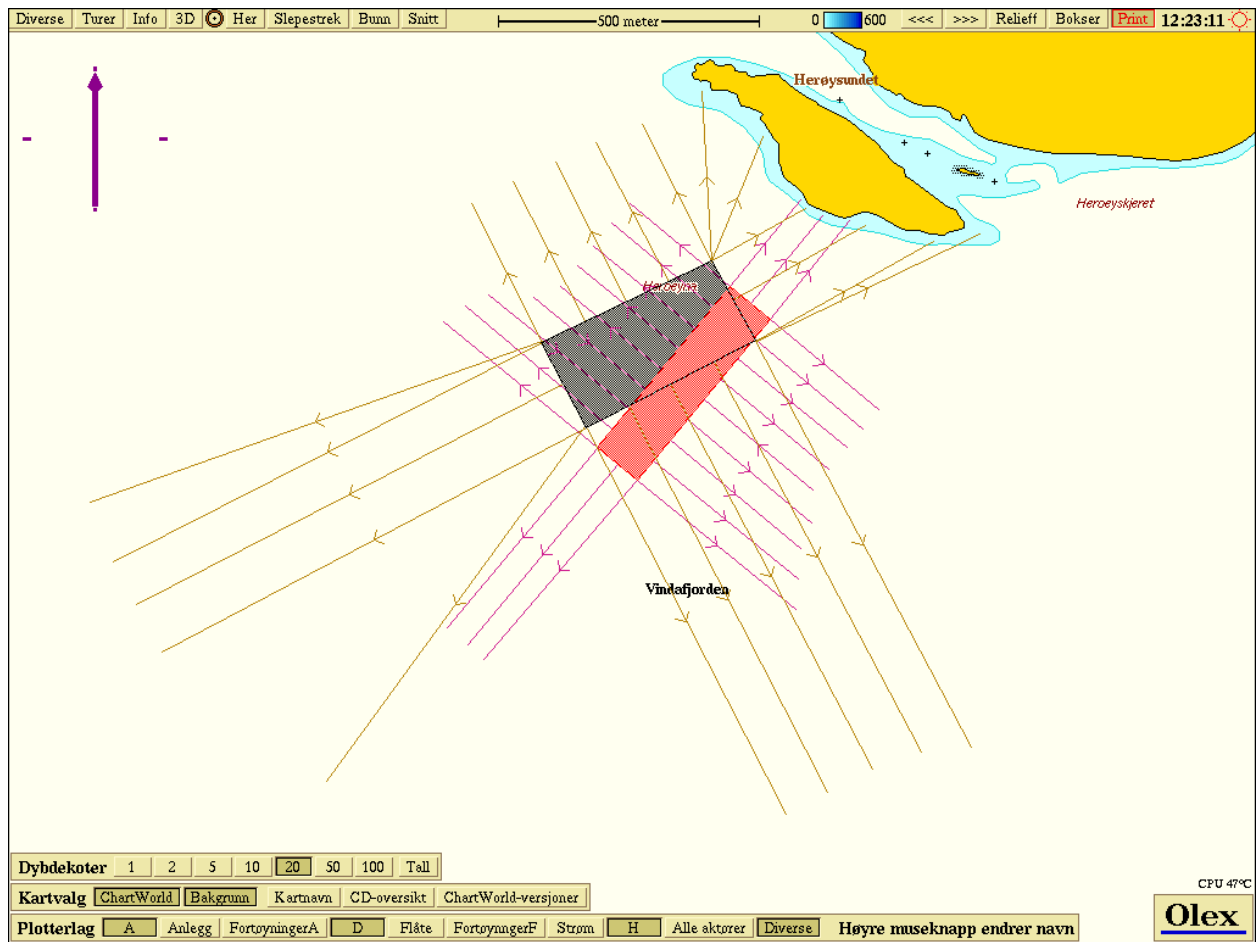
Virksomheten ved laboratoriene oppfyller kravene i

NS-EN-ISO 17025, NS-EN ISO 9001 og NS-EN ISO 14001

Analyseresultatene gjelder for analyser av de anførte prøver i den stand de ble mottatt.

Rapporten skal ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra prøvingslaboratoriet.

Hovedadministrasjon for AnalyCen AS, Norge; Moss. Foretaksnr.: NO 973 191 896 MVA



Vedleggsfigur 1. Plassering av anlegget

Den røde skraveringen viser plasseringen av anlegget frem til det ble flyttet i juni 2008 (grå skravering). Kart tilsendt fra Marine Harvest AS