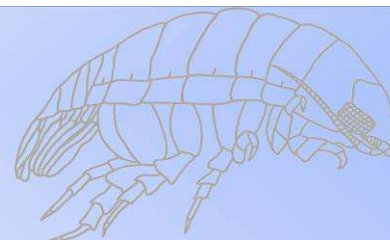


# SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 12-2008

## *MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Lauplandsholmen i Boknafjorden, Bokn kommune i 2008*

Erling Heggøy  
Per-Otto Johansen



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 Lauplandsholmen i Boknafjorden, Bokn kommune i 2008.	Dato: 16.5.2008
	Antall sider og bilag: 43
Forfatter(e): Erling Heggøy og Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Erling Heggøy
	Prosjektnummer: 801563

Oppdragsgiver: Grieg Seafood Rogaland AS	Tilgjengelighet: Åpen
---	--------------------------

Abstract:



The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at a fish farm in Boknafjorden 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 results show that the content of copper in the sediment was high close to the fish farm. The other measured chemical components in the sediment were low. The oxygen content in the deepest part of Boknafjorden was high. The investigation shows an environmental impact on the bottom fauna close to Lauplandsholmen 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:	Emneord:
Fish farm	Fiskeoppdrett
Recipient	Resipient
Benthos	Bunndyr
Sediment	Sediment
Hydrography	Hydrografi

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 12-2008

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

## INNHold

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Hydrografi .....	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser .....	9
2.2.4 Bunndyr.....	9
<b>2.3 Produksjonsdata fra anlegget .....</b>	<b>12</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Hydrografi .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Sediment.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Kjemi.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Bunndyr .....</b>	<b>17</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>22</b>
<b>5 TAKK .....</b>	<b>23</b>
<b>6 LITTERATUR.....</b>	<b>23</b>
<b>7 VEDLEGG.....</b>	<b>24</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Lauplandsholmen i Boknafjorden, Bokn kommune, lokalitetsnummer 11438. Innsamlingene ble gjennomført i 19. februar 2008. På samme tokt ble miljøforholdene ved oppdrettsanlegg i områdene ved Kvitsøy, Store Teistholmen og Rennaren også undersøkt. Resultatene fra disse undersøkelsene blir presentert i egne rapporter. Undersøkelsen er utført av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-marin) på oppdrag fra Grieg Seafood Rogaland as.

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.

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

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene 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 ble utført en MOM-B undersøkelser ved lokaliteten i august 2006 (Fomas 2006).

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

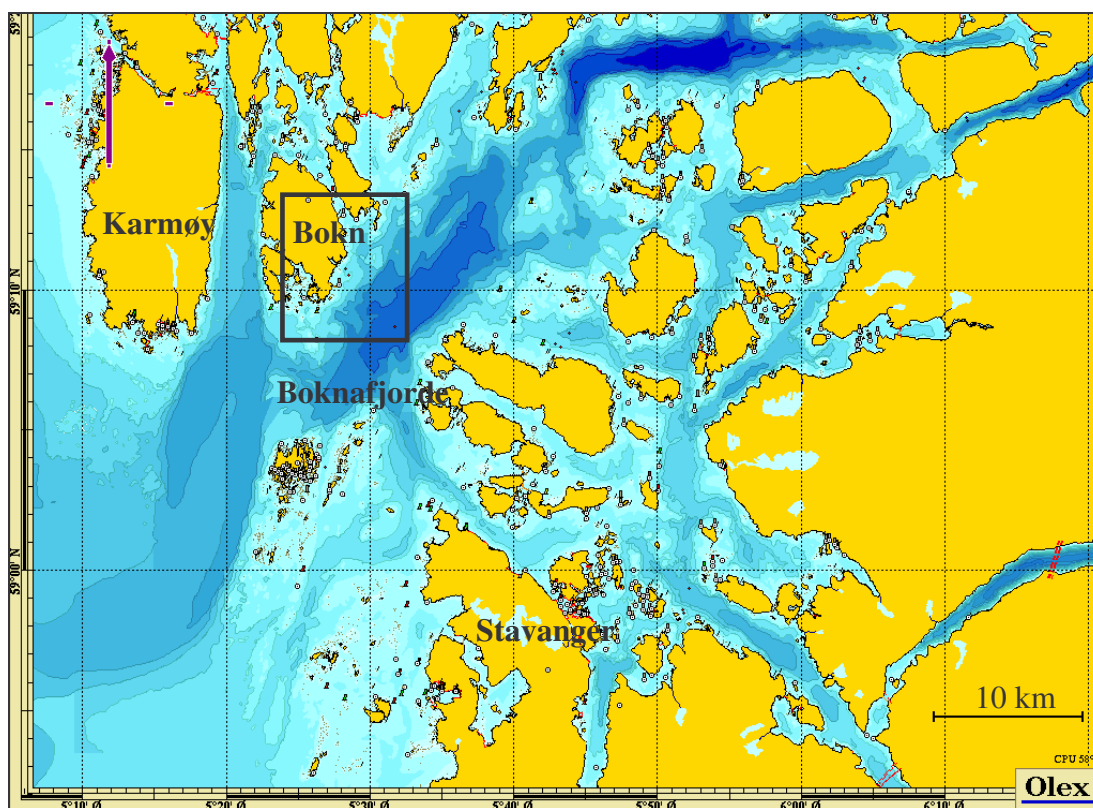
Undersøkelsesområdet ligger i Boknafjorden sør for Bokn (Figur 2.1 og 2.2). Bunnen under oppdrettsanlegget var forholdsvis flat. Dybden under anlegget ligger rundt 100 m. Fjorden utenfor lokaliteten skrår ned mot dypet av Boknafjorden på 580m.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

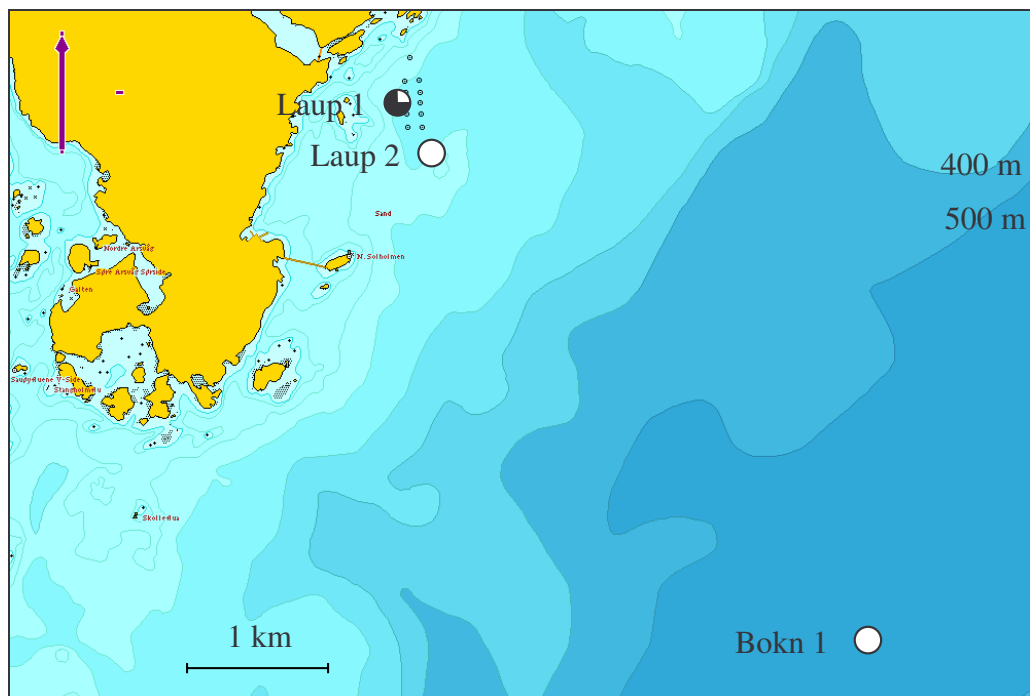
Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten *Astri S* den 19. februar 2008. Det ble tatt prøver fra to stasjoner ved anlegget, og fra en stasjon på 581 m i Boknafjorden.

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

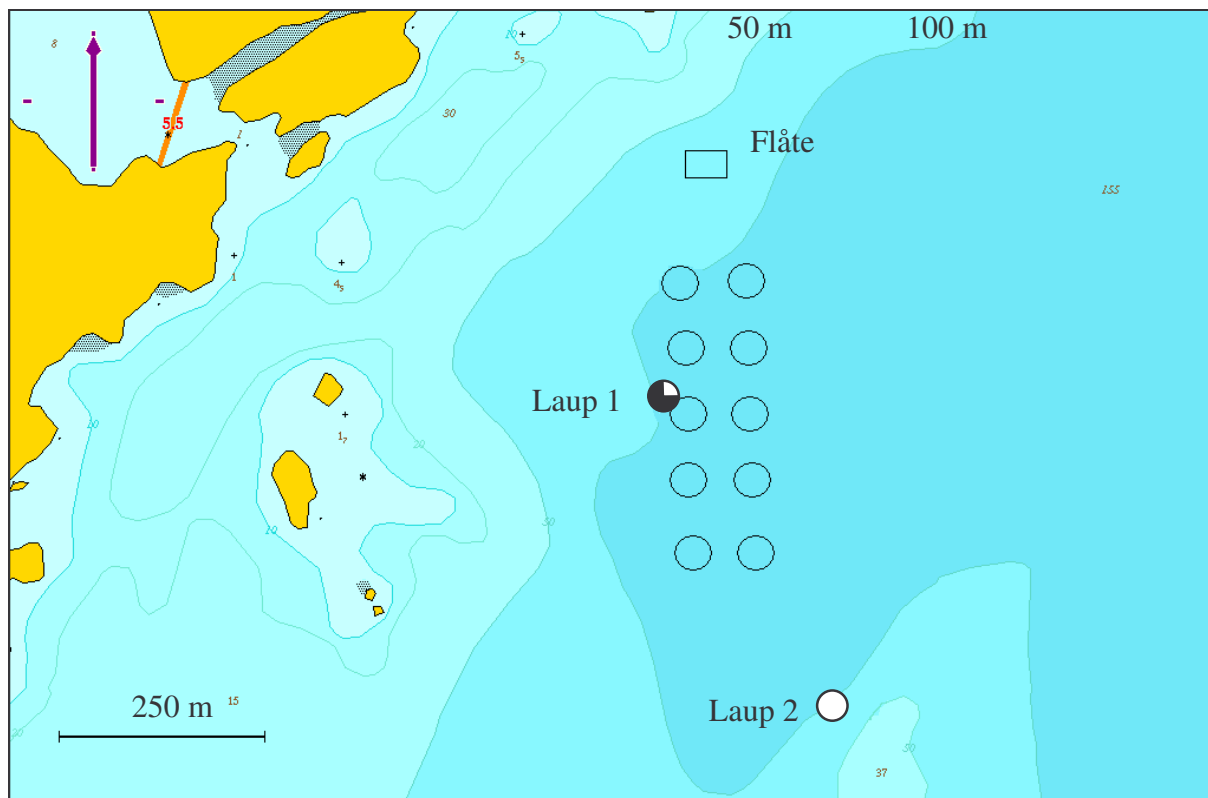
Til innsamling av vannprøver ble det benyttet Nansen-vannhenter og en CTD-sonde. Måling av temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet. Oksygeninnholdet (ml/l) i sjøvannsprøver ble bestemt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



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



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



**Figur 2.3.** Detaljsskisse over lokaliteten med stasjonen i nærsonen og overgangsonen. Det er og en enkel skisse av ringene ved anlegget og flåten. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 19. februar 2008. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb. Full grabb inneholder 17 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Laup 1 19.2.08	Lauplandsholmen 59°10,757' N 05° 28,281' Ø	99	1	5	Grått sandig sediment. Litt stein. Svak förlukt. Geologi og kjemi fra 3. hugg.
			2	7	
			3	2	
Laup 2 19.2.08	Lauplandsholmen 59°10,561' N 05° 28,495' Ø	107	1	14	Grått sandig sediment med en del stein. Geologi og kjemi fra 3. hugg.
			2	8	
			3	8	
Bokn 1 19.2.08	Boknafjorden 59°08,676' N 05° 31,760' Ø	581	1	17	Grått finkornet sediment. Geologi og kjemi fra 3. hugg.
			2	17	
			3	14	

### 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 sedimentoverflaten, og lukte råttent ( $H_2S$ ). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

### **2.2.3 Kjemiske analyser**

Det ble tatt ut prøve fra 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-Kjelldahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i 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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 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) (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 <sub>2</sub> /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 nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	- Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . - 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 <sup>2</sup> . - Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . - 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 <sup>2</sup>
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	- Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

## 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Lokaliteten ble tatt i bruk 2000. Siden 2005 er det brukt 11 395 tonn med fôr (Tabell 2.4).

**Tabell 2.4.** Fôrforbruk ved Lauplandsholmen i kg.

	2005	2006	2007	2008
<b>Januar</b>	98 447	121 059	133 810	282 550
<b>Februar</b>	77 826	113 655	0	352 328
<b>Mars</b>	93 914	148 436	1 000	233 461
<b>April</b>	131 890	244 049	41 249	223 224
<b>Mai</b>	266 924	388 731	129 299	278 347
<b>Juni</b>	306 854	445 068	197 011	321 951
<b>Juli</b>	520 167	609 565	269 985	74 853
<b>August</b>	614 121	621 276	314 175	
<b>September</b>	588 536	624 546	211 313	
<b>Oktober</b>	251 910	379 830	214 631	
<b>November</b>	217 329	250 963	339 463	
<b>Desember</b>	110 749	172 580	378 606	
<b>Total:</b>	3 278 667	4 119 758	2 230 543	1 766 714
<b>Total for alle år:</b>				<b>11 395 682</b>

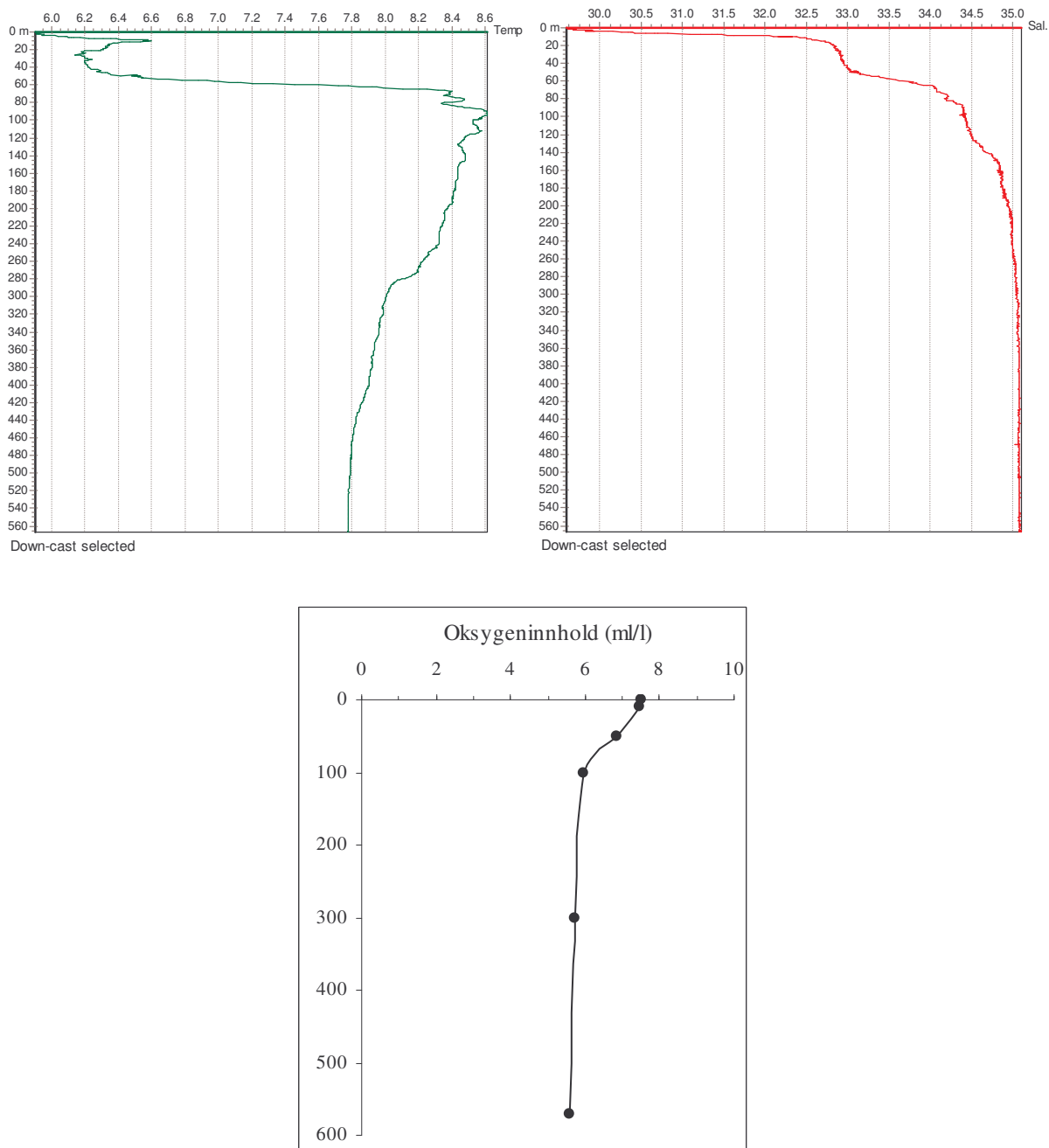
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Bokn 1. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålingene på Bokn 1 den 19. februar 2008.

Stasjon	Dyp	Saltholdighet	Temperatur	Tetthet	Oksygen	Oks. met.	Sikt
Dato	(m)	(psu)	(°C)	( $\delta_t$ )	(ml/l)	(%)	(m)
Bokn 1 19.2.2008	1	29,67	5,935	23,355	7,49	104,4	16
	2	29,69	5,913	23,376			
	3	29,92	5,958	23,561			
	5	30,36	6,085	23,900	7,49	105,1	
	7	31,11	6,231	24,485			
	10	32,23	6,558	25,344			
	15	32,72	6,352	25,776			
	20	32,83	6,308	25,892			
	25	32,85	6,168	25,951	6,84	98,7	
	30	32,92	6,216	26,018			
	40	32,94	6,223	26,084			
	50	33,13	6,513	26,241			
	60	33,69	7,632	26,576			
	70	34,07	8,388	26,807	6,84	98,7	
	80	34,18	8,347	26,943			
	90	34,41	8,606	27,127			
	100	34,42	8,528	27,194			
	125	34,51	8,453	27,390			
	150	34,81	8,444	27,740	5,71	86,5	
	175	34,86	8,422	27,894			
200	34,94	8,372	28,080				
250	35,00	8,260	28,374				
300	35,05	8,008	28,676				
350	35,07	7,942	28,930	5,61	84,5		
400	35,08	7,901	29,168				
450	35,06	7,814	29,398				
500	35,07	7,792	29,636				
550	35,07	7,778	29,864				
570	35,08	7,776	29,960				



**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet målt med CTD-sonde fra overflaten og til 570 meter dyp på stasjon Bokn 1 den 19. februar 2008. Oksygeninnhold (ml/l) målt med Winkler-metode i vannprøver fra seks dyp fra overflaten og til 570 meter.

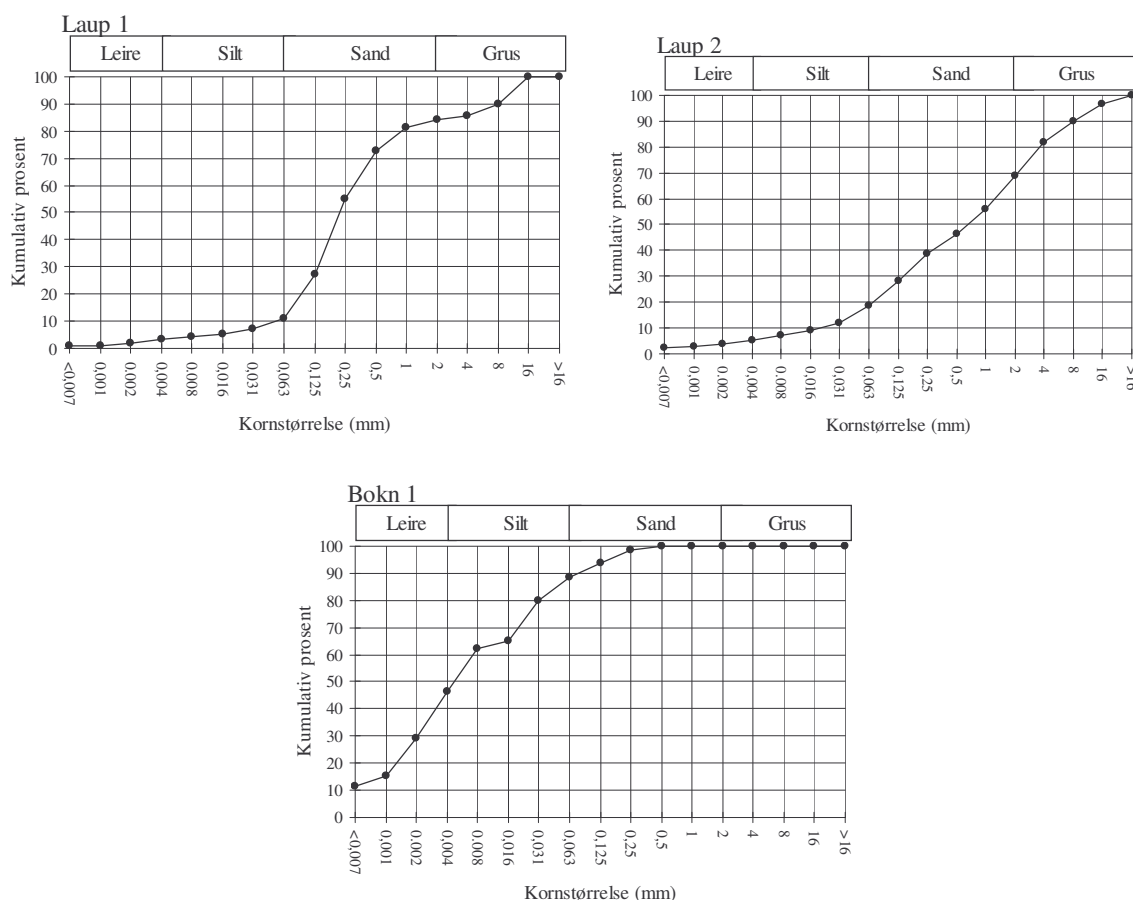
Temperaturen var 5,9 °C i overflaten, og steg til 8,6 °C i 90 m dyp før den sank til 7,8 °C i 570 m dyp (Tabell 3.1). Saltholdighetsmålingene viser et litt ferskere lag i overflaten med en saltholdighet på 29,7 og ved bunnen var saltholdigheten 35,08. Oksygeninnholdet var høyest i overflaten med 7,49 ml/l, og sank til 5,61 ml/l på 570 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 Lauplandsholmen i 2008.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Laup 1	99	5,93	3,2	7,7	10,9	73,1	15,9
Laup 2	107	4,25	5,5	13,3	18,8	50,1	31,1
Bokn 1	581	11,78	46,6	41,9	88,6	11,4	0,0



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

De to stasjonene Laup 1 og Laup 2 hadde et lavt organisk innhold med henholdsvis 5,9 % og 4,2 %. På stasjon Bokn 1 var det organiske innholdet som forventet på dypt vann. Stasjonen ved anlegget og i overgangsonen hadde et grovkornet sediment med mest sand og en del grus. Dette viser at det var gode strømforhold langs bunnen like ved anlegget. Ute i dypet av fjorden var det et mer finkornet sediment med 88 % leire og silt.

### 3.3 Kjemi

#### Sediment analyser

Innholdet av TOC/100 g sediment var 2,3 på Laup 0,86 på Laup 2 og 2,1 på Bokn 1. 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). Ved å benytte formelen gitt i SFT's manual fikk de tre stasjonene en normalisert TOC verdi på henholdsvis 39,04 mg/g 23,22 mg/g og 23,05 mg/g, noe som plasserer stasjonene i SFT's tilstandsklasse IV (dårlig), II (god) og II (god). På Laup 1 like ved anlegget ble det funnet et høyt innhold av kobber på 280 mg/g, som er i SFT's tilstandsklasse V (svært dårlig). På de to andre stasjonene var innholdet av kobber i tilstandsklasse I (bakgrunn). Sink var i tilstandsklasse I (bakgrunn) på alle tre stasjonene. Fosfor inngår ikke i SFT's manual, men sammenlignet med andre MOM-C undersøkelser var verdiene like ved anlegget forholdsvis lave.

**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 og kobber.

Stasjon	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	T.kl.	Sink (mg/kg)	T.kl.	Normalisert TOC (mg/g)	T.kl.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Laup 1	99	280	V	100	I	39,04	IV	5,0	59,8
Laup 2	107	6	I	55	I	23,22	II	0,84	70,1
Bokn 1	581	14	I	110	I	23,05	II	0,74	39,0

#### Måling av pH og Redokspotensial

Resultatene fra pH og redokspotensialet 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 alle tre 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 tre undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/ $E_h$  verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	$E_h$	pH/ $E_h$ poeng	Tilstand
Laup 1	7,5	87	1	1
Laup 2	7,3	204	1	1
Bokn 1	7,5	244	0	1



### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5, Tabell 3.6, Figur 3.3, Figur 3.4 og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i februar 2008. 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 Laup 1 like ved anlegget ble det funnet 7 arter med til sammen 1809 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 utarbeidet ett eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved oppdrettsanlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk Laup 1 Miljøtilstand 3 (dårlig) (Tabell 2.4). Stasjonen fikk den dårligste tilstanden for prøver der det er levende dyr på grunn av den høye dominansen av børstemarken *Capitella capitata*, som utgjorde 99 % av alle individene i prøvene. Dette er en art som ofte dominerer i sediment som blir tilført mye organisk materiale. Plottet med de geometriske klassene viser også dårlige forhold på stasjonen (Figur 3.3).

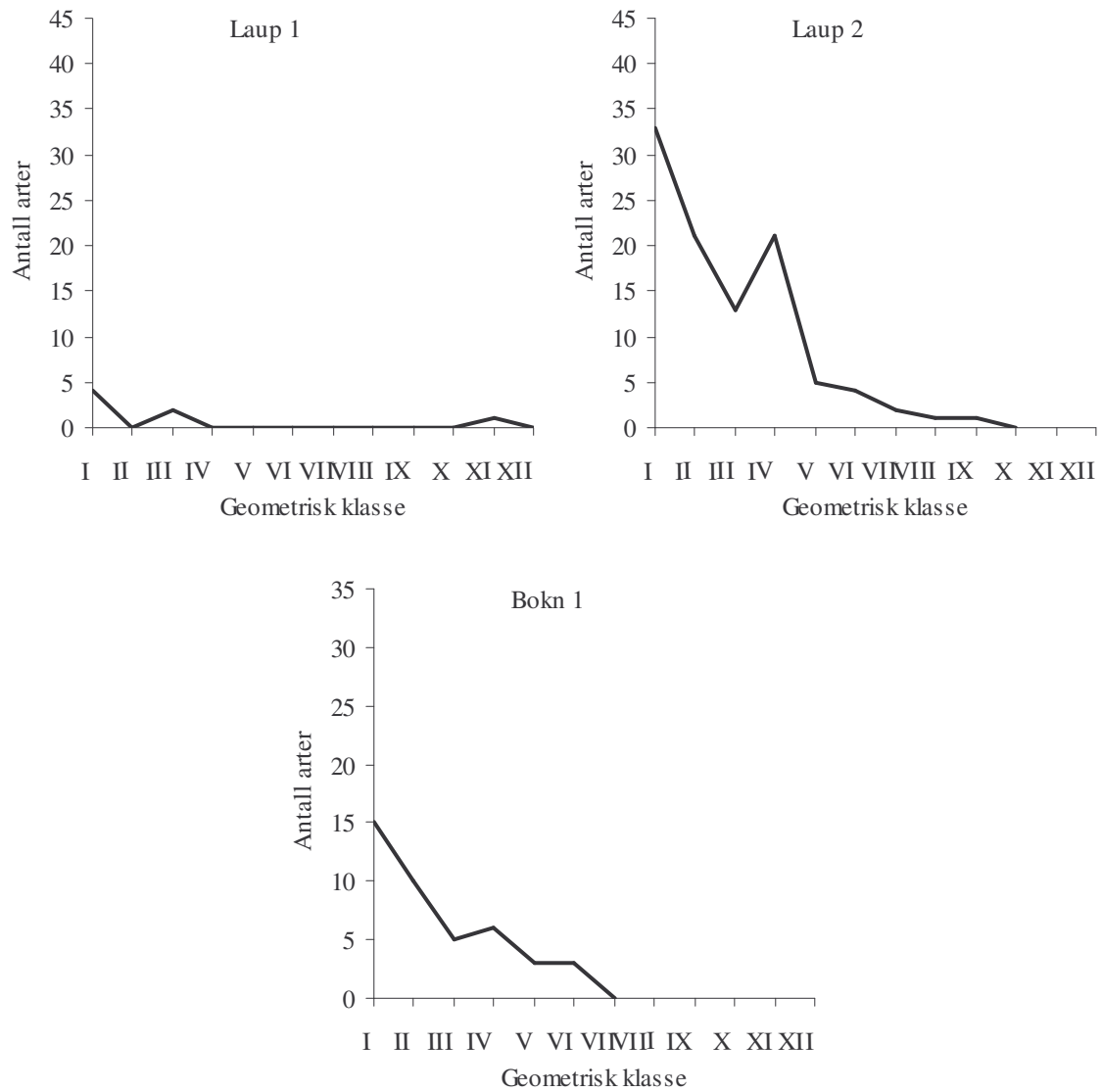
På Laup 2 i overgangssonen, ble det funnet hele 102 arter med til sammen 1426 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,5 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse 1 (Meget god). I henhold til klassifiseringssystemet i MOM standarden fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (meget god). Den mest tallrike arten var børstemarken *Myriochele oculata* med 420 individer, noe som utgjorde 29,5 % av alle individene (Tabell 3.6). Det høye artsantallet og artssammensetningen viser at faunaen var "stimulert" av oppdrettsanlegget.

Ute i dypet av Boknafjorden på stasjon Bok 1 ble det funnet 42 arter med til sammen 316 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,3 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse I (Meget god). Den mest tallrike arten var børstemarken *Heteromastus filiformis* med 45 individer som utgjorde bare 14 % av individene. Artssammensetningen og fordelingen av de geometriske klassene viser at det var gode forhold i dypet av fjorden.

De multivariate analysene viser liten forskjell mellom huggene fra hver enkelt stasjon. Dette viser at det er de samme artene som er representert i hvert hugg, og at antall individer varierer lite mellom huggene (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	Hugg nr.	Antall individer	Antall arter	Diversitet ( $H'$ )	Jevnhet ( $J$ )	$H'$ -max	Mom. T.kl.	SFT's T.kl.
Laup 1	1	811	6	0,13	0,05	2,58	3	
	2	998	4	0,06	0,03	2,00		
	Sum	1809	7	0,10	0,03	2,81		
Laup 2	1	522	79	4,83	0,77	6,30	1	
	2	904	76	4,05	0,65	6,25		
	Sum	1426	102	4,50	0,67	6,67		
Bokn 1	1	131	28	3,95	0,82	4,81		I
	2	185	31	4,24	0,85	4,95		
	Sum	316	42	4,32	0,80	5,39		



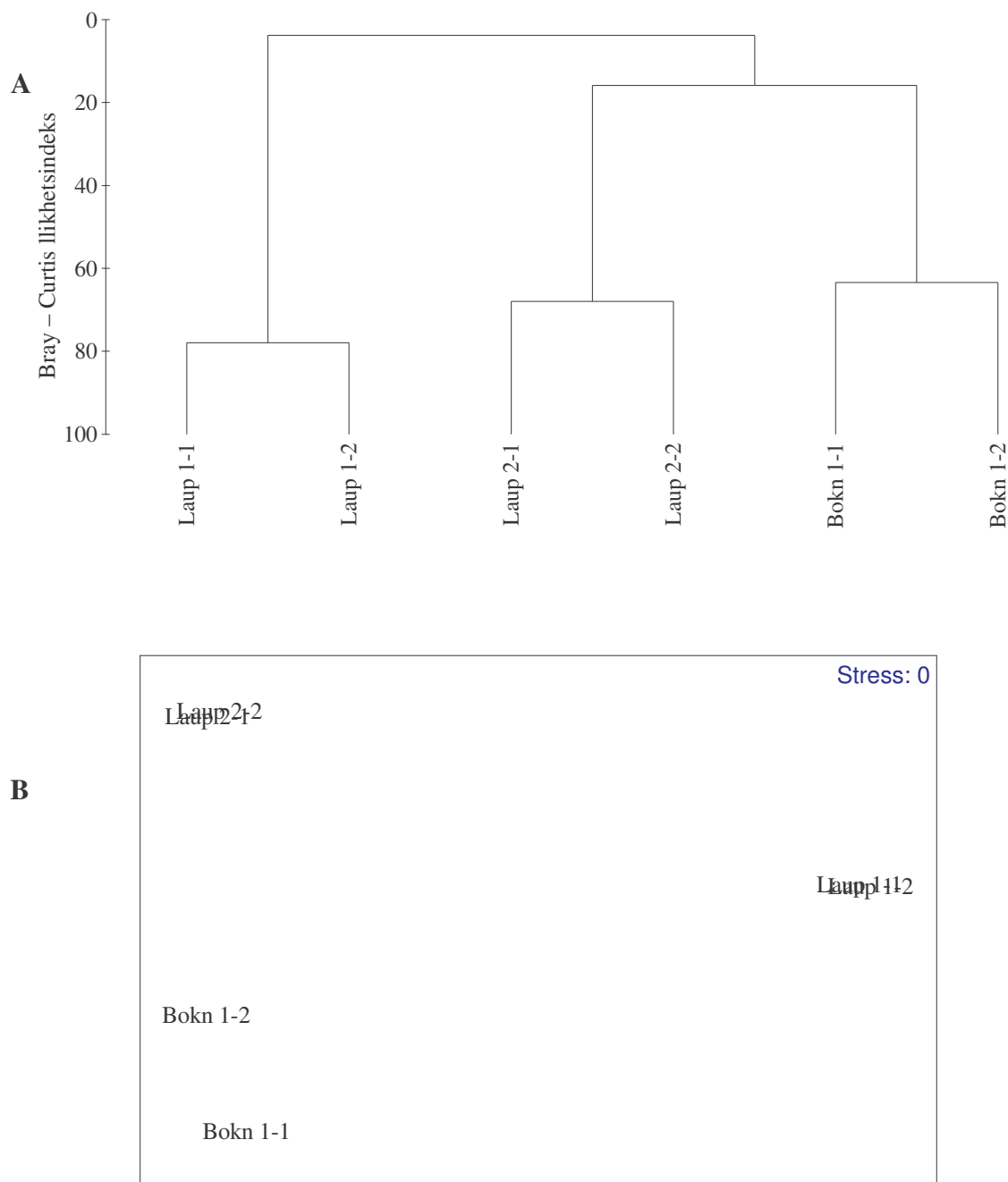
**Figur 3.3.** Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

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

Laup 1	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	1792	99,1	99,1
<i>Palpiphitime lobifera</i>	7	0,4	99,4
<i>Heteromastus filiformis</i>	6	0,3	99,8
<i>Exogone</i> sp.	1	0,1	99,8
<i>Malacoceros fuliginosa</i>	1	0,1	99,9
<i>Rissoa parva</i>	1	0,1	99,9
<i>Mytilus edulis</i>	1	0,1	100,0

Laup 2	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Myriochele oculata</i>	420	29,5	29,5
<i>Chaetozone</i> sp.	148	10,4	39,9
<i>Polydora</i> sp.	116	8,1	48,0
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	105	7,4	55,4
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	47	3,3	58,7
<i>Owenia borealis</i>	41	2,9	61,6
<i>Nucula nucleus</i>	40	2,8	64,4
<i>Paramphitrite tetrabanchia</i>	32	2,2	66,6
<i>Pectinaria auricoma</i>	25	1,8	68,4
<i>Glycera lapidum</i>	22	1,5	69,9
<i>Polycirrus medusa</i>	22	1,5	71,5

Bokn 1	0,2 m <sup>2</sup>		
	Antall	%	Kum %
<i>Heteromastus filiformis</i>	45	14,2	14,2
<i>Thyasira equalis</i>	40	12,7	26,9
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	39	12,3	39,2
<i>Kelliella abyssicola</i>	29	9,2	48,4
OLIGOCHAETA indet.	18	5,7	54,1
<i>Lumbrineridae</i> indet.	17	5,4	59,5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	14	4,4	63,9
<i>Caudofoveata</i> indet.	13	4,1	68,0
<i>Entalina tetragona</i>	9	2,8	70,9
<i>Yoldiella lucida</i>	9	2,8	73,7



**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 på testen. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved en oppdrettslokalitet ved Lauplandsholmen i Boknafjorden, Bokn kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 19. februar 2008. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden. På stasjon ved anlegget, var det en svak fórlukt av sedimentet. 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 med sand og grus som indikerer gode strømforhold. I dypet av fjorden var det et finkornet sediment.

Innholdet av kobber var høyt like ved anlegget og fikk SFT's tilstandsklasse V (Svært dårlig). Innholdet av de andre undersøkte kjemiske parametrene var lave like ved anlegget som ute i fjorden. pH og Eh målingene indikerte gode forhold på alle stasjonene.

På stasjonen like ved anlegget ble det funnet 8 arter med til sammen 1811 individer. Den mest tallrike arten var børstemarken *Capitella capitata* med 99 % av alle individene. Stasjonen fikk Miljøtilstand 3 (Dårlig). I overgangssonen ble det funnet 101 arter med til sammen 1424 individer. Stasjonen fikk miljøtilstand 1 (Meget god). I dypet av fjorden ble det funnet 42 arter i sedimentet med til sammen 316 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,3 som gir SFT's tilstandsklasse I (Meget god).

Prøvene tatt like ved anlegget viser at driften ved anlegget påvirker bunnfaunaen. Vår vurdering er at dette er en god lokalitet ved at det ikke samles slam på bunnen, selv om stasjonen like ved anlegget får en dårlig tilstandsklasse. Da prøvene ble tatt var det en biomasse på 2 288 189 i anlegget. Dette var fisk satt ut våren 2007.

## 5 TAKK

Vi takker Lars Nårstad på *Astri S* for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Gisle Vassenden og Amir Ebrahim Yazdanpanah Amin. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av A. Amin, T.M. Ensrud, 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.
- 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.
- FOMAS 2006. *MOM-B undersøkelse på lok. Lauplandsholmen i Bokn kommune august 2006*. Rapport 2006-71.
- 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> .....	25
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	32
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	34
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	39
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i> .....	40



## 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 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

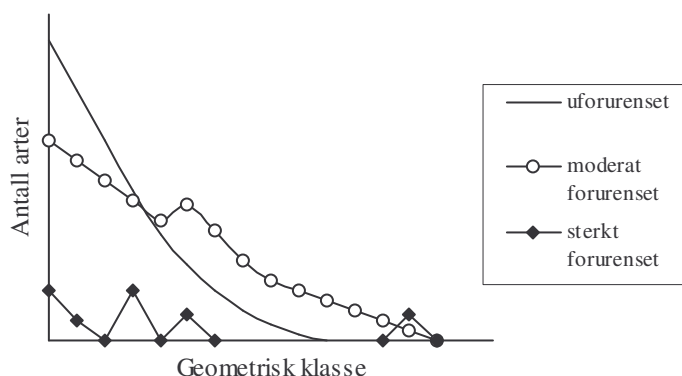
### Geometriske klasser

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 & Thélín 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:

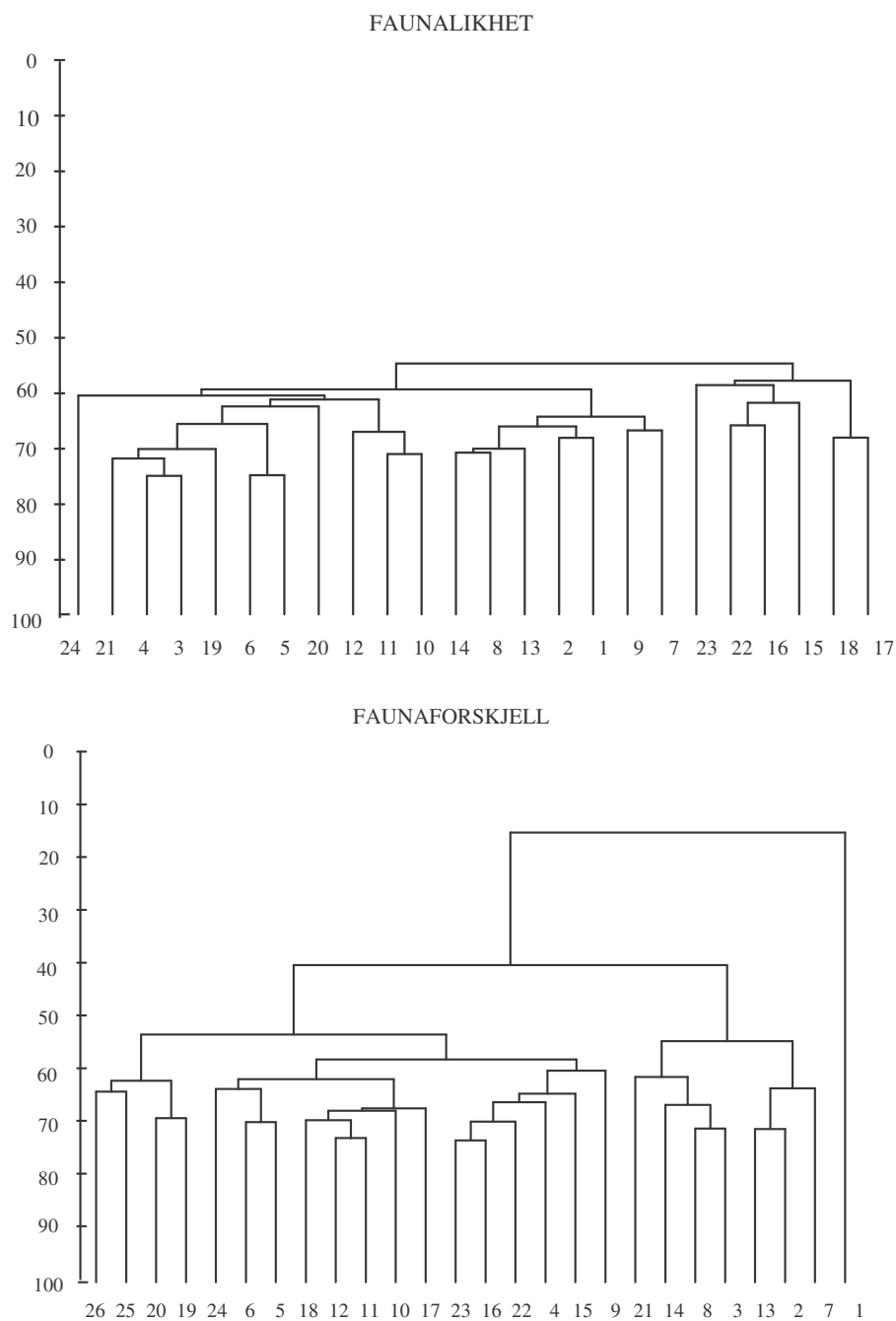
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

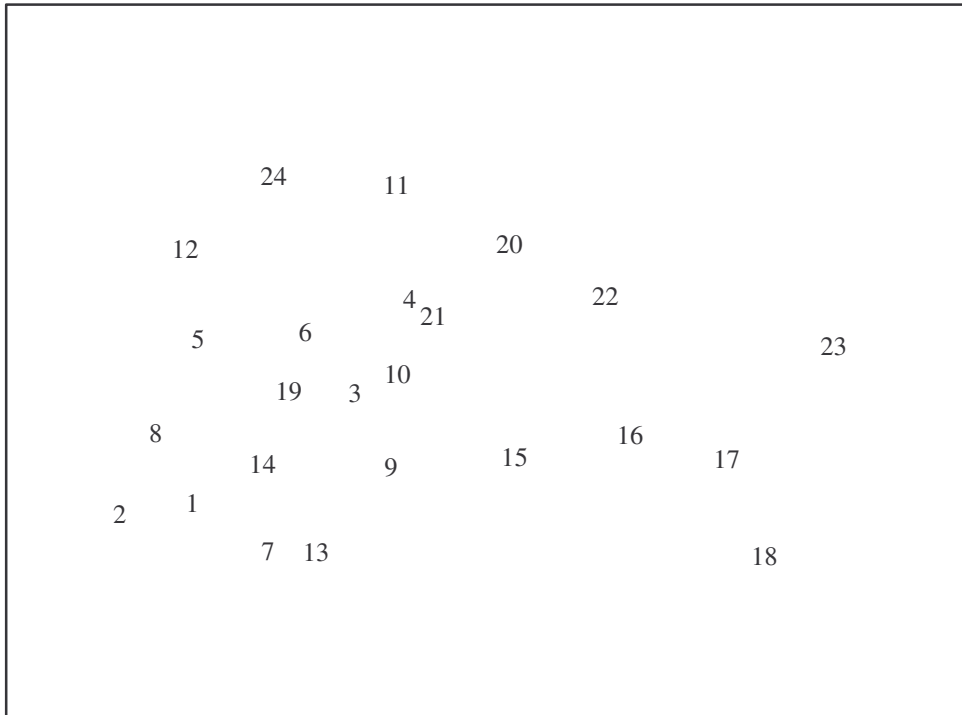
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet (J),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

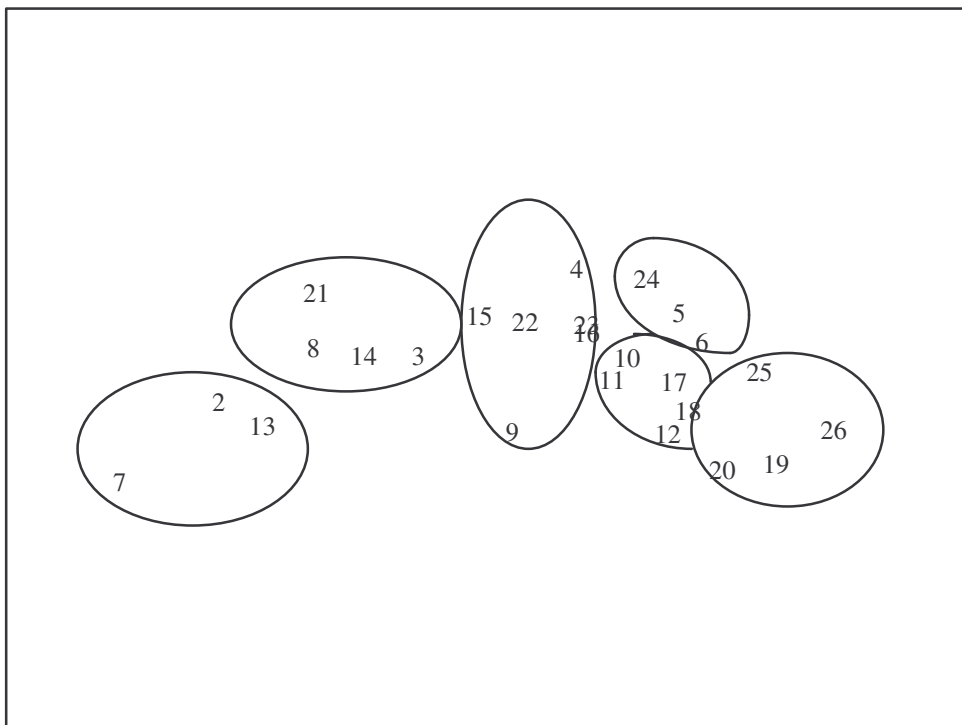


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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: Grieg Seafood

Konsesjonsnr: RB 0001; RB0003; RB0005; RF0004; RK0001; RR0002; R SS0005; R SS0010

Lokalitet: Lauplandsholmen, Bokn kommune

Dato:

19.feb.2008

Prøvetakingssted (nummer)	Laup 1	Laup 2	Bokn 1							
Dyp (m)	99	107	581							
Antall forsøk for prøvetaking										
Bunntype: Skjellsand										
Sand/Grus	x	x								
Leire			x							
Mudder										
Steinbunn										
Fjellbunn										
Pigghuder										
*Krepsdyr										
*Bløtdyr			få							
*Mark	en art dom.	mange	få							
**Malacoceros fuliginosus										
Dyr fra anleggsinstallasjonen	-	-	-							
For/fekalier	-	-	-							
Beggiatoa	-	-	-							
Spontan bobling	-	-	-							
Bobling ved prøvetaking	-	-	-							
Bobling i prøve	-	-	-							
Grabb areal	0,1 m <sup>2</sup>	*Få/Mange/En art dominerer. **Antall individer noteres								

Signatur: Gisle Vassenden

Tabell B2 - SKJEMA FOR KONTROLLBETINGELSER

	Sjøvann	Sediment	pH-buffer
Temperatur	6	8,1	12,0
pH	7,8		
E <sub>h</sub>	263	Referanseelektrodens potensial (mv)	217



Seksjon for Anvendt Miljøforskning

**Tabell B3 - PRØVESKJEMA**

**Lokalitet:** Lauplandsholmen, Bokn kommune

**Dato:** 19.02.2008

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer									Indeks
			Laup 1	Laup 2	Bokn 1							
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0	0							
	Tilstand (Gruppe I)											
II	pH	Målt verdi	7,5	7,3	7,5							
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	-130	-13	27							
		+ ref.potensial	87	204	244							
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	1	1	0							
	Tilstand (prøve)											1 1 1
Tilstand (Gruppe II)												
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0							
	Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0							
		Brun/Sort (2)										
	Lukt	Ingen (0)		0	0							
		Noe (2)	2									
		Sterk (4)										
	Konsistens	Fast (0)	0	0								
		Myk (2)			2							
		Løs (4)										
	Grabbvolum (v)	v < 1/4 (0)										
		1/4 ≤ v < 3/4 (1)	1	1								
		v ≥ 3/4 (2)			2							
	Slamtykkelse	t < 2 cm (0)	0	0	0							
		2 ≤ t < 8 cm (1)										
		t ≥ 8 cm (2)										
Sum			3	1	4							
Korr.sum (0,22)			0,66	0,22	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 MIDDELTILSTAND**

*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): Grieg Seafood AS**

**Prosjekt nr.: 801563**

**Prøvetakingssted (område): Lokalitet Lauplandsholmen, Boknafjorden Bokn kommune**

**Dato for prøvetaking: 19. februar 2008**

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

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Ingen**

**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.

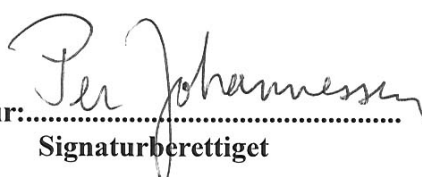
\* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

\* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

**Andre opplysninger:**

Tabellen starter på neste side og består av 4 sider.

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

Signatur:   
Signaturberettiget

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 1/4	Stasjon:	Bokn 1	Bokn 1	Laup 1	Laup 1	Laup 2	Laup 2
Art	Hugg nr.:	1. Hugg	2.Hugg	1. Hugg	2.Hugg	1. hugg	2. hugg
* PORIFERA indet.				+			+
* HYDROZOA							
* Hydrozoa indet.				+	+	+	+
* ANTHOZOA							
Pennatula phosphorea							0/1
Cerianthus lloydii						0/4	0/4
Edwardsia sp.							5
Paraedwardsia cf. arenaria			5/3				
* NEMERTINI indet.	2		+			3	7
* NEMATODA indet.			1	26	21	20	20
POLYCHAETA							
Paramphinome jeffreysii	6		7/1			60/6	34/5
Polynoidae indet.						3	
Bylgides sp.			1				
Pholoe baltica						5/4	2/2
Pholoe pallida	1						
Chaetoparia nilssoni							1
Eteone longa							4
Sige fusigera							4
Gyptis sp.	1						
Kefersteinia cirrata						0/1	
Syllidae indet.						2	2
Ehlersia cornuta						1	
Exogone sp.				1		1	2
Ceratocephale loveni	1		1				
Aglaophamus malmgreni	1						
Glycera alba						2	
Glycera lapidum			1			3/6	8/5
Goniada maculata						1	
Lumbrineridae indet.	8		9			5	6
Drilonereis filum						1	
Palpiphitime lobifera				3	4		
Orbinia sertulata							1
Phylo norvegica	1/1					0/2	
Malacoceros fuliginosa				1			
Polydora sp.						19	97
Prionospio cirrifera	1					4	4
Prionospio fallax						3	1
Prionospio dubia	2						
Spiophanes kroeyeri						12/3	28/4
Spiochaetopterus bergensis			1				
Aricidea suecica			2			2	1
Levinsenia gracilis	1		6				
Paraonis sp.						3	5
Aphelochaeta sp.						7	5
Chaetozone cf. chriestie							1
Chaetozone sp.						71	77
Cirratulus cirratus							1
Diplocirrus glaucus			1			2/2	4/1

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 2/4	Stasjon:	Bokn 1	Bokn 1	Laup 1	Laup 1	Laup 2	Laup 2
Art	Hugg nr.:	1. Hugg	2.Hugg	1. Hugg	2.Hugg	1. hugg	2. hugg
Ophelina acuminata						1	
Ophelina norvegica		2	3				
Scalibregma inflatum						3	
Capitella capitata				736/64	896/96		
Heteromastus filiformis		19	25/1	5	1	3	5/3
Notomastus latericeus			2			3/2	8/2
Praxillella affinis						3/2	13/1
Rhodine gracilor			2				
Maldanidae indet.							1
Myriochele fragilis			3				2
Myriochele oculata		3	3			90	330
Owenia borealis						3/3	29/6
Pectinaria auricoma						3/1	16/5
Ampharete lindstroemi						1	
Sabellides indet.						1	7
Sabellides octocirrata							1/2
Sosane sulcata							1
Amphicteis gunneri						1/1	4/2
Amythasides macroglossus						6	4
Eclysippe vanelli						1	
Samytha sexcirrata						1	
Amage auricula						1/1	4/3
Melinna cristata		1					
Melinna elisabethae						4/2	4
Neoamphitrite affinis						3	2
Paramphitrite tetrabanchia						11/3	6/12
Eupolymnia nesidensis						1/1	2/1
Pista cristata						2/1	1/2
Lanice conchilega							1
Thelepus cincinnatus						1	
Streblosoma bairdi						1	1/1
Polycirrus medusa						6/2	11/3
Polycirrus norvegicus						5/3	10/2
Trichobranchus roseus						1/4	4/1
Terebellides stroemi			3			1	1
Hydroides norvegica							1
OLIGOCHAETA indet.			18				
SIPUNCULA							
Sipuncula indet.						1	1
Onchnesoma steenstrupi		20/1	16/2				
Nephasoma cf. minutum		3					
CRUSTACEA							
* Calanus sp.		30	41				
* Metridia longa			1				
* Heterorhabdus norvegicus			1				
* Philomedes globosus							1
* Philomedes lilljeborgi		2					
* Macrocypris minna		2					
* Mysidacea indet.		2					

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 3/4	Stasjon:	Bokn 1	Bokn 1	Laup 1	Laup 1	Laup 2	Laup 2
Art	Hugg nr.:	1. Hugg	2.Hugg	1. Hugg	2.Hugg	1. hugg	2. hugg
* Eudorella truncatula						1	2
* Campylaspis costata			1				
* Gnathia sp.							1
* Janira maculosa						1	
* Amphipoda indet.		1				4	2
Eriopisa elongata		4	3/1				3
* Pontophilus norvegicus		1	1				
Calocarides coronatus			1				
* PYCNOGONIDA indet.							1
MOLLUSCA							
Caudofoveata indet.		3	10			1	
Solenogastres indet.		1					
Leptochiton alveolus						2	
Leptochiton asellus						3/2	1
Ischnochiton albus						6/2	2
Iothia fulva						0/1	
Rissoa parva					1		
Euspira montagui						2	1
Epitonium trevelyanum							1
Polygireulima monterosatoi							1
Trophon barvicensis						1	
Acteon tornatilis							2
Retusa umbilicata						1	1
Philine scabra						2	
Cylichna cylindracea							1
Nucula nucleus						24/5	6/5
Nucula tumidula		3	3				
Ennucula tenuis						1/2	0/1
Nuculana minuta						0/1	
Yoldiella lucida		2	6/1				
Yoldiella nana			1				
Yoldiella philippiana						0/1	5
Mytilus edulis				0/1			
Bathyarca pectunculoides						1	
Thyasira flexuosa						5/4	2/1
Thyasira obsoleta		0/2	2				
Thyasira sarsii						1/1	1/2
Thyasira equalis		19/2	16/3			2	
Thyasira ferruginea			1				1
Montacuta ferruginosa						1	
Mysella bidentata							0/1
Abra nitida		1					0/2
Kelliella abyssicola		13	12/4				
Cuspidaria cuspidata							1
Cuspidaria obesa		1					
Entalina tetragona		5	4				
* BRYOZOA							
* Bryozoa skorpeformet				+	+		
ASTEROIDEA							
Astropecten irregularis						0/3	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 4/4 Art	Stasjon: Hugg nr.:	Bokn 1 1. Hugg	Bokn 1 2.Hugg	Laup 1 1. Hugg	Laup 1 2.Hugg	Laup 2 1. hugg	Laup 2 2. hugg
OPHIUROIDEA indet.							
Amphipholis squamata						8/3	2/2
Amphiura chiajei						1/3	3/3
Amphiura filiformis						0/1	3/8
Amphilepis norvegica		1/1	1				
Ophiura albida						0/1	
ECHINOIDEA							
Echinocardium flavescens						2/1	0/1
HOLOTUROIDEA							
Pseudothyone raphanus						1	
Trionidium drummondi						1/1	1
Ocnus lacteus						1	1
Synaptidae indet.						3	8
* POGONOPHORA indet.							
* Siboglinum fiordicum						+	+
ENTEROPNEUSTA indet.						1	
* CHAETOGNATHA indet.		3	3				
ASCIDIACEA							
Ascidacea indet.		+					
CHORDATA							
* VARIA			+			+	

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

	Laup 1	Laup 2	Bokn 1
I	4	33	15
II	1	21	10
III	2	13	5
IV	0	21	6
V	0	5	3
VI	0	4	3
VII	0	2	0
VIII	0	1	
IX	0	1	
X	0	0	
XI	1		
XII	0		

## Vedleggstabell 4. Analysebevis

## Analyserapport

Moss

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

AnalyCen 

Rapport utført av  
akkreditert laboratorium

Report issued by  
Accredited Laboratory



<b>Kundenummer</b>	8183600-1244627	<b>Prøvemottak</b>	05.03.2008
<b>Prøvetyp</b>	Sedimentprøve	<b>Analyserapport klar</b>	12.03.2008
<b>Oppdragsmerket</b>	prosjektnr 801563, ref 08/08 Stedkode 611101 (Laup, Bokn, Kvit, Ren og Teist)		
<b>Sted for prøvetaking</b>	Bokn		

Lab.nr.		NOV007389-08	NOV007390-08	NOV007391-08	NOV007392-08
<b>Merket</b>		Laup 1, 3.hugg	Bokn 1 3.hugg	Kvit 1 3.hugg	Ren 1 3.hugg
<b>Tatt ut</b>		19.02.08	19.02.08	19.02.08	19.02.08
		19.02.2008	19.02.2008	19.02.2008	19.02.2008
Parameter	Enhet				
Totalt Organisk Karbon	g/100g	2.3	2.1	0.5	2.6
Tørrestoff	%	59.8	39.0	70.2	39.9
Fosfor, P	g/kg TS	5.0	0.74	0.31	0.75
Sink, Zn	mg/kg TS	100	110	30	130
Kobber, Cu	mg/kg TS	280	14	1.6	16

Grethe Arnestad  
Cand.Mag

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



## Analyserapport

Moss

AnalyCen 

UNIFOB AS  
Helge Botnen  
SAM-marin  
Thormøhlensgt. 49  
5006 Bergen

Rapport utført av  
akkreditert laboratorium

Report issued by  
Accredited Laboratory



Side 1 (1)

Kundenummer	8183600-1284478	Prøvemottak	14.05.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	22.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801563, ref 17/08		
Sted for prøvetaking	Laup		

Lab.nr.		NOV015415-08	NOV015416-08		
Merket		Laup 2, 3. hugg,	Ren 3, 3. hugg,		
Tatt ut		19.02.08	20.02.08		
		19.02.2008	20.02.2008		
Parameter	Enhet			Måleu.	Ref/Metode basert på Lab
Fosfor, P	g/kg TS	0.84	0.80	±20%	NS-EN ISO 11885 O
Sink, Zn	mg/kg TS	55	35	±15%	NS-EN ISO 11885 O
Kobber, Cu	mg/kg TS	6.0	5.1	±20%	NS-EN ISO 11885 O
Totalt Organisk Karbon	g/100g	0.86	1.11	±15%	AJ 31
Tørrstoff	%	70.1	64.8	±15%	NS 4764-1 O

Grethe Arnestad  
Cand.Mag

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

# 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



<b>Kundenummer</b>	8183600-1244627	<b>Prøvemottak</b>	05.03.2008
<b>Prøvetyp</b>	Sedimentprøve	<b>Analyserapport klar</b>	12.03.2008
<b>Oppdragsmerket</b>	prosjektnr 801563, ref 08/08 Stedkode 611101 (Laup, Bokn, Kvit, Ren og Teist)		
<b>Sted for prøvetaking</b>	Bokn		

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](http://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 – <a href="http://www.analycen.se">www.analycen.se</a>		
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 – <a href="http://www.analycen.dk">www.analycen.dk</a>		
F	Vesterballevej 4., 7000 Fredericia, Danmark	Tlf.: +45 75 94 50 30
Lantmännen Analycen OY, Finland – <a href="http://www.analycen.fi">www.analycen.fi</a>		
T	Hatanpääkatu, 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

### Målesikkerhet

Utvidet relativ målesikkerhet fremkommet med kontrollprøve på laboratoriet

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

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

For ytterligere informasjon, vennligst kontakt laboratoriet.

Metodeoversikt og målesikkerhet 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