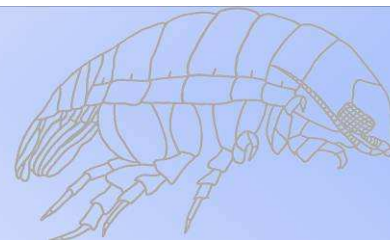


# SAM e-Rapport

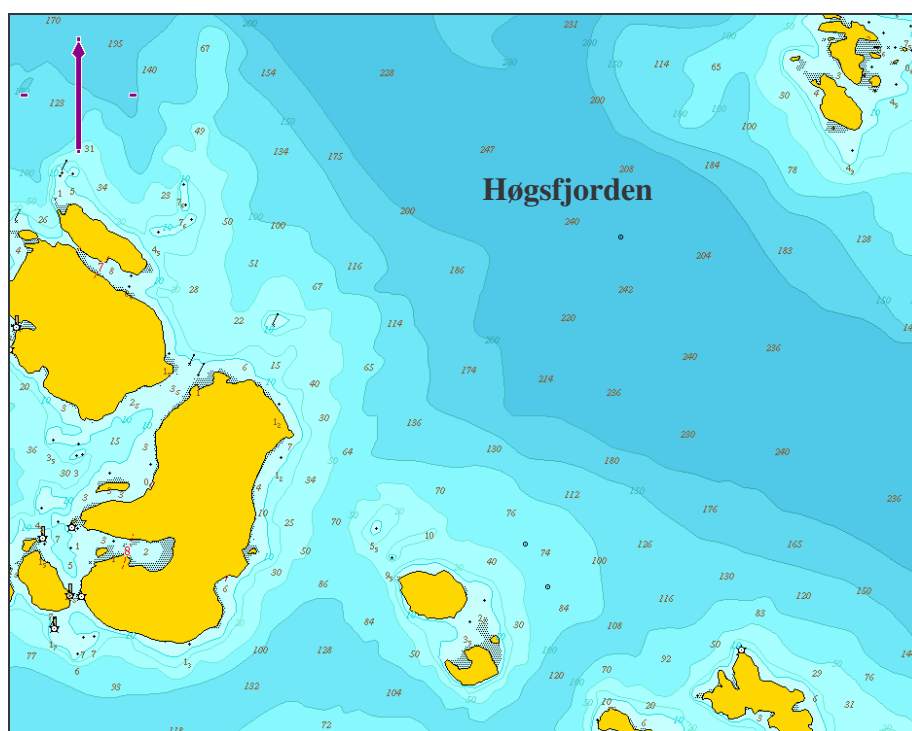
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 11-2008

## *MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Store Teistholmen i Høgsfjorden, Sandnes kommune i 2008*

Per-Otto Johansen  
Erling Heggøy  
Gisle Vassenden



**UNI FOB**  
UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN  
UNIFOB AS

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 Store Teistholmen i Høgsfjorden, Sandnes kommune i 2008.	Dato: 11.6.2008
	Antall sider og bilag: 40
Forfatter(e): Per-Otto Johansen , Erling Heggøy og Gisle Vassenden	Prosjektleder: Per-Otto Johansen
	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 Høgsfjorden 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 concentrations of copper, sink and phosphorous in the sediment were high close to the fish farm but lower at the other stations. The organic content in the sediment was low at all stations. The oxygen content in the deepest part of Høgsfjorden was satisfactorily high. The bottom fauna was classified as good (class II) in the deepest part of the fjord in 2008. The investigation shows an environmental impact on the bottom fauna close to Teistholmen fish farm in February 2008.

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

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 11-2008

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 .....	7
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>18</b>
<b>4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>23</b>
<b>5 TAKK</b> .....	<b>24</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>24</b>
<b>7 VEDLEGG</b> .....	<b>25</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Store Teistholmen i Høgsfjorden, Sandnes kommune, lokalitetsnummer 11971. Innsamlingene ble gjennomført i 20. februar 2008. På samme tokt ble miljøforholdene ved oppdrettsanlegg i områdene ved Kvitsøy, Lauplandsholmen og Rennaren også undersøkt, men 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 9410:2007). Det ble utført en MOM-B undersøkelser ved lokaliteten i februar 2007 (Marine Aquaculture 2007). Det er tidligere ikke utført MOM-C undersøkelse på denne lokaliteten.

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

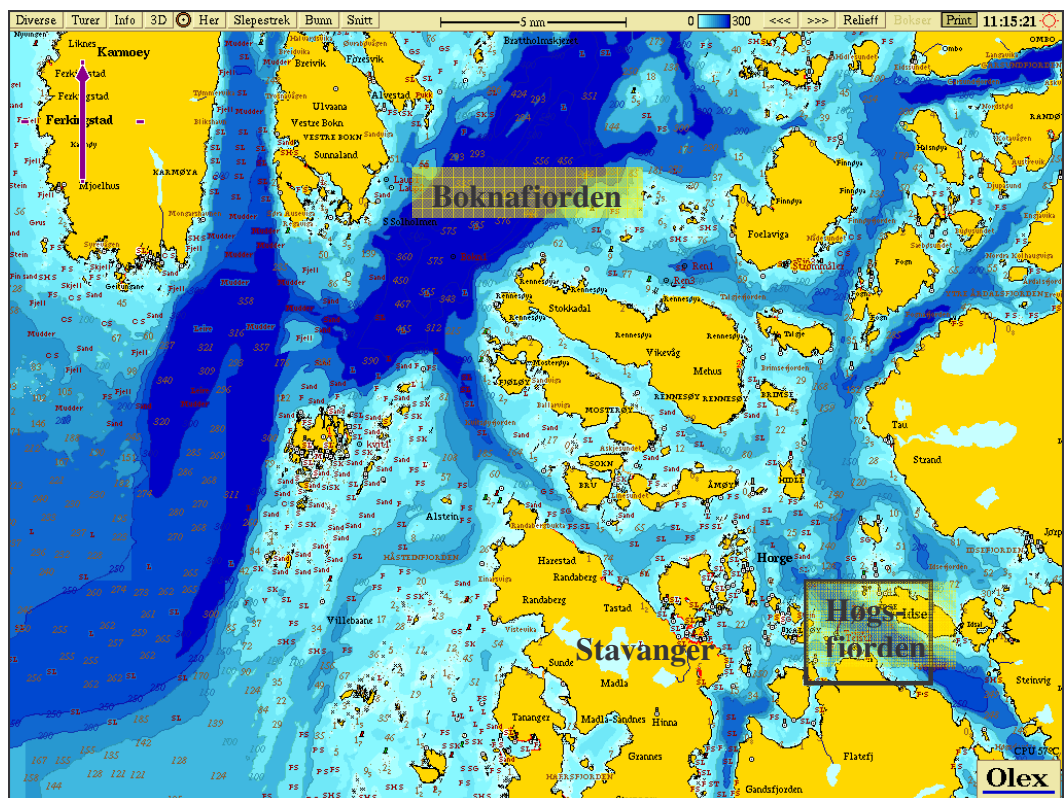
Undersøkelsesområdet ligger i Høgsfjorden utenfor Stavanger (Figur 2.1 og 2.2).

Oppdrettsanlegget ligger over en skråning fra 50 til 100 m dyp. Fjorden utenfor lokaliteten skrår ned mot et dypbasseng med maksimal dyp på ca 270m.

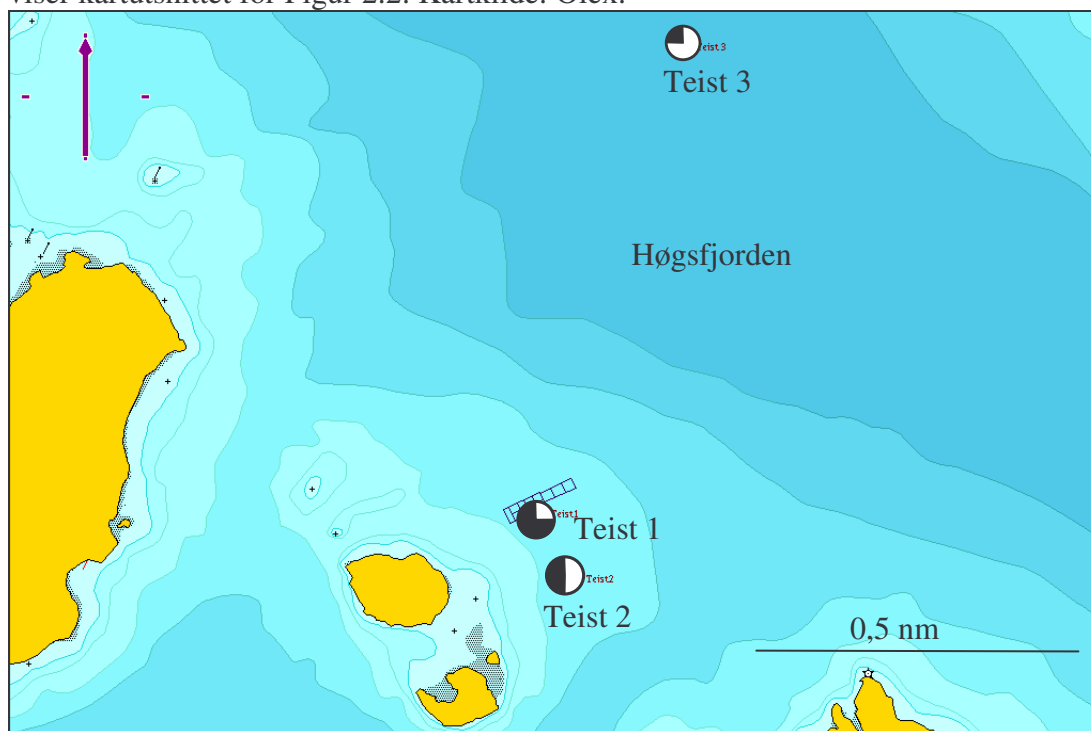
### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra båten *Astri S* den 20. februar 2008. Det ble tatt bunnprøver fra to stasjoner ved anlegget, og fra en stasjon på 240 m i dypbassenget. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

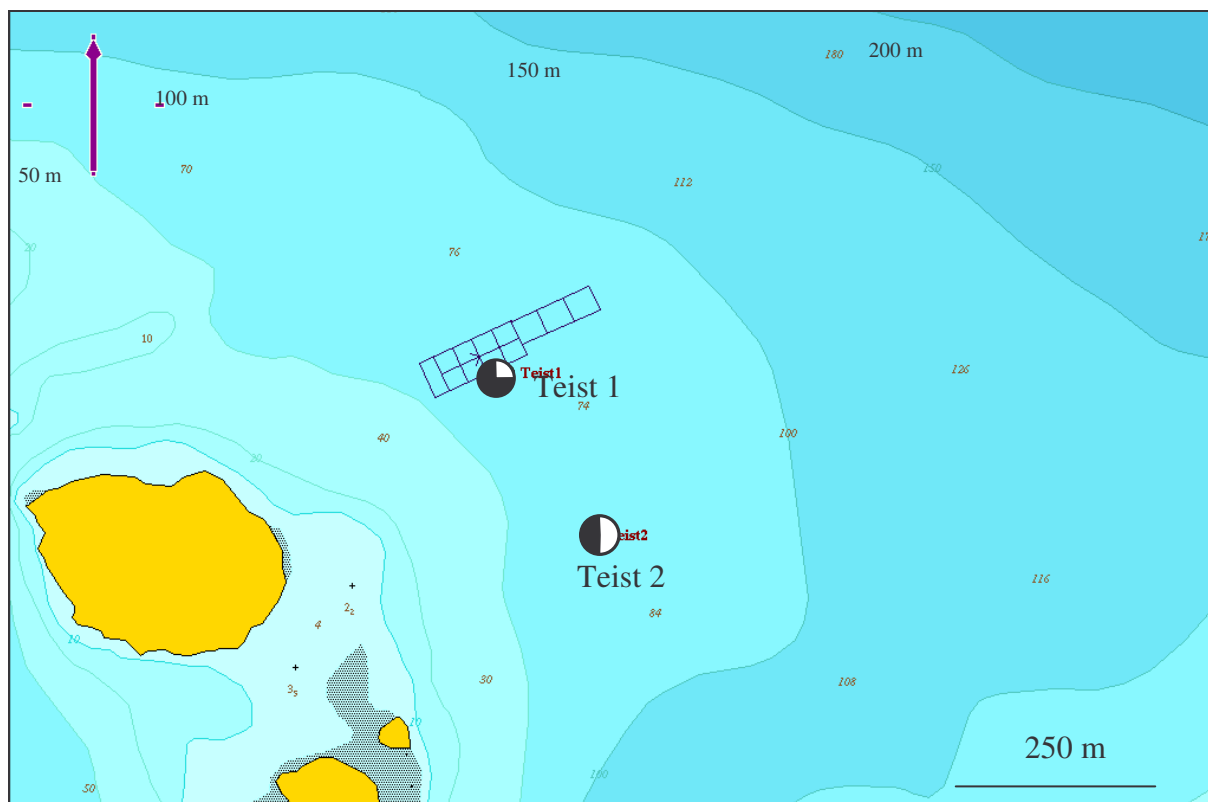
Hydrografiprøver ble tatt på den dypeste stasjonen. Måling av temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. For å hente ut og analysere dataene ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet. Tettheten av sjøvannet ( $\sigma_t$ ) ble beregnet.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



Figur 2.1. Oversiktskart med undersøkelsesområdet i Høgsfjorden avmerket. Firkanten viser kartutsnittet for Figur 2.2. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Utsnitt av Høgsfjorden 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.** Detaljskisse over lokaliteten med stasjonen i nærheten og en enkel skisse av anlegget. 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 20. 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
Teist 1 20.2.08	Teistholmen 58°58,566'N 05°51,750'Ø	66	1	11	Illeluktende masse. Mye fôr og fekalierester og lite sediment Geologi og kjemi fra 3. hugg.
			2	11	
			3	11	
Teist 2 20.2.08	Teistholmen 58°58,460'N 05°51,860'Ø	73	1	2	Grått sandig sediment med en del stein. Kompakt. Geologi og kjemi fra 3. hugg. Fem bomhugg pga mye stein.
			2	1	
			3	6	
Teist 3 20.2.08	Teistholmen 58°59,230'N 05°52,210'Ø	240	1	17	Grått finkornet sediment. 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 ( $H_2S$ ), 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 strømmen 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. 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 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 tilsetting av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 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 individtallet 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; Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad. Artsdiversiteten beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). 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. Normalisert total organisk karbon (TOC) er 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
	Norm. Tot. organisk karbon	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

**Tabell 2.3** Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og 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 <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

Prøvene ble tatt i slutten av en produksjonssyklus som startet i september 2006. Fisken ble slaktet ut i mai 2008 og det er planlagt å sette ut ny fisk i september 2008. Siden 2004 har det vært et fôrforbruk på totalt 4 880 530 kg (Tabellene 2.4 og 2.5).

**Tabell 2.4.** Fôrforbruk (kg) ved lokaliteten Store Teistholmen.

	2 004	2 005	2006	2007	2008
januar	66137	137377	0	135494	188836
februar	4263	132029	0	128145	215523
mars	0	118137	0	100042	190918
april	1791	204694	0	137581	208978
mai	33764	281001	0	77629	32039
juni	68153	343329	0	58865	0
juli	104816	336213	0	93371	0
august	143403	399094	0	201620	0
september	151484	306696	6512	180793	ny fisk
oktober	208958	213022	51118	248324	
november	211131	88744	99588	225138	
desember	186629	49000	129842	216758	
sum	1 180 530	1 609 300	287 000	1 803 700	

**Tabell 2.5.** Fôrforbruk (kg) og produksjon (kg) per år ved lokaliteten Store Teistholmen.

År	Produksjon (kg)	Fôrforbruk (kg)	Brakklegging (mndr.)
2004	1 843 500	1 180 530	3
2005	1 909 300	1 609 300	
2006	282 750	287 000	7
2007	1 568 600	1 803 700	

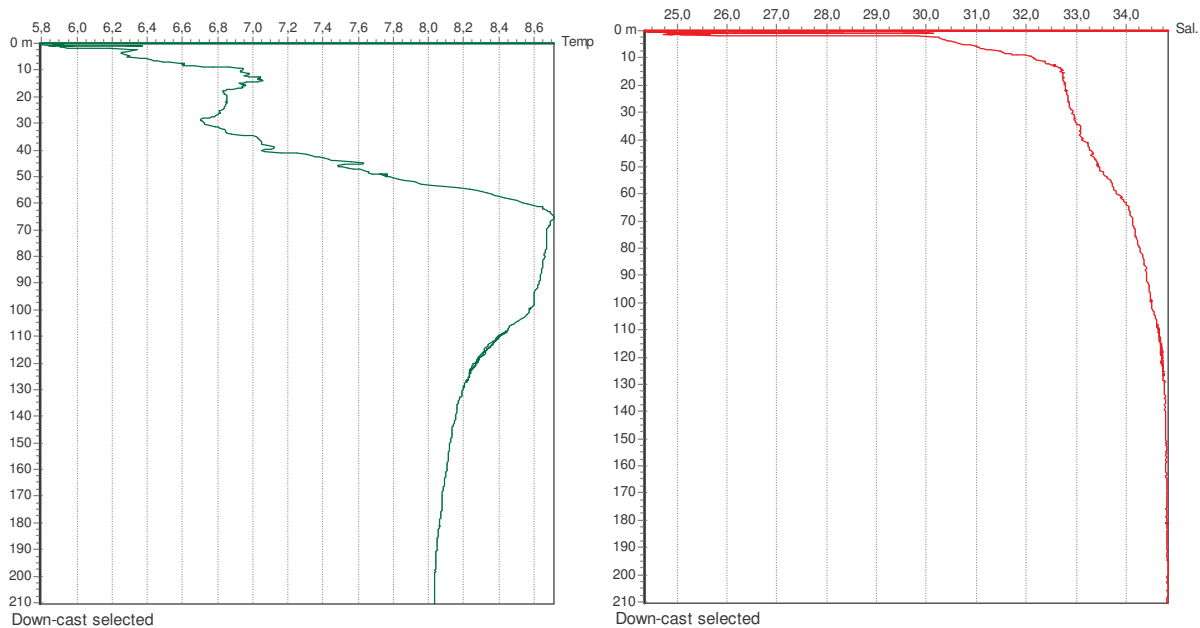
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi

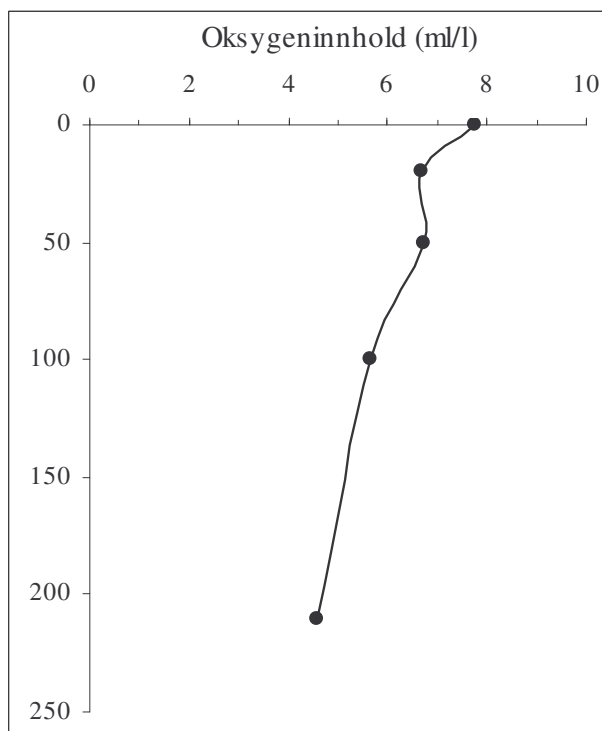
Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Teist 3. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figurene 3.1-3.2.

**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålingene på Teist 3 den 20. februar 2008.

Stasjon/ Dato	Dyp (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur (°C)	Tetthet ( $\delta_t$ )	Oksygen ( ml/l)	Oks.met. (%)	Sikt (m)
Teist 3 20.02.2008	1	27,26	5,95	21,449	7,77	106,2	-
	2	29,83	6,19	23,455			mørkt
	3	30,32	6,28	23,836			
	5	30,75	6,29	24,187			
	7	31,25	6,51	24,558			
	10	32,14	6,94	25,220			
	15	32,70	6,93	25,684			
	20	32,77	6,85	25,776	6,66	96,8	
	25	32,83	6,83	25,848			
	30	32,94	6,73	25,971			
	40	33,11	7,06	26,110			
	50	33,45	7,77	26,319			6,74
	60	33,84	8,56	26,551			
	70	34,13	8,67	26,808			
	80	34,27	8,66	26,967			
	90	34,42	8,63	27,132			
	100	34,51	8,58	27,257	5,66	86,5	
	125	34,75	8,23	27,612			
	150	34,79	8,12	27,774			
	175	34,81	8,08	27,914			
200	34,83	8,04	28,046				
210	34,82	8,03	28,090	4,57	69,2		



**Figur 3.1.** Temperatur og saltholdighet målt med CTD-sonde fra overflaten og til 210 meter dyp på stasjon Teist 3 den 20. februar 2008.



**Figur 3.2.** Oksygeninnhold (ml/l) målt med Winkler-metode i vannprøver fra fem dyp fra overflaten og til 210 meter på stasjon Teist 3 den 20. februar 2008.

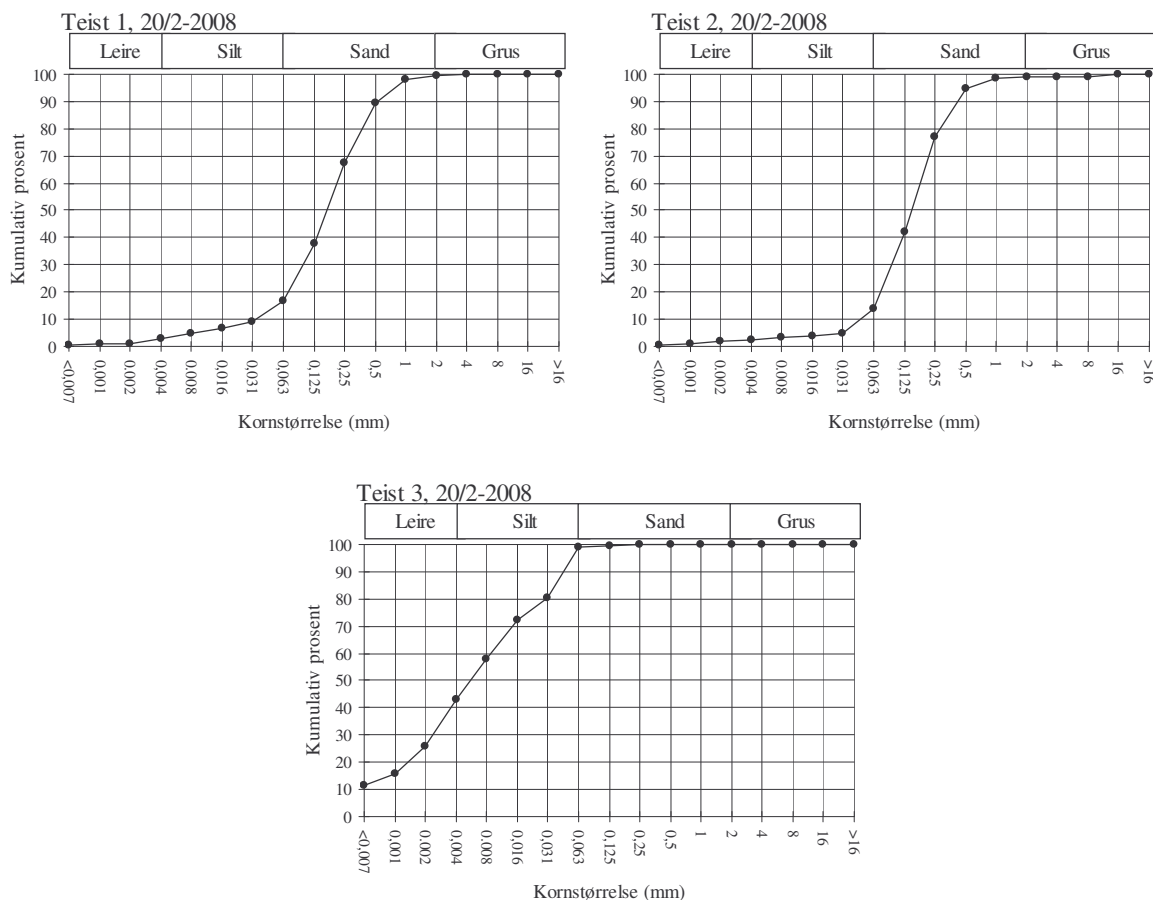
Temperaturen var 6,0 °C i overflaten, og steg til 8,7 °C i 70 m dyp før den sank til 8,1 °C i 210 m dyp (Tabell 3.1). Saltholdighetsmålingene viser et brakkvannslag i overflaten med en saltholdighet på 27,3 og ved bunnen var saltholdigheten 34,8. Oksygeninnholdet var høyest på i overflaten med 7,8 ml/l, og sank til 4,6 ml/l på 210 m dyp. Dette plasserer bunnvannet i SFT's tilstandsklasse I (meget god).

### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2008 er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.3.

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

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Teist 1</b>	66	7,36	3,1	13,9	16,9	82,7	0,4
<b>Teist 2</b>	73	2,01	2,5	11,6	14,1	84,9	1,0
<b>Teist 3</b>	240	11,72	43,0	56,2	99,2	0,8	0,0



**Figur 3.3.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Teistholmen i 2008.



Sedimentet på stasjonene Teist 1 og Teist 2 hadde et lavt organisk innhold på henholdsvis 7,4 % og 2,0 %. På stasjon Teist 3 var det organiske innholdet 11,7 %, noe som er vanlig på dypt vann i norske fjorder. Sedimentet på stasjonene Teist 1 og Teist 2 bestod hovedsakelig av sand (82,7 % - 84,9 %). På den dype stasjonen var sedimentet finkornet med 99,2 % leir/silt. Målingen viser at det var gode strømforhold de to grunneste stasjonene.

### 3.3 Kjemi

#### Sediment analyser

De kjemiske parametrene fra sedimentprøvene er vist i Tabell 3.3. Analysebevisene er gjengitt i Vedleggstabell 4. Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var høyest på stasjon Teist 1 med 5,5 g TOC/100 g. Sedimentet på stasjonen i overgangssonen inneholdt 0,4 g TOC/100 g og i dypbassenget 2,8 g TOC/100 g. 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 fikk de tre stasjonene en normalisert TOC verdi på henholdsvis 69,9 mg/g 19,5 mg/g og 28,1 mg/g, noe som plasserer stasjonene i SFT's tilstandsklasse V (meget dårlig), I (meget god) og III (mindre god). Glødetapet fra stasjonene Teist 1, 2 og 3 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. Innholdet av kobber og sink lå i tilstandsklasse I (Bakgrunn) på Teist 2 og Teist 3 (Tabell 3.3). På stasjon Teist 1 lå kobber i tilstandsklasse V (meget dårlig) og sink i tilstandsklasse III (mindre god). Konsentrasjonen av fosfor var høy på Teist 1 sammenlignet med verdier fra andre oppdrettslokaliteter og lav på de to andre stasjonene.

**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.

	Kobber (mg/kg)	T.kl	Sink (mg/kg)	T.kl	TOC (g/100g)	Normalisert TOC (mg/g)	T.kl	Fosfor (g/kg)	TS (%)
Teist 1	990	V	570	III	5,5	69,9	V	26,00	26,5
Teist 2	9	I	37	I	0,4	19,5	I	0,94	73,8
Teist 3	18	I	140	I	2,8	28,1	III	0,88	37,6

### 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 stasjonen like ved anlegget fikk den dårligst tilstanden (Tabell 3.4). Stasjonen i overgangssonen og i det dypeste partiet av fjorden fikk beste tilstand.

**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
Teist 1	6,3	-68	5	4
Teist 2	7,6	97	1	1
Teist 3	7,6	87	1	1

### 3.4 Bunn dyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabellene 3.5-3.6, Figurene 3.4-3.5 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 (fôr-rester og fiskeekskremer) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogen sulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk stoff.

På stasjon Teist 1 som ligger på 66 m dyp tett opptil anlegget, ble det kun funnet 3 arter med til sammen 58 individer (Tabell 3.6). Diversiteten ble beregnet til 1,07 og jevnhet 0,68 noe som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse IV (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. Stasjon Teist 1 ble klassifisert til MOM-miljøtilstand 3 (dårlig). En av artene, børstemarken *Capitella capitata*, er en art som ofte dominerer i sediment som blir tilført mye organisk materiale (Tabell 3.6). De to andre artene, *Palpiphitima lobifera* og *Vigtoniella* sp., blir ofte funnet sammen i sedimentet under oppdrettsanlegg hvor det er dårlige forhold. De geometriske klassene viser også at stasjonen var sterkt påvirket av driften av anlegget (Figur 3.4).

I bunnprøvene fra stasjon Teist 2 som ligger på 73 m dyp i overgangssonen, ble det funnet 32 arter med til sammen 569 individer. Diversiteten ble beregnet til 2,86 noe som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse III (mindre god). Etter MOM klassifiseringssystemet får stasjon Teist 2 miljøtilstand 1 (meget god) (Tabell 3.5). Den vanligste arten var børstemarken *Capitella capitata* som utgjorde 45,5 % av alle individene. Foruten børstemarker var det også tre skjellarter blant de 10 vanligste artene. Artssammensetningen og de geometriske klassene viser en miljøpåvirkning som trolig skyldes tilførsel av organisk materiale fra anlegget.

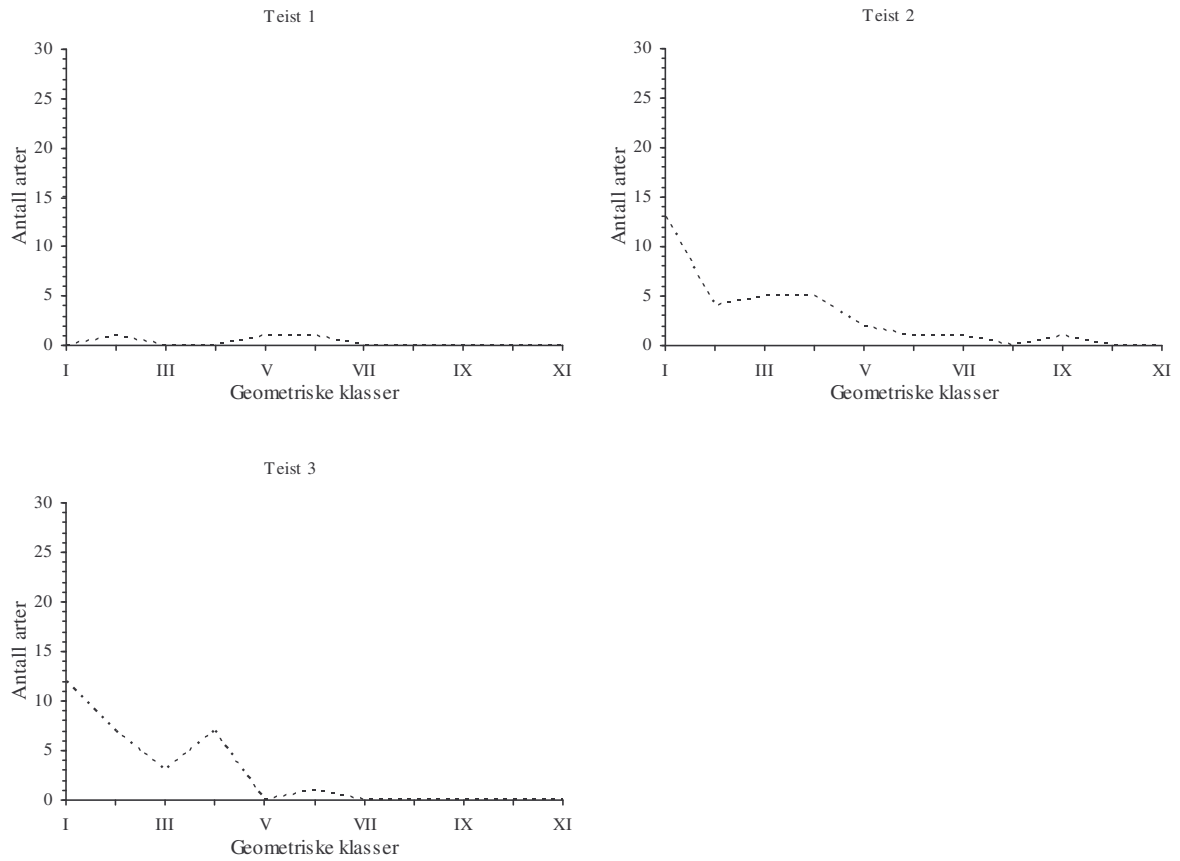
Stasjon Teist 3 som ligger i dypbassenget hadde 30 arter med til sammen 177 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,81 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse II (god). (Tabell 3.5). Den vanligste arten var børstemarken *Polydora* sp. som utgjorde 31,1 % av alle individene. Denne arten kan i noen tilfeller indikere en viss miljøbelastning. Foruten børstemarken var det også fire skjellarter (*Thyasira equalis*, *Nucula tumidula*, *Kelliella abyssicola* og *Thyasira pygmaea*) og en pølseorm-art (*Onchnesoma steenstrupi*) blant de 10 vanligste artene, noe som er et godt tegn. Stasjonen som ligger på dypt vann (240 m), viser relativt gode forhold.

Faunaen på stasjon Teist 1 ved anlegget skiller seg klart fra faunaen på de to andre stasjonene med kun 2,2 % likhet (Figur 3.5). Faunasammensetningen på de to andre stasjonene (Teist 2 og 3) var også relativt ulike med 15,5 % likhet. Likheten i faunaen mellom de to huggene (57,8 % - 76,5 %) på hver stasjon var høy på alle stasjonene. De multivariate analysene viste at det var stor likhet mellom de to huggene fra hver enkelt stasjon, men stor forskjell i faunasammensetningen mellom stasjonene.

**Konklusjon:** Stasjonen inntil oppdrettsanlegget var tydelig påvirket av driften av anlegget. I overgangssonen var det også påvirkninger som skyldes organisk tilførsel fra anlegget. I dypbassenget på 240 m dyp vannet var forholdene gode.

**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 ( $J$ )	$H'_{\max}$	Mom T.kl.	SFT's T.kl.
Teist 1	66	1	23	2	1,00	1,00	1,00	3	(IV)
		2	35	3	0,89	0,56	1,58		
		Sum	58	3	1,07	0,68	1,58		
Teist 2	73	1	265	20	2,42	0,56	4,32	1	III
		2	304	27	2,88	0,61	4,75		
		Sum	569	32	2,86	0,57	5,00		
Teist 3	240	1	132	25	3,42	0,74	4,64		II
		2	45	18	3,95	0,95	4,17		
		Sum	177	30	3,81	0,78	4,91		



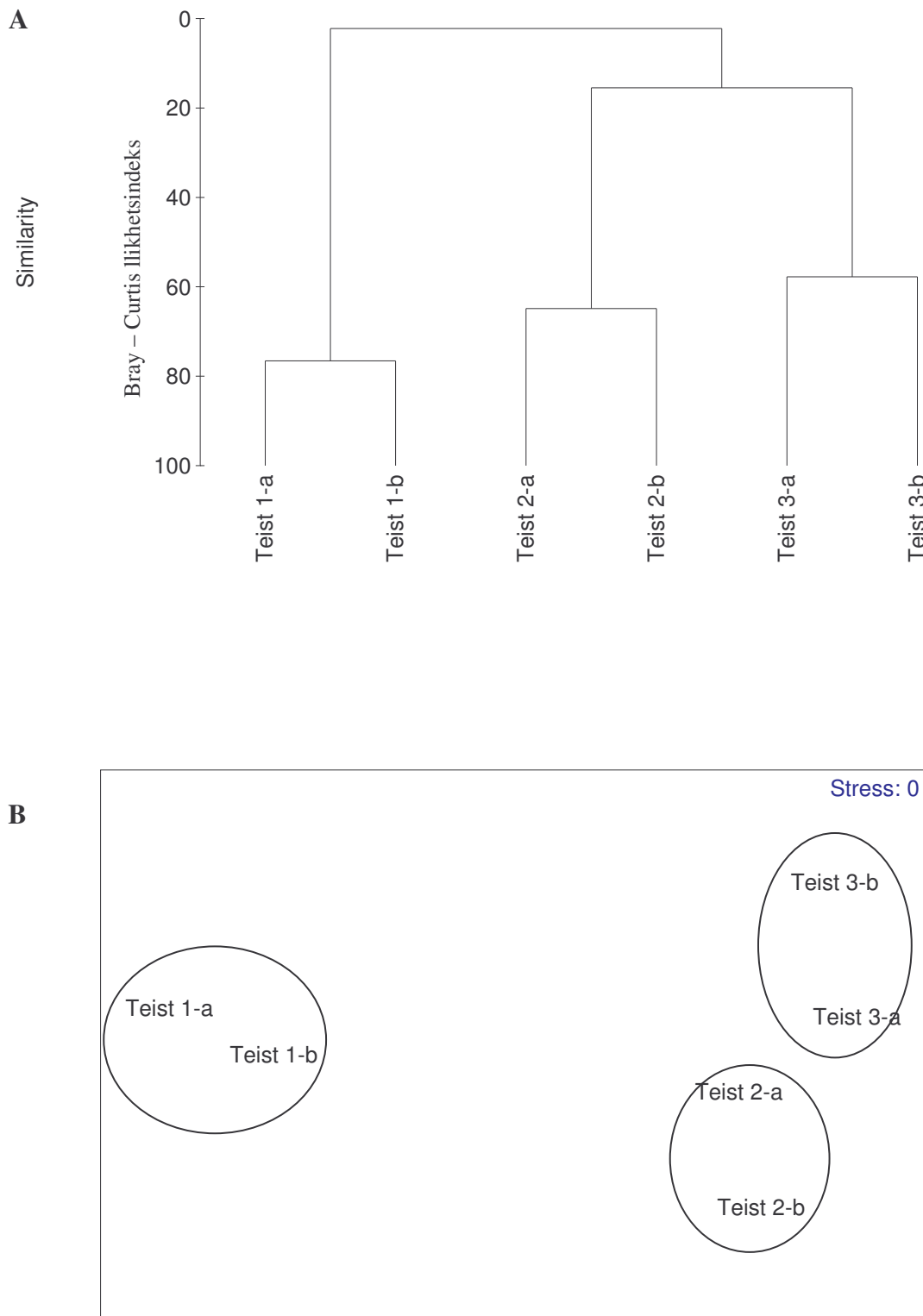
**Figur 3.4.** Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

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

Teist 1		0.2 m <sup>2</sup>	
Arter	antall	prosent	% kum.
Vigtorniella sp.	39	67,2	67,2
Palpiphitime lobifera	17	29,3	96,6
Capitella capitata	2	3,4	100,0

Teist 2		0.2 m <sup>2</sup>	
Arter	antall	prosent	% kum.
Capitella capitata	259	45,5	45,5
Myriochele oculata	107	18,8	64,3
Chaetozone sp.	51	9,0	73,3
Abra nitida	29	5,1	78,4
Heteromastus filiformis	24	4,2	82,6
Prionospio cirrifera	13	2,3	84,9
Mysella bidentata	10	1,8	86,6
Polydora sp.	8	1,4	88,0
Prionospio fallax	8	1,4	89,5
Abra prismatica	8	1,4	90,9

Teist 3		0.2 m <sup>2</sup>	
Arter	antall	prosent	% kum.
Polydora sp.	55	31,1	31,1
Thyasira equalis	15	8,5	39,5
Myriochele oculata	13	7,3	46,9
Heteromastus filiformis	12	6,8	53,7
Levinsenia gracilis	11	6,2	59,9
Nucula tumidula	10	5,6	65,5
Onchnesoma steenstrupi	8	4,5	70,1
Kelliella abyssicola	8	4,5	74,6
Thyasira pygmaea	7	4,0	78,5
Ceratocephale loveni	4	2,3	80,8



**Figur 3.5.** 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 Teistholmen i Høgsfjorden, Sandnes kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 20. februar 2008. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden. Stasjonen ved anlegget bar preg av fôr- og fekalie-rester og lite sediment. Det er ikke tidligere utført en MOM-C undersøkelser ved lokaliteten.

Hydrografimålingene viste at det var tilfredsstillende oksygenforhold i dypet av fjorden. Kornfordelingsanalysene viste at sedimentet ved anlegget og i overgangssonen bestod hovedsakelig av sand som indikerer gode strømforhold. I dypbassenget var sedimentet finkornet, med 99,2 % finfraksjon (leire og silt). Det organiske innholdet var kun 7,4 % ved anlegget, 2,0 % i overgangssonen og 11,7 % i dypbassenget. Innholdet av totalt organisk karbon var likevel høyt like ved anlegget og fikk SFT's tilstandsklasse V (Meget dårlig), mens TOC innholdet i dypet lå i tilstandsklasse III (mindre god). Dette samsvarer ikke med innholdet av organisk innhold, og viser at normaliseringen av TOC ikke er tilpasset denne typen lokaliteter. Konsentrasjonen av kobber var høyt like ved anlegget og fikk SFT's tilstandsklasse V (svært dårlig), mens innholdet av sink lå i tilstandsklasse III (moderat). Innholdet av fosfor var høyt like ved anlegget, sammenliknet med tilsvarende oppdrettslokaliteter. De andre undersøkte kjemiske parametrene var lave i overgangssonen og i dypbassenget.

Stasjonen inntil oppdrettsanlegget var tydelig påvirket av driften av anlegget og fikk MOM-miljøtilstand 3. I overgangssonen var det også miljøpåvirkning som skyldes organisk tilførsel fra anlegget og denne stasjonen fikk SFT's tilstandsklasse III og MOM-miljøtilstand 1. Den dypeste stasjonen på 240 m dyp vannet var forholdene gode (SFT's tilstandsklasse II).

Prøvene tatt like ved anlegget viser at driften ved anlegget påvirker bunnfaunaen. Prøvene er tatt i slutten av en produksjonssyklus og viser at driften er helt opp mot det lokaliteten kan tole. Lokaliteten bør følges opp med nye undersøkelser i slutten av neste produksjonssyklus og eventuelt brakklegges en lengre periode.

## 5 TAKK

Vi takker Lars Nårstad *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

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. *Langtidsovervåking av trofikutviklingen langs Sør Noreg. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91*. Overvåkingsrapport 510/93. TA 914/1993.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Marine Aquaculture 2007. MOM-B undersøkelse ved Store Teistholmen Ø - Rapport nr. 1407. 12s.
- 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 9410:2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

## 7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i> .....	26
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere</i> .....	33
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i> .....	35
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i> .....	38
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i> .....	39

## 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.

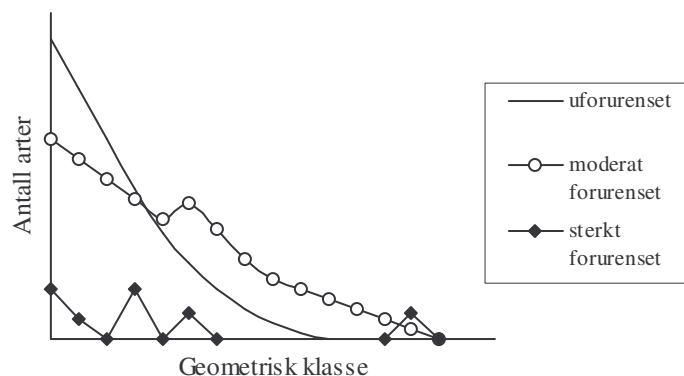
### Geometriske klasser

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 & 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:

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

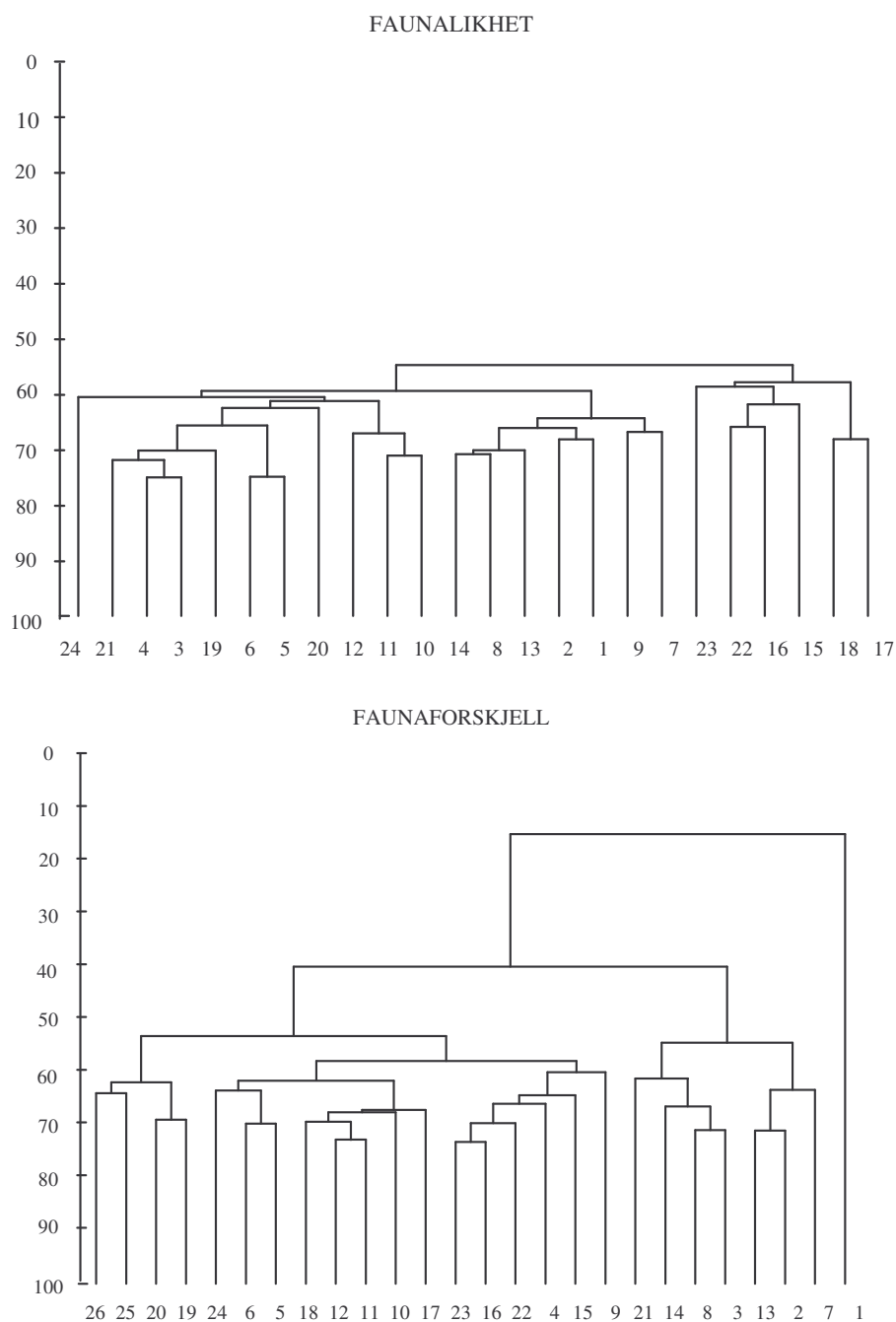
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren:  $< 0,05$  = svært god presentasjon,  $< 0,1$  = god presentasjon,  $< 0,2$  = brukbar presentasjon,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

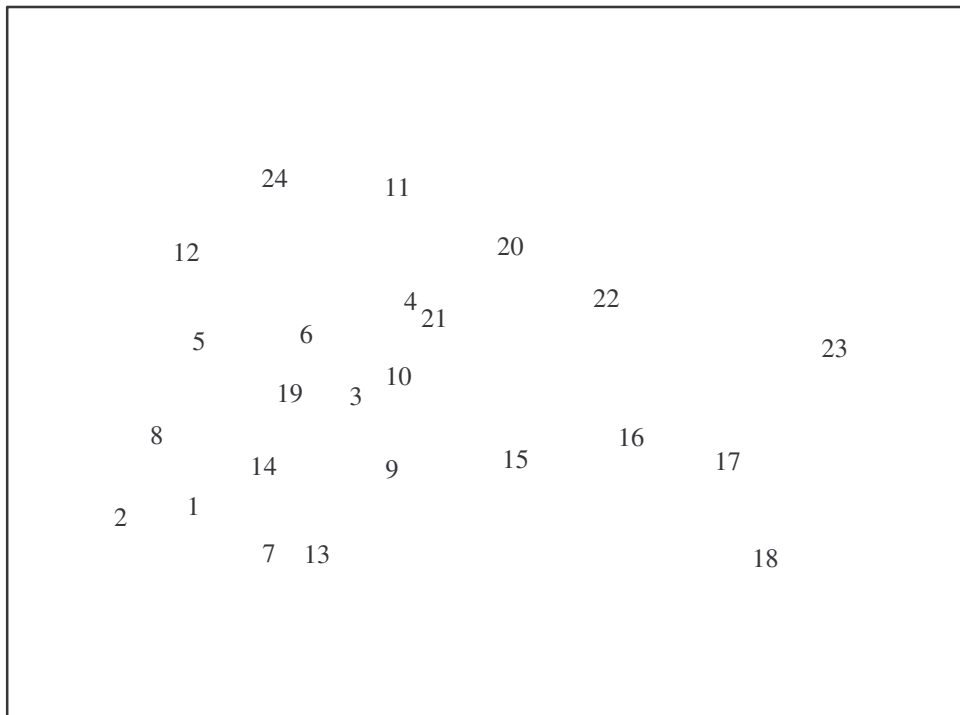


De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

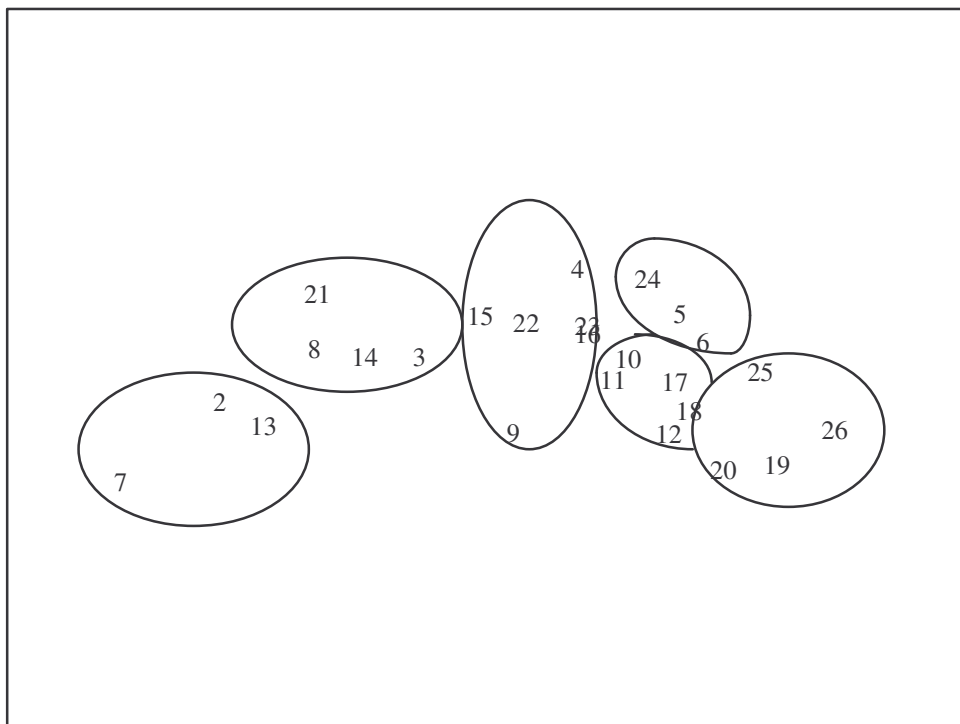


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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: Grieg Seafood

Konsesjonsnr: RR0002; RR0010; RSD0002; RSD0023

Lokalitet: Rennaren, Rennesøy kommune Dato: 20.02.08

Prøvetaksstedsnummer	Teist 1	Teist 2	Teist 3							
Dyp (m)	66	73	240							
Antall forsøk for prøvetaking										
Bunntype: Skjellsand	x									
Sand/Grus		x								
Leire			x							
Mudder										
Steinbunn										
Fjellbunn										
Pigghuder										
*Krepsdyr										
*Bløtdyr		få	få							
*Mark	få	mange	få							
**Malacoceros fuliginosus										
Dyr fra anleggsinstallasjonen	-	-	-							
For/fekalier	ja	-	-							
Beggiatoa	-	-	-							
Spontan bobling	nei	-	-							
Bobling ved prøvetaking	nei	-	-							
Bobling i prøve	ja	-	-							
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	7,7		
E <sub>h</sub>	237	Referanseelektrodens potensial (mv)	217

## Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Tabell B3 - PRØVESKJEMA

Lokalitet: Rennaren Rennesøy kommune

Dato: 20.02.2008

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer								Indeks	
			Teist 1	Teist 2	Teist 3							
I	Dyr	Ja (0) Nei (1)	0	0	0							
	Tilstand (Gruppe I)											
II	pH	Målt verdi	6,3	7,6	7,6							
	E <sub>h</sub> (mv)	Målt verdi	-285	-120	-130							
		+ ref.potensial	-68	97	87							
	pH/E <sub>h</sub>	Poeng, tillegg D	5	1	1							
Tilstand (prøve)			4	1	1							
Tilstand (Gruppe II)												
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	4	0	0							
	Farge	Lys/Grå (0)		0	0							
		Brun/Sort (2)	2									
	Lukt	Ingen (0)		0	0							
		Noe (2)										
		Sterk (4)	4									
	Konsistens	Fast (0)		0	0							
		Myk (2)										
		Løs (4)	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							
		2 ≤ t < 8 cm (1)										
t ≥ 8 cm (2)		2										
Sum			18	1	2							
Korr.sum (0,22)			3,96	0,22	0,44							
Tilstand (prøve)			4	1	1							
Tilstand (Gruppe III)												
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)		4	1	1							
	Tilstand (prøve)		4	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): Grieg Seafood Rogaland AS**

**Prosjekt nr.: 801563**

**Prøvetakingssted (område): Store Teistholmen, Høgsfjorden, Sandnes kommune**

**Dato for prøvetaking: 20. februar 2008**

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

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: 1. og 2. hugg Teist 2 - lite sediment**

**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:	Teist 1	Teist 1	Teist 2	Teist 2	Teist 3	Teist 3
Art/grupper		1. Hugg	2.Hugg	1. Hugg	2.Hugg	1. Hugg	2.Hugg
* <b>Hydrozoa indet.</b>		+	+			+	+
<b>Anthozoa</b>							
Kophobelemnnon stelliferum						0/1	
Funiculina quadrangularis						0/1	
Edwardsia sp.					3		
* <b>Nemertini indet.</b>						7	2
* <b>Nematoda indet.</b>				8	5	1	
<b>Polychaeta</b>							
Paramphinome jeffreysii						0/2	0/1
Aphrodita aculeata						0/1	
Pholoe baltica					1		
Neoleanira tetragona							2
Eteone foliosa					1		
Eteone longa				1	6		
Sige fusigera				1			
Nereimyra punctata					1		
Glyphohesione klatti						0/1	
Exogone sp.					1		
Ceratocephale loveni						1	3
Aglaophamus malmgreni						1	1/1
Nephtys hombergi					1		
Nephtys longosetosa						1	
Glycera alba					2		
Glycera lapidum				2	5		
Goniada maculata					2		
Palpiphitime lobifera		12	4/1				
Scoloplos armiger				1			
Polydora sp.				3	5	50	5
Prionospio steenstrupii					4		
Prionospio cirrifera				7	6		
Prionospio fallax				7	1		
Spiophanes bombyx				1			
Vigtorniella sp.		11	25/3				
Levinsenia gracilis						6	5
Chaetozone setosa							0/1
Chaetozone sp.				44	7		
Diplocirrus glaucus						1	
Scalibregma inflatum					1		
Capitella capitata			0/2	135/9	114/1	1	
Heteromastus filiformis				4	19/1	10	2
Myriochele oculata				16	91	11	2
Owenia borealis				2	4		
Pectinaria auricoma				1	1		
Amage auricula							1
Polycirrus norvegicus				1			
<b>Sipuncula</b>							
Onchnesoma steenstrupi						7	1

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

S 2/2	Stasjon:	Teist 1	Teist 1	Teist 2	Teist 2	Teist 3	Teist 3
Art/grupper		1. Hugg	2.Hugg	hugg1	hugg2	hugg1	hugg2
<b>Crustacea</b>							
* Calanus hyperboreus							2
* Metridia longa						2	1
* Diastylodes serrata						1	
* Amphipoda indet.				8			
* Caprellidae indet.					1		
* Meganyctiphanes norvegica							1
* <b>Pycnogonida indet.</b>		1	1	1			
<b>Mollusca</b>							
Caudofoveata indet.						4	
Nucula tumidula						3/2	4/1
Thyasira obsoleta						1	
Thyasira sarsii				4	1/1		
Thyasira equalis						12/1	2
Thyasira ferruginea						1	
Thyasira pygmaea						3	4
Montacuta ferruginosa						1	2
Mysella bidentata				3	6/1		
Fabulina fabula					1		
Abra alba				1			
Abra nitida				17/2	5/5		
Abra prismatica				1/2	2/3		
Arctica islandica					0/1		
Kelliella abyssicola						4	4
Cuspidaria abbreviata							2
<b>Bryozoa</b>							
* Bryozoa skorpeformet		+	+				
* Bryozoa grenet			+	+			
<b>Echinodermata</b>							
Asteroidea indet.							0/1
Ophiura sarsi						0/2	
Brissopsis lyrifera						3	
* <b>Varia</b>		+		+	+	+	



**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geom.kl.	Teist	Teist	Teist
	1	2	3
I	0	13	12
II	1	4	7
III	0	5	3
IV	0	5	7
V	1	2	0
VI	1	1	1
VII	0	1	0
VIII	0	0	0
IX	0	1	0
X	0	0	0
XI	0	0	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



<b>Kundenummer</b>	8183600-1244627	<b>Prøvemottak</b>	05.03.2008
<b>Prøvetyyp</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.		NOV007393-08	NOV007394-08	NOV007395-08	NOV007396-08
Merket		Ren 2 3.hugg	Teist 1 3.hugg	Teist 2 3.hugg	Teist 3 3.hugg
Tatt ut		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	0.6	5.5	0.4	2.8
Tørrstoff	%	74.4	26.5	73.8	37.6
Fosfor, P	g/kg TS	1.1	26	0.94	0.88
Sink, Zn	mg/kg TS	35	570	37	140
Kobber, Cu	mg/kg TS	2.0	990	8.9	18

## 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



<b>Kundenummer</b>	8183600-1244627	<b>Prøvemottak</b>	05.03.2008
<b>Prøvetyyp</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	
Tørrstoff	%	±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 – [www.analycen.se](http://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](http://www.analycen.dk)

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

Lantmännen Analycen OY, Finland – [www.analycen.fi](http://www.analycen.fi)

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

### 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