



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Resipientundersøkelse av oppdrettslokaliteter ved Aspøy og Ådnøy, Sandnes kommune

RF-2000/118



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Vår referanse: 613/7151608	Forfatter(e): Øyvind F. Tvedten	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 26. 06. 2000
Ant. sider: 28 inkl. vedlegg	Faglig kvalitetssikrer: Troels Jacobsen	Gradering: Åpen
ISBN: 82-490-0046-3	Oppdragsgiver(e): Aspøy Fisk	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: Resipientundersøkelse av oppdrettslokaliteter ved Aspøy og Ådnøy, Sandnes kommune	

Emne:

Undersøkelsen inneholder målinger og analyser av vannsøyle og sediment ved tre lokaliteter for oppdrettsanlegg. Ut fra resultatene vurderes miljøforholdene og bruk av de tre områdene som oppdrettslokaliteter.

Emne-ord: Oppdrett, sediment, kornstørrelse, organisk innhold, bunndyr, MOM, resipientundersøkelse

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Prosjektleder
Øyvind F. Tvedten

for RF - Rogalandforskning
Troels Jacobsen

Innhold

1	INNLEDNING.....	1
2	MATERIALE OG METODER	1
2.1	Beskrivelse av området	1
2.2	Innsamlingsprogram og metoder.....	2
2.2.1	Bunnprøver.....	4
2.2.2	Analyser	4
2.3	STFs klassifisering av miljøkvalitet.....	7
2.4	MOM klassifisering av miljøtilstand	8
3	RESULTATER OG DISKUSJON	9
3.1	Vannanalyser.....	9
3.2	Sedimentanalyser	11
3.2.1	Sedimentkarakteristikk.....	11
3.2.2	Bunndyr.....	13
4	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	15
5	REFERANSER.....	17
6	VEDLEGGSOVERSIKT	18

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Aspøy fisk. Rapporten kan brukes som en del av grunnlagsmaterialet til søknad om utvidelse og drift ved oppdrettslokalitetene.

Prøveinnsamlingen ble utført av Veslemøy Eriksen og Øyvind F. Tvedten fra RF. Med god hjelp av Bjørn og John Aspøy om bord i "Sjarcken" gikk prøveinnsamlingen greit.

Asbjørn Bergheim (RF) har vært kvalitetssikrer, men rapporten ble gjennomgått av Troels Jacobsen (RF).

Vi ønsker også å takke Åshild Finnestad (RF) for skanning av kart, samt RF-Miljølab for analyser.

Stavanger 26. juni 2000

Øyvind F. Tvedten

1 Innledning

Aspøy Fisk har fått utført resipientundersøkelser av tre oppdrettslokaliteter ved Aspøy og Ådnøy i Høgsfjorden i Sandnes kommune. Undersøkelsen skal være en del av dokumentasjon i forbindelse med bruk av områdene til oppdrett. To av lokalitetene var i bruk da prøvene ble samlet.

Oppdrettsvirksomheten på lokaliteten på østsiden av Aspøy startet i 1990. På vestsiden av øyen var det nettopp satt ut fisk før prøveinnsamlingen i mai. Det hadde også vært et utsett der tidligere, men det var for flere år siden. Lokaliteten på østsiden av Ådnøy hadde så langt ikke vært brukt til oppdrett.

Resultatene fra prosjektet vil også være et sammenligningsgrunnlag med eventuelle oppfølgende undersøkelser senere, og vil kunne sammenlignes med allerede eksisterende data fra området. Undersøkelsesopplegget er i tråd med en MOM C-undersøkelse (Kupka Hansen, *m.fl.* 1997) og er beskrevet i RFs prosjektforslag F-60011. RF-Miljølab ble høsten 1999 akkreditert til å ta, og opparbeide bløtbunnsprøver.

Etter det vi kjenner til er det ikke gjort tilsvarende resipientundersøkelser (resipient = mottaker) i de samme områdene tidligere. Det nærmeste er undersøkelser i Høgsfjorden (Klovning & Andersen 1994) og Tvedten & Eriksen (1999).

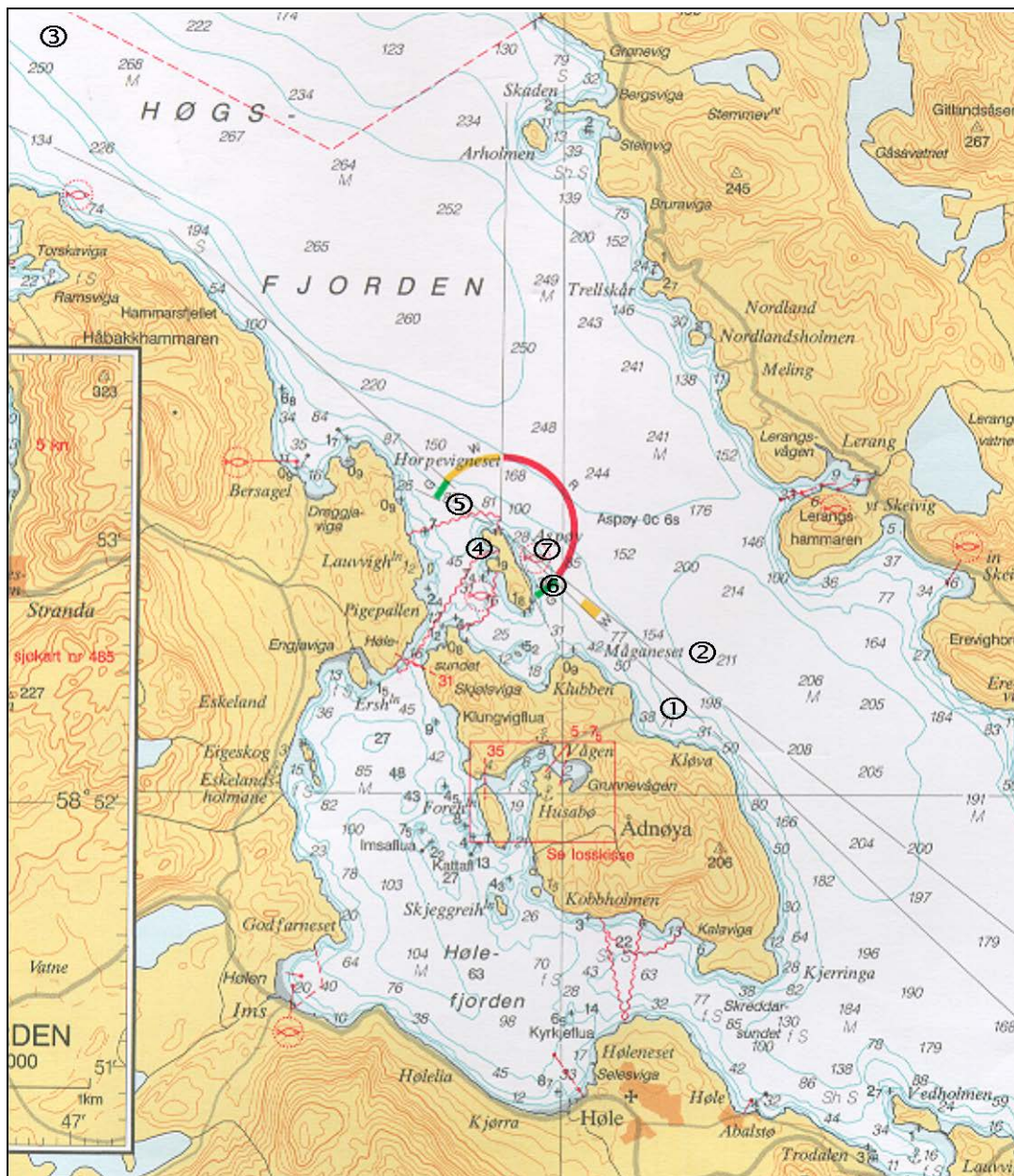
2 Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av området

De tre oppdrettslokalitetene ligger på nord-vest og østsiden av Aspøy og på Østsiden av Ådnøy. Alle lokalitetene har Høgsfjorden som hovedresipient. På østsiden av øyene er det stort sett skrånende bunn ut mot Høgsfjorden. Midt i fjorden er det over 200 m dypt og 3-4 km nord for lokalitetene er maksimaldypet 268 m (sjøkart nr 16). Høgsfjorden har åpen og dyp forbindelse til fjordene lenger ute. Alle lokalitetene har god vannutveksling med de omkringliggende vannmassene. På grunn av skrånende bunn og trolig bra med strøm over bunn, var det en del grov og steinete bunn på alle lokalitetene og det var til dels vanskelig å få bunnprøver.

Prøveinnsamlingen til denne undersøkelsen foregikk 10. mai 2000. Været var fint med nord-vestlig bris og sol. Innsamlingen ble gjort fra fartøyet "Sjarken" som oppdragsgiver stilte til disposisjon. Feltarbeidet gikk uten spesielle problemer. Undersøkelsen omfatter innsamling av bunndyr og sedimentbeskrivelser samt hydrografi og oksygenforhold. Det ble tatt sedimentprøver fra syv stasjoner (Figur 1), og gjort hydrografiske målinger og analyse av oksygeninnholdet i bunnvannet på fire stasjoner. Tabell 1 gir prøveomfang, stasjonsopplysninger og noen resultater fra feltarbeidet.

Prøvestedene ble hovedsakelig bestemt ut fra distanse fra anleggene på stedet hvor anlegget skulle plasseres. Det er også ønskelig å ta prøver i sedimentasjonsområder (finkornet bløtbunn). I tillegg er det i det dypeste av resipienten oksygenmangel vil merkes først, og det er dermed viktig å undersøke. Ved å benytte samme stasjoner som tidligere, kan en undersøke endringer i miljøforholdene.



Figur 1. Kart over prøveinnsamlingsområdet (utsnitt fra sjøkart nr. 16). Målestokk 1:50 000. Prøvestasjonene Asp 1-7 sin plassering er markert.

2.2 Innsamlingsprogram og metoder

Oksygen, temperatur og saltholdighet ble målt ned til 45 m (eller bunn) på stasjon Asp 2, 3, 5 og 7 med en Hydrolab Datasonde[®]3 Multiprobe logger. Sonden har etter fabrikantens spesifikasjoner følgende nøyaktighet: temperatur $\pm 0,15$ °C, saltholdighet $\pm 0,2$ og oksygeninnhold $\pm 0,2$ mg/l. Det har dessverre vist seg at saltholdighetsdataene er mer unøyaktige, som følge av feil i sondens programvare (temperaturkompensering) ved utregning av saltholdighet. I rapporten er saltholdighet oppgitt som praktisk saltholdighet, (Practical Salinity UNIT, PSU) med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m.fl.* 1997).

Tabell 1. Stasjonsopplysninger og sedimentbeskrivelse på de syv stasjonene 10. mai 2000. Det ble tatt to grabbprøver til analyse av bunnfauna og en prøve til TOC og TN, kornstørrelse og glødetap på hver stasjon. Posisjonene er tatt fra en hånd-GPS (Garmin 12XL, ikke differensiert, ± ca 10-20 m, presisjonen var blitt mye bedre enn før, siden en tidligere unøyaktighet i satelittsignalene var fjernet) og dypene fra ekkoloddet om bord. En full grabb inneholder ca. 19 liter sediment. På grunn av sand og steinete bunn var det lite prøve i noen av grabbprøvene og til dels mindre enn det som kreves (minimum 5 l.) i følge NS 9423.

Stasjon Sted	Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Fyllingsgrad i grabb (prøve- volum i liter)	Kommentarer
Asp 1 Stor Ådnøyvik	58°55.320'N 06°00.670'Ø	56	1. hugg, 8 2. hugg, 3	Grålig sediment. Finkornet sand med små og store steiner.
Asp 2 Høgsfjorden	58°55.540'N 06°00.973'Ø	209	1. hugg, 19 2. hugg, 19	Grålig finkornet mudder med litt leire. Litt brunlig overflate. Ingen spesiell lukt. <i>Calocaris macandreae</i> . Bunnvannsprøve. Sondemålinger.
Asp 3 Høgsfjorden	58°57.964'N 05°56.068'Ø	268	1. hugg, 19 2. hugg, 19	Grålig finkornet mudder. Litt brunlig tynn overflate. Ingen spesiell lukt. En del polychaeter. Bunnvannsprøve. Sondemålinger.
Asp 4 Aspøy vest	58°55.945'N 05°59.324'Ø	50	1. hugg, 9 2. hugg, 1	Finkornet sand med småstein og mudder. Ingen spesiell lukt. Litt blåskjellrester og dyr. En del gravende sjøpiggsvin. Vanskelig å få prøver. 3 hugg forkastet pga. stein i grabbåpningen.
Asp 5 Aspøy nord	58°56.125'N 05°59.096'Ø	78	1. hugg, 9 2. hugg, 9	Grålig finkornet mudder. Litt småstein og leira. Skrånende bunn ut mot Høgsfjorden. Bunnvannsprøve. Sondemålinger.
Asp 6 Aspøy øst	58°55.765'N 05°59.853'Ø	21	1. hugg, 5 2. hugg, 5	Grålig finkornet sand. Mye småstein. En del gravende sjøpiggsvin. 2 hugg forkastet pga. stein i grabbåpningen. Stasjonen ligger ca 10 m fra den sørligste merden.
Asp 7 Aspøy øst	58°55.827'N 05°59.835'Ø	33	1. hugg, 3 2. hugg, -	Stasjonen ligger ca 10 m nord for den nordligste merden. Sand og stein. Vanskelig å få prøve. En god del dyr. 2 hugg forkastet pga. stein i grabbåpningen. Bunnvannsprøve. Sondemålinger. Ett prøvested rett ved merdkanten ble forkastet på hard bunn.

Bunnvannet (ca. 3 m over bunn) på de fire stasjonene ble samlet ved hjelp av en Niskinvannhenter. Prøvene ble oppbevart kjølig frem til analyse ved RF-Miljølab. Oksygeninnholdet ble analysert med Winkler titrering (NS-ISO 5813 1/93).

2.2.1 Bunnprøver

Høsten 1999 ble RF akkreditert til å ta prøver av marin bløtbunn. Dette betyr at feltarbeidet og opparbeidingen av faunaprøvene gjøres i tråd med de norske standardene NS 9420, NS 9422, NS 9423.

Bunnprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb fra stasjonene Asp 1-7, to grabbhugg pr. stasjon.

- Sedimentet (en prøve per stasjon) ble analysert for kornfordeling, mengde organisk stoff (målt som glødetap), TOC og TN. Prøvene ble tatt fra de øverste 1-2 cm.
- Lukt, farge, samt innhold av dyr i sedimentet ble notert under innsamlingen.
- Bunndyr (to grabbhugg per stasjon). Antall levende dyr som er større enn 1mm ble talt og identifisert. Det er beregnet artsmangfold i prøvene, og resultatene vurderes opp mot SFTs grenseverdier for miljøkvalitet samt MOM miljøstandarder.

2.2.2 Analyser

2.2.2.1 Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap)

Analysene av kornfordeling ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode (ikke akkreditert) basert på Buchanan (1984). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 gr prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våt-sikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble overført til en sikt-serie med følgende åpninger; 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, og 0,063 mm og kjørt i ristemaskin i 15 minutt. Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 gram. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene (> 0,063 mm) fra utgangsvekten til prøven.

Mengden organisk materiale i sedimentet ble analysert som glødetap (vektreduksjon), etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). På forhånd ble prøven (to paralleller) tørket ved 105 °C og det ble innveid ca. 5 gr.

2.2.2.2 Total organisk karbon og total nitrogen

Sedimentprøvene ble frosset og sendt fra RF-Miljølab til analyse ved NIVAs laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort etter at karbonat var fjernet og ved forbrenning ved 1800 °C. NIVA metode G6 (akkreditert).

2.2.2.3 Bunnfauna

Analysene ble foretatt ved RF. Bunndyrsfaunaen er i hovedsak immobil. Faunaen kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for over tid, og ikke bare representere et øyeblikksbilde, slik tilfellet er om det blir målt ulike parametre i vannsøylen. Derfor er bunndyrsundersøkelser ofte benyttet for å vurdere effekten av ulik forurensning.

Antallet av arter og individer er primære resultater i bunnfaunaundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver bunndyrart representere en variabel) til enklere tall eller figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarken (Oligochaetae) og slimormer (Nemertea), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmakk samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Noen krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analysene. * foran artsnavn i artslisten betyr at arten ikke er med i analyser. Antall + i artslisten angir angir tilstedeværelse av arten (lite, en del, mye, svært mye). cf. betyr at identifiseringen er usikker. Juv. eller juvenile betyr at det er unge individ.

2.2.2.4 Mål på diversitet

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene mellom de ulike artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt forventet antall arter blant $n=100$ individer (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

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

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær *m.fl.* 1997).

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den

vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{max}$. Forholdet mellom observert (H') og maksimal diversitet (H_{max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Det regnes ut et forventet antall arter ved et utvalg på 100 individer ($ES_{n=100}$), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT.

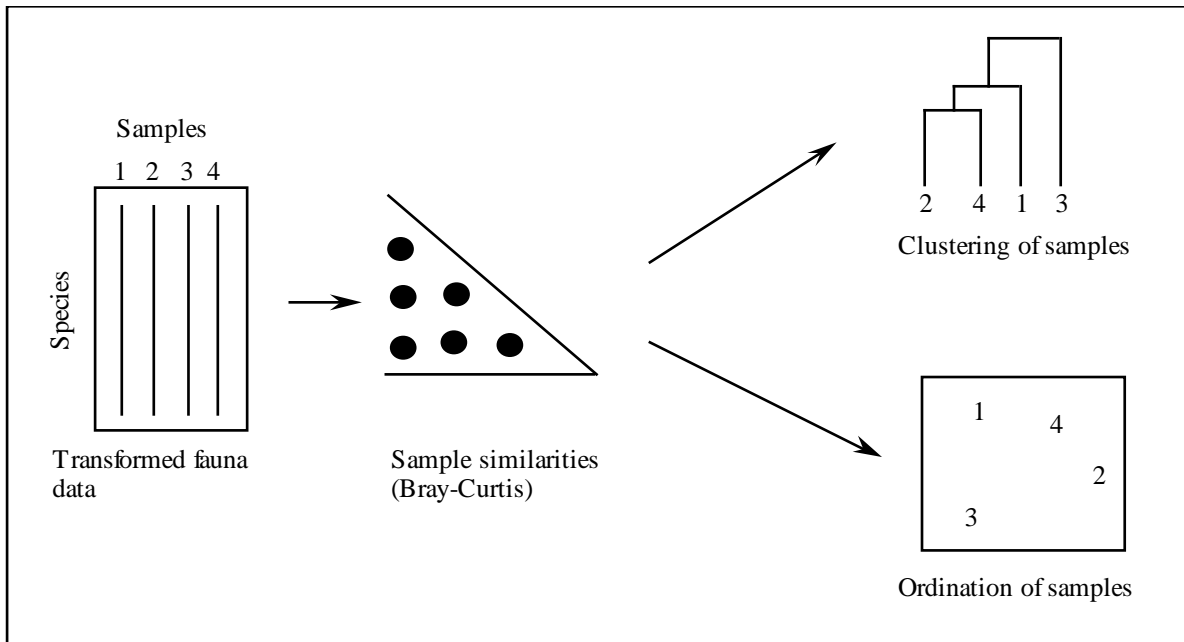
2.2.2.5 Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordnering (MDS) kan benyttes for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt og likheten mellom stasjonene for innsamlingen i år 2000 og i forhold til tidligere år. Analysene er utført på data fra hvert enkelt hugg, og på kvadratrot (få arter med mange individ) transformerte data.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER 5.0 beta versjon (Carr 1994). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritets indeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plot fra MDS analysen. Se Figur 2 for skjematisk fremstilling av metodene.

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray *m. fl.* 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er likere prøve 2, enn prøve 3 er til prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).



Figur 2. Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field *m. fl.* 1982).

Stress-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress*-faktoren.

- $Stress < 0,05$ – gir en meget god gjengiving
- $Stress < 0,10$ – gir en god gjengiving
- $Stress < 0,20$ – krever varsom tolkning
- $Stress > 0,20$ – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0,35-0,40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

2.3 STFs klassifisering av miljøkvalitet

SFT har gitt ut en veiledning som kan brukes til å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær *m. fl.* 1997). I veiledningen finnes en del bakgrunnsinformasjon og kommentarer til tabellene med måltall (grenseverdier) for ulike klasser av miljøkvalitet i vann, sedimenter og biologisk materiale. Det kreves en del bakgrunnskunnskap om miljøparametrene og det må ofte brukes skjønn for å kunne bestemme rett tilstandsklasse og å tolke resultatene. Nedenfor har vi tatt med tabeller i fra veiledningen som omtaler miljøparametre som er aktuelle for denne undersøkelsen.

Tabell 2. Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 20 (se Molvær *m.fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Dypvann	Oksygen (ml/l)*	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen (mg/l)*	>6,4	6,4-5	5-3,6	3,6-2,1	<2,1
	Oksygen metning (%) **	>65	65-50	50-35	35-20	<20

* Omregningsfaktoren mellom mg O₂/l og ml O₂/l er 1,42.

** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6° C.

Tabell 3. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna (se Molvær *m.fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Artsmangfold for bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks (ES _{n=100})	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Shannon-Wiener indeks (H)	>4	4-3	3-2	2-1	<1

2.4 MOM klassifisering av miljøtilstand

Det henvises til NS 9410 eller Kupka Hansen, *m.fl.* (1997) for detaljer.

Kriterier for tildeling av bunntilstand i MOM C-undersøkelse (i følge NS 9410). Brukes bare på stasjoner i nær- eller overgangssonen fra anlegget.

Miljøtilstand 1

- Minst 20 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Ingen av artene må ha mer enn 65% av det totale individantall.

Miljøtilstand 2

- 19-4 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².
- Ingen av artene må ha mer enn 90% av det totale individantall.

Miljøtilstand 3

- 1-4 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

Miljøtilstand 4 (uakseptabel)

- Ingen makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

3 Resultater og diskusjon

3.1 Vannanalyser

Resultatene er vist i Figur 3 og Tabell 4 og i vedleggene.

Det var en betydelig forandring i vannkvalitet med økende dyp. Størst var forskjellen i temperatur og saltholdighet mellom 0 og 5 m (sprangsjiktet) og videre ned til 25 m. Resultatene viser en normal situasjon for årstiden og det var liten forskjell mellom stasjonene.

Temperaturen i overflaten var 13-14 °C, og det var betydelig høyere enn lenger nede i vannsøylen. Fra 20-45 m var det bare 6-7 °C i vannet. Overflatetemperaturen var høyere enn vannet under, som følge av oppvarming av solen. En forholdsvis lav saltholdighet i overflatevannet viser at fjorden mottar mye ferskvann. Lav saltholdighet i overflaten er også funnet i tidligere undersøkelser. Ferskvann er lettere enn saltvann og ligger dermed som et lokk på toppen.

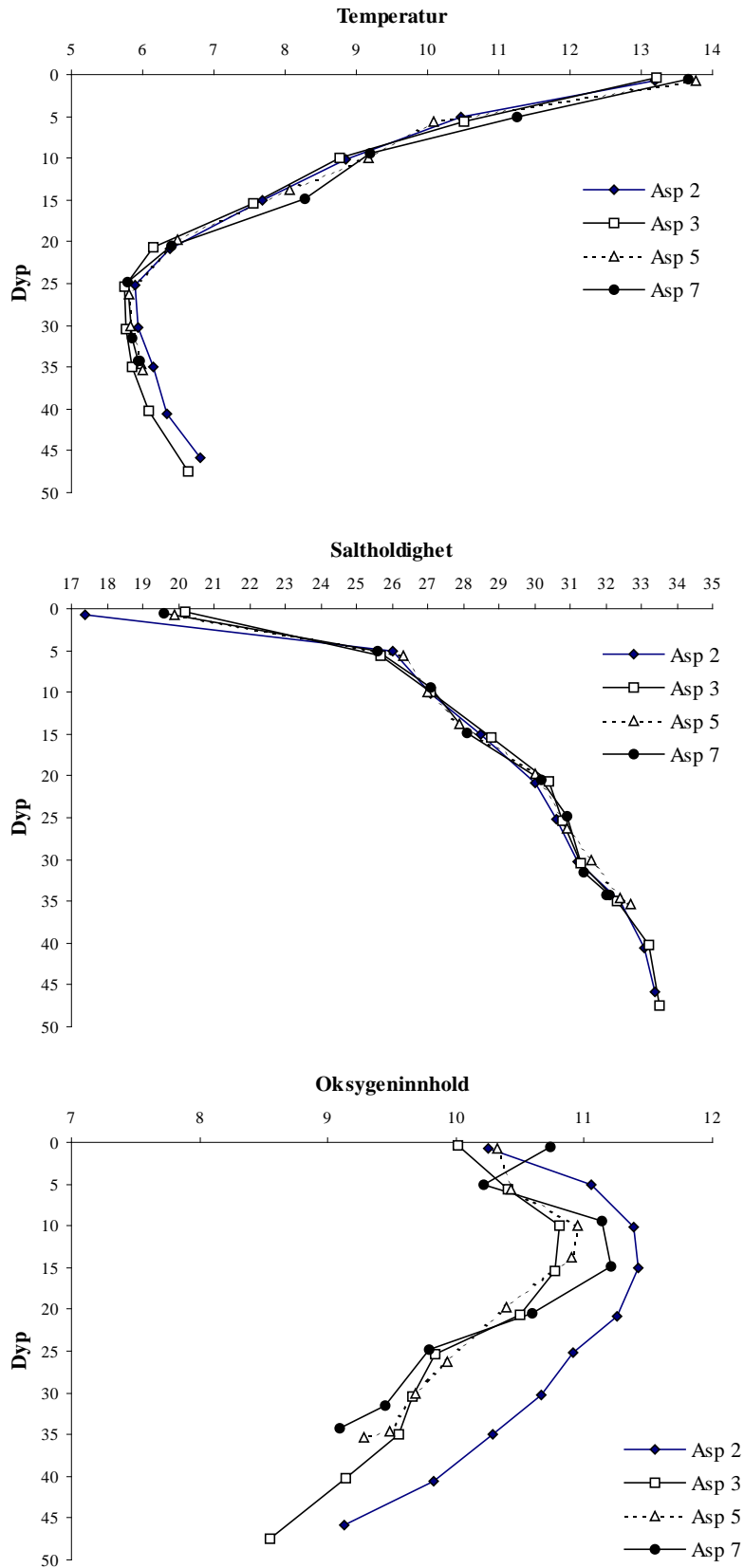
Det var, som forventet, mye oksygen i vannet ned til ca. 45 m (målt med sonden). Det var mest oksygen i vannet på 10-15 m dyp. Det kan skyldes oksygenproduksjon fra alger. Imidlertid var det litt dypt for stor algeproduksjon, og med bakrunn i siktedypet på 7-9 m var algene trolig i høyere konsentrasjon rundt 5-10 m.

Det er nødvendig å måle oksygeninnholdet minst månedlig i gjennom året for å bestemme årsminimum av oksygeninnhold i bunnvann. Det er dermed uvisst om prøvene fra mai representerer et årsminimum. SFT angir et oksygeninnhold (minimumsverdi gjennom året) på over 4,5 ml/l (= 6,4 mg/l) til å tilsvare tilstandsklasse I (*meget god*), se Tabell 2. Det var bare prøven fra det dypeste i Høgsfjorden (Asp 3) som hadde under denne grenseverdien og fikk tilstand, *god* (Tabell 4). De andre stasjonene hadde et bunnvann med høyere oksygeninnhold.

Tidligere undersøkelser har målt et oksygeninnhold på 5-7 mg/l i bunnvannet av Høgsfjorden (Klovning & Andersen 1994) og 7 mg/l i januar 1999 (Tvedten & Eriksen 1999). Resultatene i denne undersøkelsen tyder ikke på oksygenforholdene i bunnvannet har endret seg det siste ti-året, selv om det ble målt noe lavere innhold nå, enn i 1999.

Tabell 4. Oksygeninnhold i bunnvannet på de fire stasjonene, samt SFT tilstandsklasse og siktedyp. Årsminimum i oksygeninnhold kan bare finnes ved å måle jevnlig gjennom et helt år.

Stasjon	Oksygeninnhold mg/l	SFT tilstandsklasse (O ₂)	Siktedyp (m)
Asp 2	6,5	<i>Meget god</i>	9
Asp 3	5,7	<i>God</i>	8
Asp 5	6,8	<i>Meget god</i>	9
Asp 7	10,1	<i>Meget god</i>	7



Figur 3. Temperatur (°C), saltholdighet (S) og oksygeninnhold (mg/l) i vannsøylen på stasjon Asp 2, 3, 5 og 7, 10. mai 2000. Saltholdighetsdataene er noe unøyaktige. Merk at skala er satt for å vise maksimal forskjell mellom målingene og at strekene mellom punktene ikke representerer kontinuerlige målinger.

3.2 Sedimentanalyser

Resultatene er vist i Figur 4 og Tabell 5, flere detaljer fra resultatene er vist i vedleggene. Se Tabell 1 for sedimentkarakteristikk fra feltarbeidet.

3.2.1 Sedimentkarakteristikk

De to dype stasjonene hadde et meget finkornet sediment bestående av leire og silt. På de andre stasjonene var det mer sand og stein. Lignende resultater er funnet i tidligere undersøkelser i Høgsfjorden og viser at det er svake strømmer over bunnen midt i fjorden. På de andre stasjonene var det ikke noen typisk sedimentasjonsbunn og det tyder på at det periodevis er sterkere strøm over bunn og at bunnen var skrånende. Det passer bra med at vi fant ingen visuelle tegn på forurensning på noen av stasjonene. Vi kjente ikke ”oppdrettslukt” eller så fôrpellets på sedimentoverflaten.

På stasjonene Asp 2 og 3 midt i Høgsfjorden var leire- og siltinnholdet henholdsvis 84 og 100 %. I 1999 ble leire- og siltinnholdet målt til 47 % og prøvene fra 1992 hadde stasjonene i fjorden et innhold på 90-95 %. Fjordbunnen kan ikke ha endret karakter så mye og forskjellen i resultatene skyldes trolig analysemetoden som ble brukt i 1999. Et problem med analysen av slike finkornete sediment er at partiklene binder seg meget fast til hverandre når sedimentet blir tørket, og resultatet er noe avhengig av hvor grundig en knuser partiklene før sikteanalysen.

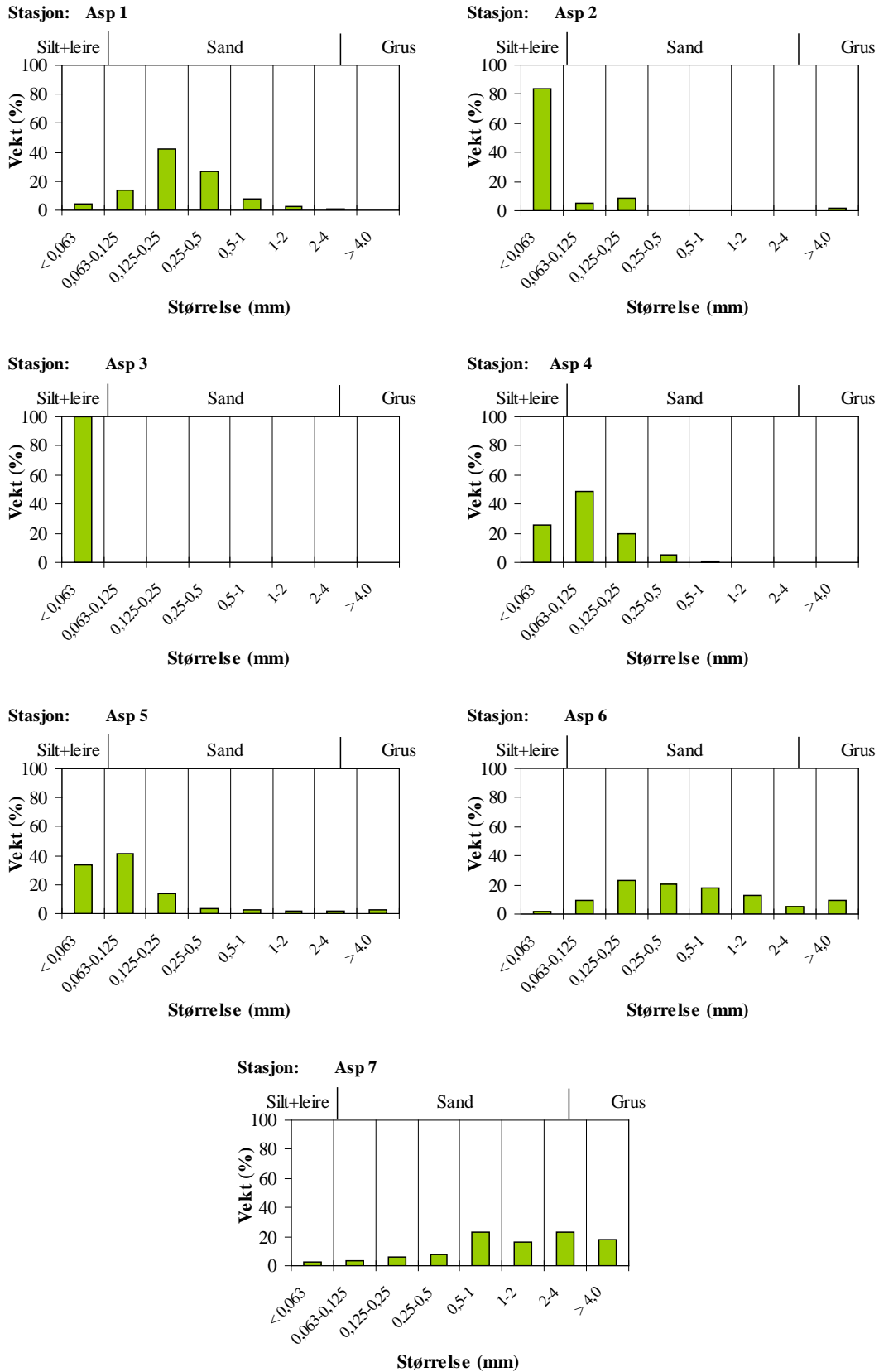
Kornstørrelsesanalysen tyder på at det er sterkest strøm på stasjonene Asp 6 og 7 på østsiden av Aspøy. Disse stasjonene lå også grunnere enn de andre og det kan ha betydning for strømforholdene. Asp 4 på nord-vestsiden av Aspøy hadde det mest finkornete sedimentet av de stasjonene som lå nærmest oppdrettslokalitetene.

Tabell 5. Totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) i sedimentet på Asp 1-7, 10. mai 2000. Det er også oppgitt prosentvis innhold av ulike partikkelstørrelser i sedimentet og glødetap (mål på organisk innhold). TOC₆₃ mg/g er TOC verdi som er utregnet ut fra innhold av leire og silt i sedimentet og som danner bakgrunn for SFTs klassifisering.

	Leire+silt % <0,063 mm	Sand % <0,25 mm	Sand% >0,25 mm	Grus % > 2 mm	Gløde- tap %	TOC mg/g	TN mg/g	TOC 63 mg/g Normalisert	SFT Tilstands- klasse	TOC/TN
Asp 1	4,4	37,7	56,3	1,54	1,2	3,6	<1,0	21	God	-
Asp 2	84	14	0	2	8,5	21,6	2,8	24	God	8
Asp 3	100	0	0	0	11,0	25,6	2,3	26	God	11
Asp 4	25,3	68,2	6,4	0,1	1,2	4,2	<1,0	18	Meget god	-
Asp 5	33,6	54,8	7,6	4	1,2	3,9	<1,0	16	Meget god	-
Asp 6	1,6	51,6	32,6	14,2	0,7	3,5	<1,0	21	God	-
Asp 7	2,4	9,1	47,6	41	1,6	6,4	<1,0	24	God	-

Innholdet av nitrogen var lavt i alle prøvene. Sammen med lavt innhold av organisk karbon (TOC) og glødetap, viser dette at det ikke var opphopning av organisk materiale på noen av stasjonene. Det to dype stasjonene hadde det høyeste innholdet og det skyldes sedimentets beskaffenhet. Finkornete sediment har større partikkeloverflate og generelt høyere innhold av organisk materiale enn grove sediment. Sammenlignet med resultater fra tidligere var glødetapet midt i fjorden helt på linje med det som ble funnet i 1992 og 1999.

På grunn av det forholdsvis lave TOC-innholdet får alle stasjonene tildelt SFT tilstandsklasse *meget god – god*.



Figur 4. Partikkelstørrelsesfordeling (prosentvis vektfordeling) i sedimentet på Asp 1-7 i mai 2000.

3.2.2 Bunndyr

Antall individ, antall arter, diversitet, jevnhet, SFT og MOM tilstandsklasse på stasjonene er gitt i Tabell 6 og de mest individrike artene er vist i vedleggene. Artslisten fra bunndyrsundersøkelsen er også gitt i vedleggene.

På lokaliteten øst for Ådnøy (Asp 1) var det til sammen 40 arter og det var ingen arter som var meget tallrike. Arts sammensetningen passer godt med et sandete sediment med innslag av stein. Det var blant annet noen leddsnegl (skallus) i prøvene. Miljøforholdene var gode og området er ut fra dette egnet til oppdrett. Stasjonen fikk beste SFT- og MOM-tilstand.

På lokaliteten vest for Aspøy (Asp 4 og 5) var det nokså stor forskjell mellom stasjonene. På Asp 4 (like ved merdene) var det også stor forskjell mellom de to prøvene. I det første hugget var det 21 arter og bare små spor i bunnfaunaen som kunne tilsi at oppdrettet påvirket bunnmiljøet. I det andre hugget, som inneholdt lite prøvemateriale i grabben, var det derimot bare 6 arter og en velkjent børstemark, *Capitella capitata*, dominerte antallsmessig. Børstemarken er vanlig å finne i områder som mottar organisk materiale (eks. fôrspill, fecalier, blåskjell) fra oppdrett. De individene som ble funnet på Asp 4 var små og de var enten unge individ eller så var fødetilgangen liten.

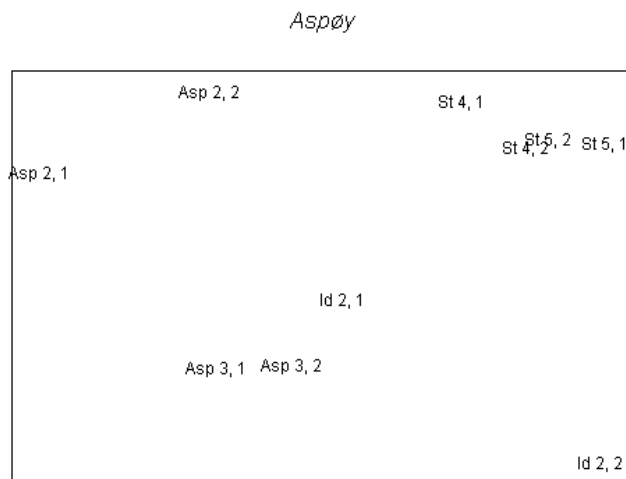
Tabell 5. Antall individ (pr hugg 0,1 m², stasjon 0,2 m² og pr m²), antall arter, Shannon-Wiener indeks og jevnhetsindeks på stasjonene i november 1999. Resultater på "huggnivå" er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFT (Molvær *m.fl.* 1997). Det er også gitt miljøtilstand etter MOM kriterier. I fjernsonen (He 2) skal SFTs kriterier benyttes.

Stasjon	Antall ind. pr. hugg/ stasjon	Antall individ pr m ²	Antall arter	Shannon- Wiener indeks	Jevnhets indeks	Hurlbert indeks	SFT klasse	MOM Tilstand
Asp 1, hugg 1	51	510	28	4,16	0,86		Meget god	
Asp 1, hugg 2	52	520	24	3,98	0,87		God	
Sum	103	515	40	4,44	0,84	39,5	Meget god	1
Asp 2, hugg 1	24	240	18	4,08	0,98		Meget god	
Asp 2, hugg 2	19	190	14	3,64	0,96		God	
Sum	43	215	25	4,47	0,96	-	Meget god	-
Asp 3, hugg 1	54	540	18	3,72	0,89		God	
Asp 3, hugg 2	43	430	12	2,80	0,78		Mindre god	
Sum	97	485	21	3,52	0,80	-	God	-
Asp 4, hugg 1	84	840	21	3,53	0,80		God	
Asp 4, hugg 2	638	6380	6	0,30	0,12		Meget dårlig	
Sum	722	3610	25	1,14	0,25	9,2	Dårlig	2
Asp 5, hugg 1	77	770	36	4,86	0,94		Meget god	
Asp 5, hugg 2	130	1300	37	4,55	0,87		Meget god	
Sum	207	1035	55	5,12	0,89	39,7	Meget god	1
Asp 6, hugg 1	148	1480	38	4,56	0,87		Meget god	
Asp 6, hugg 2	117	1170	41	4,69	0,87		Meget god	
Sum	265	1325	57	4,96	0,85	37,6	Meget god	1
Asp 7, hugg 1	85	850	39	4,91	0,93		Meget god	
Asp 7, hugg 2	82	820	36	4,57	0,88		Meget god	
Sum	167	835	51	5,07	0,89	41,0	Meget god	1

På lokaliteten øst for Aspøy (Asp 6 og 7) var det over 50 arter på begge stasjonene. En leddsnegl (*Leptochiton asellus*) var tallrik på begge stasjonene. Dette er en art som lever på steiner og det viser at sjøbunnen var nokså grovkornet med stein. Det var ikke tegn til at oppdrettet så langt hadde påvirket bunnforholdene, og miljøforholdene var gode. Stasjonene fikk beste SFT- og MOM-tilstand.

For å sammenligne hvor lik artssammensetningen har vært i de ulike prøvene fra dypet av Høgsfjorden har vi gjort en ekstra matematisk analyse. Det er en analyse som beregner likhet mellom prøver, med bakgrunn i hvor mange arter som prøvene har felles og også hvor mange individer det er av hver art. Vi har bare tatt med prøvene fra dypet av Høgsfjorden, siden vi vet at det er naturlig forskjell mellom disse prøvene og de prøvene som er tatt på grunnere vann. Ved å ta med alle prøvene fra undersøkelsen i analysen ville prøvene fra dypet av Høgsfjorden bli presset mer sammen (og dermed se mer like hverandre ut). Resultatet fra analysen er vist i Figur 5, hvor like prøver er plassert nærmest hverandre. Det er tre ting som er tydeligst i resultatene. Prøvene fra 1992 (stasjon 4 og 5) skiller seg fra resten, prøvene fra Asp 2 skiller seg fra resten, og det ene grabbhugget i 1999 (stasjon Id 2) skiller seg fra de andre. Dendrogrammet viste tilsvarende resultat og er ikke tatt med i rapporten.

Det er bare Id 2 og Asp 3 som er tatt på omtrent samme sted. Både forskjeller i tid og rom kan derfor forklare de observerte forskjellene. Analysen bygger på nokså få prøver, og prøvene inneholder nokså få arter og individer, og det svekker noe beslutningsgrunnlaget for å si noe om bunnforholdene er blitt bedre eller verre. Vi konkluderer likevel med at bunnfaunaen ikke viser tegn til noen forverring av miljøforholdene i Høgsfjorden.



Figur 5. MDS-plot fra analyse av grabbhuggprøver fra dypet av Høgsfjorden (kvadratrot-transformert tall, stress 0,06). Prøver med likest fauna er plassert nærmest hverandre i plottet. St 4 og 5 ble innsamlet i 1992 og lå på henholdsvis 247 og 237 m (det ble benyttet en større grabb på 0,2 m²). Id 2 ble samlet i 1999 (268 m) og Asp 2 og 3 i 2000. Tallet etter stasjonsbenevnelsen viser hvilket grabbhugg det er (1 el. 2).

4 Sammendrag og konklusjoner

Undersøkelsen omhandler resultater fra en resipientundersøkelse av tre oppdretts-lokaliteter ved Aspøy og Ådnøy i Høgsfjorden i Sandnes kommune. Undersøkelsen skal være en del av dokumentasjon i forbindelse med bruk av områdene til oppdrett. Undersøkelsen er gjort i tråd med norske standarder og MOM C-undersøkelse. To av lokalitetene var i bruk da prøvene ble samlet.

Feltarbeidet ble utført i 10. mai 2000 av personell fra RF, sammen med oppdretterne. Det ble tatt prøver fra syv steder. To midt i Høgsfjorden (stasjon Asp 2 og 3) for å undersøke miljøtilstanden i Høgsfjorden generelt, og resten ble tatt på lokalitetene.

Det ble tatt to bunnprøver fra hver stasjon. Bunnprøvene ble analysert med hensyn på fauna, partikkelstørrelse og organisk innhold. Det ble også tatt prøver av bunnvannet på fire av stasjonene til analyse av oksygeninnhold, og gjort hydrografiske målinger.

Resultatene viste at det var en betydelig forandring i vannkvalitet med økende dyp. Størst var forskjellen i temperatur og saltholdighet mellom 0 og 5 m (sprangsjiktet) og videre ned til 25 m. En forholdsvis lav saltholdighet i overflatevannet viser at i perioder mottar fjorden mye ferskvann.

Det var bare oksygenprøven fra det dypeste i Høgsfjorden (Asp 3) som hadde under SFTs grenseverdi for beste tilstandsklasse. De andre stasjonene hadde et bunnvann med høyere oksygeninnhold (*meget god*). Tidligere undersøkelser har målt et oksygeninnhold på 5-7 mg/l i bunnvannet av Høgsfjorden. Resultatene i denne undersøkelsen tyder ikke på oksygenforholdene i bunnvannet har endret seg det siste ti-året, selv om det ble målt noe lavere innhold nå, enn i 1999.

De to dype stasjonene hadde et meget finkornet sediment bestående av leire og silt. På de andre stasjonene var det mer sand og stein. Lignende resultater er funnet i tidligere undersøkelser i Høgsfjorden og viser at det er svake strømmer over bunnen midt i fjorden. I de grunnere områdene er det periodevis er sterkere strøm over bunn og bunnen var skrånende. Vi fant ingen visuelle tegn på forurensning på noen av stasjonene.

Innholdet av nitrogen var lavt i alle prøvene. Sammen med lavt innhold av organisk karbon (TOC) og glødetap, viser dette at det ikke var opphopning av organisk materiale på noen av stasjonene. Sammenlignet med resultater fra tidligere var glødetapet midt i fjorden helt på linje med det som ble funnet i 1992 og 1999.

Bortsett fra en stasjon (Asp 4), som var plassert like ved merdene på anlegget vest for Aspøy, var det ikke tegn i bunnfaunene på organisk tilførsel fra oppdrettet. På de ”grunne” stasjonene var det en del leddsnegl i prøvene som lever på steiner. Artsantallet på de ”grunne” stasjonene (unntatt Asp 4) varierte fra 40-57 og det var bra høyt. På Asp 4 var det totalt 25 arter, og i det ene grabbhugget viste artssammensetningen at det var organisk tilførsel. Resultatene fra Asp 4 viser at påvirkningen fra oppdrettet var lokal, og varierende innen korte avstander.

Begge de to ”dype” stasjonene midt i Høgsfjorden hadde at artsantall like over 20. Det er ikke spesielt mange arter, men lignende antall ble funnet i 1992 og 1999. Trolig har det lave artsantallet naturlige årsaker og skyldes ikke forurensning. Stasjonene fikk SFT

tilstand *meget god* og *god* som følge av en nokså høy diversitet. Bunnfaunaen tyder ikke på noen forverring av miljøforholdene i dypet av Høgsfjorden.

Oppsummert i tabellform, kan resultatene deles inn etter SFT-veiledning og MOM (NS 9410). Det må også brukes faglig kunnskap ved vurdering av resultatene, og egnethetsvurdering av lokalitetene.

Stasjon Sted	Dyp m	SFT tilstand * Oksygeninnhold	SFT tilstand Organisk innhold	SFT tilstand Bunndyr	MOM Miljøtilstand
Asp 1 Stor Ådnøyvik	56	-	<i>God</i>	<i>Meget god</i>	1
Asp 2 Høgsfjorden	209	<i>Meget god *</i>	<i>God</i>	<i>Meget god</i>	-
Asp 3 Høgsfjorden	268	<i>God *</i>	<i>God</i>	<i>God</i>	-
Asp 4 Aspøy vest	50	-	<i>Meget god</i>	<i>Dårlig</i>	2
Asp 5 Aspøy nord	78	<i>Meget god *</i>	<i>Meget god</i>	<i>Meget god</i>	1
Asp 6 Aspøy øst	21	-	<i>God</i>	<i>Meget god</i>	1
Asp 7 Aspøy øst	33	<i>Meget god *</i>	<i>God</i>	<i>Meget god</i>	1

* Det må tas prøver jevnlig i minst ett år før en kjenner oksygenminimumet. Prøvene i denne undersøkelsen representerer bare situasjonen i mai 2000.

Etter å ha vurdert de marinbiologiske resultatene er alle lokaliteter egnet til oppdrett. Ved lignende undersøkelser i fremtiden bør stasjonen på det dypeste i Høgsfjorden inngå.

5 Referanser

- Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. Methods for the study of marine benthos. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 41-65.
- Carr, M. 1994. PRIMER. Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. - *Marine Biology* 118:167.
- Field, J. G., Clarke, K. R., & Warwick, R. M. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8, 37-52.
- Gray, J.S., M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg & R.M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. - *Marine Ecology Progress Series* 46:151-165.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.
- Klovning, J.S.-G. & O.K. Andersen 1994. Resipientundersøkelse i Høgsfjorden. RF-91/94. RF-Rogalandforskning. 58 s.
- Kupka Hansen, P., A. Ervik, J. Aure, P. Johannessen, T. Jahnsen, A. Stigebrandt & M. Scanning 1997. MOM (Matfiskanlegg - Overvåking - Modellering). Konsept og revidert utgave av overvåingsprogrammet 1997. *Fisken og Havet* nr. 5, 1997. 55 s.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. - (red. - Croom Helm, London. 179.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- NS 9410:2000. *Miljøovervåking av marine matfiskanlegg*. Norsk Standard 2000. 22 s.
- NS 9420:1998. *Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging*. Norsk Standard 1998. 9 s.
- NS 9422:1998. *Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder*. Norsk Standard 1998. 11 s.
- NS 9423:1998 *Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø*. Norsk Standard 1998. 16 s.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Shannon, C. E. and W. Weaver 1963. *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Tvedten, Ø.F. & V. Eriksen 1999. Resipientundersøkelse av en oppdrettslokalitet ved Idse. Rapport 1999/057. 14 s.

6 Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Resultater fra vannanalyser

Vedlegg 2. Sedimentanalyser

Vedlegg 3. Bunndyrsanalyser