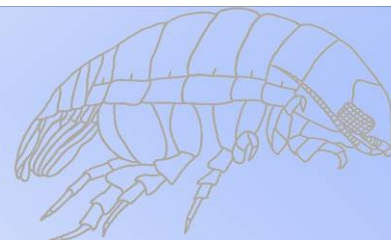


SAM e-Rapport

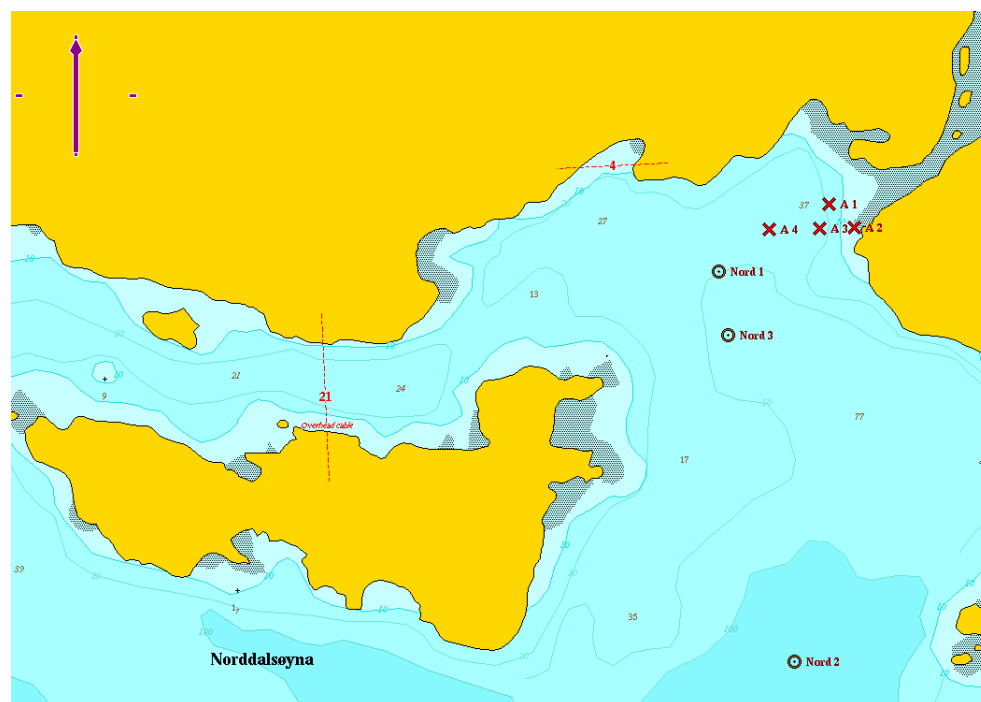
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
Uni Miljø





e-rapport nr: 32-2012

MOM-C undersøkelse fra lokalitet Nordalsfjord i Nordalsfjorden, Flora kommune i 2011

Silje Hadler-Jacobsen
Per-Otto Johansen



	SAM-Marin	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Nordalsfjord i Nordalsfjorden, Flora kommune i 2011	Dato: 3/7-2012
	Antall sider og bilag: 41
Forfatter(e): Silje Hadler-Jacobsen Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Silje Hadler-Jacobsen
	Prosjektnummer: 806031

Oppdragsgiver: Firda Settefisk AS	Tilgjengelighet: Åpen
-----------------------------------	-----------------------

Abstract: A MOM-C survey was conducted in November 2011 at the hatchery aqua culture locality Nordalsfjord in Nordalsfjorden. The monitoring included geological and chemical analysis of the bottom sediment as well as an analysis of the benthic fauna. For the two sites near the locality there was no indication of chemical pollution of copper or sink and the faunal composition indicated good conditions.

Measurements of oxygen concentration as well as the benthic fauna analysis indicated poor conditions near and in the bottom of the fjord. It is therefore advised to thoroughly monitor the conditions of the bottom in the future.

Keywords: MOM C, Marine environmental monitoring, hatchery, Aqua culture, Nordalsfjord, Flora	Emneord: MOM C, Marin miljøundersøkelse, Aquakultur, settefiskanlegg, Nordalsfjorden, Flora Kommune	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 32-2012
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	3/7-2012	<i>P. O. Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	3/7-2012	<i>Silje Hadler-Jacobsen</i>

SAM-Marin er en del av Uni Research AS, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurdering og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157.

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til MOM-C analyser, samlet av: SAM-Marin

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: R. Tveiten, N. Islam og N. Korableva

Identifikasjon av marin fauna utført av: T. Alvestad og P. Johannessen.

Rapportering utført av: S. Hadler-Jacobsen og Per-Otto Johansen

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: H. Grønning

LEVERANDORER

Toktfartøy: -

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS akkrediteringsnummer Test 003

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHold

1 INNLEDNING	5
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Sediment	9
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr	10
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi	14
3.2 Sediment	15
3.3 Kjemi	17
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR	23
7 VEDLEGG	24

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Nordalsfjord i Nordalsfjorden, Flora kommune. Innsamlingene ble gjennomført 30. november 2011. Det har tidligere blitt gjennomført to MOM-C undersøkelser (2000 og 2006) og en MOM-B undersøkelse ved denne lokaliteten.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet ved utslippspunktet fra anlegget og i nærområdet til settefiskanlegget. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, 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 KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-Marin) på oppdrag fra Firda Settefisk AS. SAM-Marin er en avdeling ved Seksjon for Anvendt Miljøforskning hos Uni Research AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

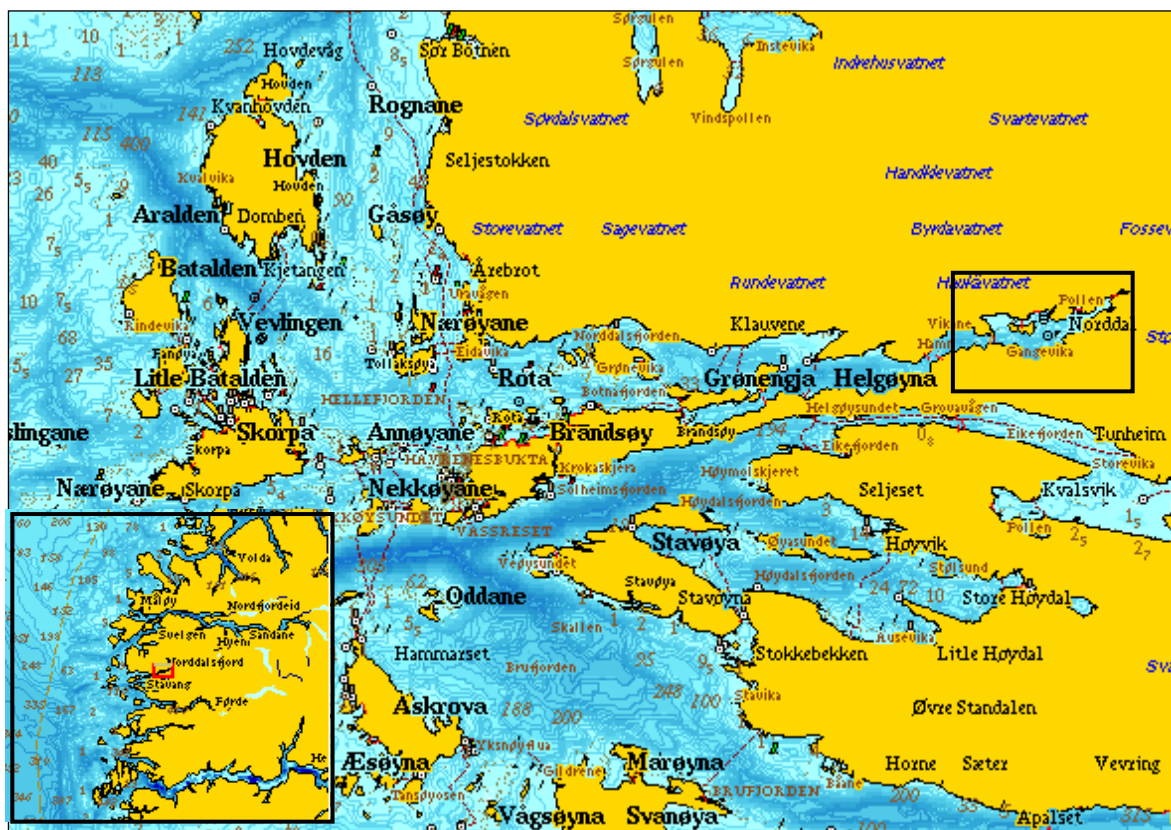
2.1 Undersøkellesområdet

Utslippspunktet ligger innerst i Nordalsfjorden, nordøst for Nordalsøyna, på ca. 50 meters dyp. (Figur 2.1 og 2.2). Fjordbunnen synker til 70 m sørøst for lokaliteten, og synker så videre ned til ca. 160 m dyp sør for anlegget. Fjorden har flere terskler, den nærmeste på 27 meter.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 30. november 2011. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved utslippspunktet, en i overgangssonen og en stasjon på dypet innerst i Nordalsfjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Tor Ensrud og Tom Alvestad fra SAM-Marin.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Nord 2). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.



Figur 2.1. Oversiktskart over Nordalsfjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Nordalsfjord. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Utsnitt av Nordalsfjorden med referansestasjonen i dypet (Nord 2), overgangsonen (Nord 3) og ved utslippspunkt fra anlegget (Nord 1). Utslippspunkt fra avløpsrør fra anlegget er markert med kryss. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1 Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Nordalsfjorden i 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en duograbb, hvor det ene kammeret utgjør 0.1m² og brukes til biologiprøver (fullt kammer 21 liter), mens det andre kammeret er mindre og brukes til kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nord 1 30/11-2011	Norrdalsfjorden 61° 38,378'N 05° 22,016'Ø	51	1	11	Biologi, kjemi, geo, grabb 8 (duo)
			2	8	Biologi, grabb 8 (duo)
					Nærsone Fin sand og grus
Nord 2 30/11-2011	Norrdalsfjorden 61° 38,016'N 05° 22,164'Ø	160	1	21	Biologi, kjemi, geo, grabb 8 (duo)
			2	21	Biologi, grabb 8 (duo)
					Fjernsone Mykt muddersediment med leire lengre ned. Litt H ₂ S lukt nede i sedimentet, men OK på overflaten.
Nord 3 30/11-2011	Norrdalsfjorden 61° 38,319'N 05° 22,034'Ø	56	1	13	Biologi, kjemi, geo, grabb 8 (duo)
			2	11	Biologi, grabb 8 (duo)
					Overgangssone Fin sand
A 1	61° 38,441'N 05° 22,232'Ø				Posisjon for avløpspunkt fra anlegget.
A 2	61° 38,419'N 05° 22,282'Ø				Posisjon for avløpspunkt fra anlegget.
A 3	61° 38,418'N 05° 22,213'Ø				Posisjon for avløpspunkt fra anlegget.
A 4	61° 38,417'N 05° 22,115'Ø				Posisjon for avløpspunkt fra anlegget.

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskifting 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 vannutskifting, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med

oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

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

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

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under 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 Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). 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 KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

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

2.2.4 Bunndyr

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

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² grabb har et volum på 21 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

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

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktoratetsgruppe Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks (H') og NQI1 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQI1 et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. Helt opp til anleggene og i

overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2. Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Direktoratets gruppa Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (svært/meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Diversitet/Shannon- Wiener ind. (H)		>4	4-3 0,63-	3-2	2-1 0,31-	<1
	NQI1		>0,72	0,72 0,54-	0,49-0,63	0,49 0,20-	<0,31
	NQI2		>0,65	0,65	0,38-0,54	0,38	<0,20
	Organisk karbon	mg TOC/g	<20	20-27 150-	27-34	34-41 590-	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	360	360-590	4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	<ul style="list-style-type: none"> - Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m². - Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	<ul style="list-style-type: none"> - 5-19 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 utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	<ul style="list-style-type: none"> - 1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m².

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokaliteten i Nordalsfjorden startet settefiskproduksjonen i 1986. Anlegget består av 12 startforingskar, seks med diameter på 4 meter og seks med diameter på fem meter. Uteanlegget består av seks kar med diameter på 15 m, åtte kar med diameter på seks meter og ti kar med diameter på åtte meter. Det var produksjon i mesteparten av anlegget. Noen av 15 meters karene stod tomme. Biomasse ved undersøkelsestidspunktet, 30.11-2011, var ca. 62.000 kg. Utslipp av avløpsvannet fra anlegget er fordelt på fire avløpsrør (Tabell 2.1)

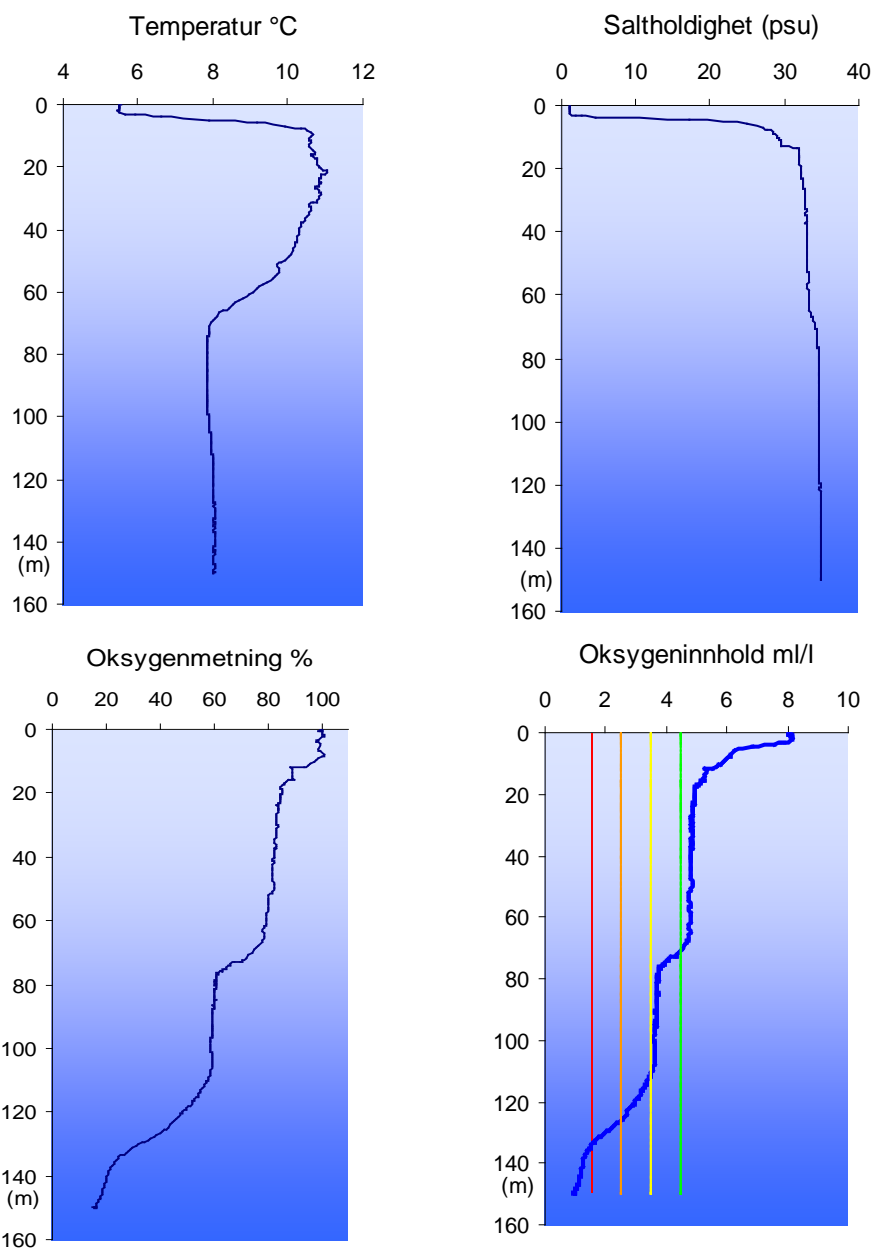
Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokalitet Nordalsfjord i siste 4 år:

	Utforet mengde	Produsert mengde
2010	225,823 tonn	202,020 tonn
2009	202,568 tonn	184,310 tonn
2008	225,190 tonn	218,350 tonn
2007	227,437 tonn	216,606 tonn

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Nord 2 den 30. november 2011. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l på Nord 2, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 150 meter på Nord 2 den 30. november 2011. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42. I grafen med oksygeninnhold i ml/l er grenseverdiene for Klifs tilstandsklasser for bunnvann tegnet inn.

Temperaturen på Nord 2 den 30. november 2011 var på 5,5° C i overflaten. Fra 4 meter steg den til 11° C på ca 10 meter, for så å holde seg stabil ned til 50 meter. Deretter sank temperaturen ned mot 8° C på 80 meters dyp og hold seg deretter stabil med mot den dypeste målingen (150 m).

Saltholdigheten lå på rund 1 psu i overflaten og overflatelaget gikk ned til 4 m. Mellom 4 og 5 meter økte saltholdigheten til 27 psu. Deretter steg saltholdigheten jevnt til ca 14 meter (31,7 psu). Derfra var det liten endring nedover i vannsøylen ned til 150 m dyp (34,8 psu).

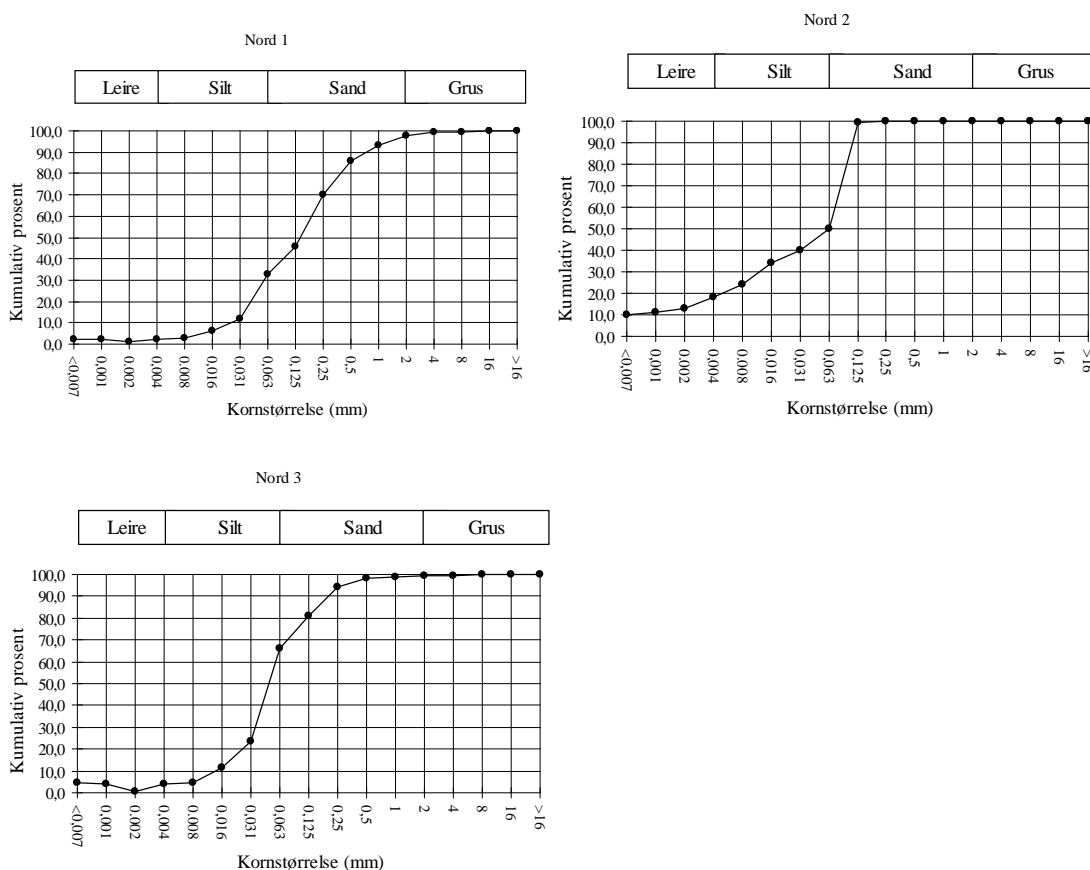
Hydrografien av vannmassene på Nord 2 viser en tydelig lagdeling med et ferskvannssjikt øverst og flere sjikt der oksygeninnholdet varierte gjennom vannsøylen. Konsentrasjonen lå på 8,0 ml/l i overflatelaget ned til ca 4 meter. Fra 4 til ca 20 m sank oksygenivået jevnt ned mot 4,8 ml/l. Deretter forandret konsentrasjonen seg lite ned til ca 70 m, for så å synke til 3,7 på 80 meter. Fra 80 til 110 m forandret konsentrasjonen seg lite, for så å synke ytterligere til 1 ml/l på den dypeste målingen på 150 m. Dette plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse V (meget dårlig). De dårlige verdiene for oksygeninnhold kan ses i sammenheng med at man her har et innestengt basseng på 160 meter dypt med terskel på 27 meter. I tillegg er prøvene tatt på den tiden av året (nov-des) da det ofte er lavest oksygeninnhold i bunnvannet i norske fjorder.

3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra Nordalsfjorden er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

Tabell 3.1. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved anlegget i Nordalsfjord, november 2011.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Nord 1	51 m	5,7	2	31	33	65	3
Nord 2	160 m	23,2	18	32	50	50	0
Nord 3	56 m	5,6	4	62	66	33	1



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Nærsonen: Nord 1, Overgangssonen: Nord 3 og Fjernsonen: Nord 2.

Sedimentet på stasjonen nærmest anlegget, Nord 1, et noe grovkornet sediment der sand utgjorde 65 %, grus 3 %, silt 31 % og de resterende 2 % var leire. Glødetapet var på denne stasjonen 5,7 % og det organiske innholdet var innenfor det en karakteriserer som relativt lavt for norske fjorder.

I overgangssonen på stasjon Nord 3 hadde man et finkornet sediment bestående av 66 % leire og silt mens det var kun 33 % fin sand og 1 % grus. Det organiske innholdet (glødetapet) var 5,6 er relativt lavt for norske fjorder.

På stasjon Nord 2 ute i dypet av fjorden i bestod sedimentet av 50 % sand, 32 % silt og 18 % leire. Glødetapet var 23,2 %. Dette er noe høyere enn det som er normalt for norske fjorder.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Inntil anlegget, ved Nord 1, var verdiene metallene sink og kobber av i lave (henholdsvis 55 mg/kg og 12 mg/kg) og får dermed beste tilstand (I - Meget god). Fosforverdiene var normale. Både verdiene for glødetap og TOC ligger lavt.

Verdiene av metaller i overgangssonen (Nord 3) var lave og får tilstandsklasse I (Meget god). Fosforverdiene var normale. Både verdiene for glødetap og TOC ligger lavt.

På den dypeste stasjonen (Nord 2) var verdiene av metaller også lave og får tilstandsklasse II (God) for både sink (170 mg/kg) og kobber (55 mg/kg). Fosforverdiene var høyest her på den dypeste stasjonen, men innenfor det normale. Normalisert TOC (77,1 mg/g) og glødetapet indikerer opphoping av organisk materiale.

Tabell 3.2. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Totalt organisk karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Nord 1	13	25,4	II	840	55	I	12	I	66
Nord 2	76	77,1	V	1 300	170	II	55	II	20
Nord 3	19	30,3	III	930	47	I	15	I	62

Måling av pH og Redokspotensial (E_h)

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. Målingen av pH og E_h på de undersøkte stasjonene gav abeste MOM-tilstand 1 på alle stasjonene.

Tabell 3.3. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de 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
Nord 1	7,14	188	0	1
Nord 2	7,44	17	1	1
Nord 3	7,17	182	0	1

3.4 Bunnedyr

Resultatene fra bunnedyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4 - 3.5, Figur 3.3- 3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunnedyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i november 2011. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunnedyrsprøvene fra Nord 1 like ved anlegget, ble det funnet 60 arter med til sammen 330 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,41 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse I-meget god. I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen også beste karakter, miljøtilstand 1 (Meget God) (Tabell 2.3). De mest individrike artene på denne stasjonen er børstemakker i klassen *Oligochaeta* (13,6 %) og familien *Paraonidae* (11,2 %) sammen med *Paramphinome jeffreysi* (10,9 %). Åtte av de tolv mest individrike artene på stasjonen er børstemakk, i tillegg finner man to arter av slangestjerner og et skjell. De geometriske klassene viser at man har gode forhold på stasjonen.

På Nord 3 i overgangssonen, ble det funnet 60 arter med til sammen 215 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,24 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse I (Svært god). I henhold til klassifiseringssystemet i MOM standarden fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (Meget god). Bland de ti mest individrike artene finner man seks børstemakk, to bløtdyr og to pigghuder. Dette er et artsrikt samfunn som indikerer gode forhold noe de geometriske klassene også viser.

Ute i dypet på Nord 2 ble det funnet minimalt med dyr i sedimentet. Av de dyrene som blir inkludert i beregningene var det kun en et individ av en art, skjellet *Mendicula ferruginos*.

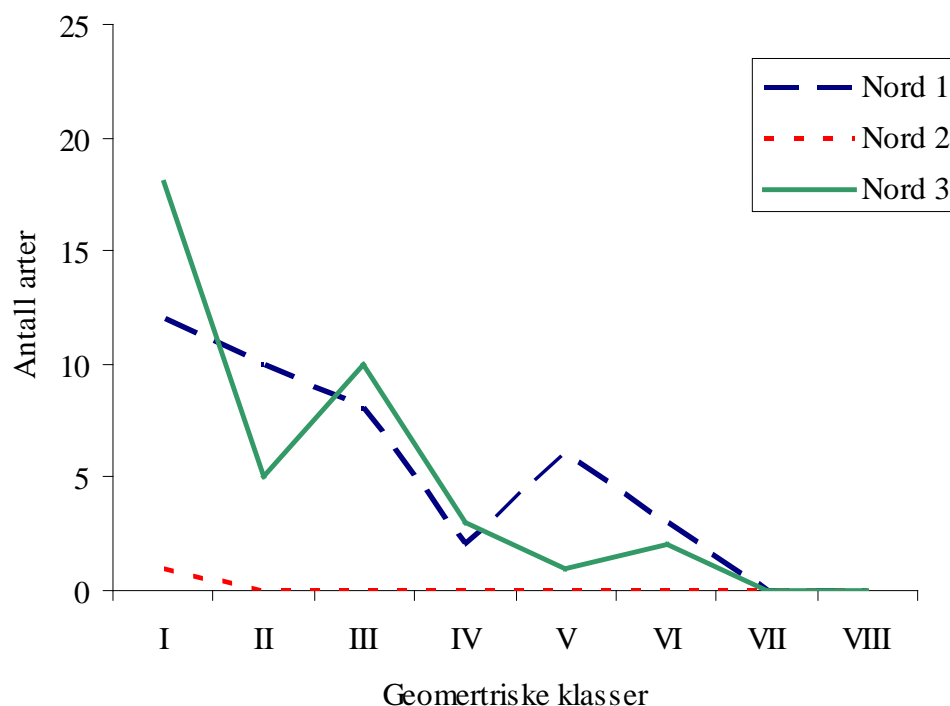
De andre artene inkludert i artslisten er dyr som lever i de frie vannmasser. På grunn av de lave artstallene kan man ikke regne på diversitetsindekser, men forholdene på denne stasjonen hører til i dårligste tilstandsklasse V. Bunnvannet på denne stasjonen hadde meget lave oksygenverdier som gjør forholdene ulevelige for bunnedyrfaunaen.

De multivariate analysene viser at det på stasjon Nord 1 og Nord 3 var stor likhet mellom huggene fra samme stasjon. Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter

som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (Figur 3.5 og 3.6). Dette er forventet og naturlig ettersom stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter. Man ser at huggene på stasjon Nord 2 er ulike. Dette kommer av at det totalt ble funnet svært få dyr, og de som ble med i beregningene da gir store utslag.

Tabell 3.4. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Arter	Individer	Diversitet (H')	KLIF TK	MOM TK	Jevnhet (J)	AMBI	NQI1	NQI2
Nord 1	1	28	157	4,20			0,87	1,819	0,74	0,72
	2	34	173	4,33			0,85	1,905	0,75	0,72
	Sum	60	330	4,41	-	1	0,75	1,862	0,79	0,73
Nord 2	1	1	1	0,00			-	1,5	-	0,39
	2	-	-	-			-	7	-	-
	Sum	-	-	-	V	-	-	4,25	-	-
Nord 3	1	27	123	3,82			0,80	2,051	0,73	0,67
	2	29	92	4,25			0,87	2,386	0,72	0,68
	Sum	60	215	4,24	I	1	0,72	2,218	0,78	0,69



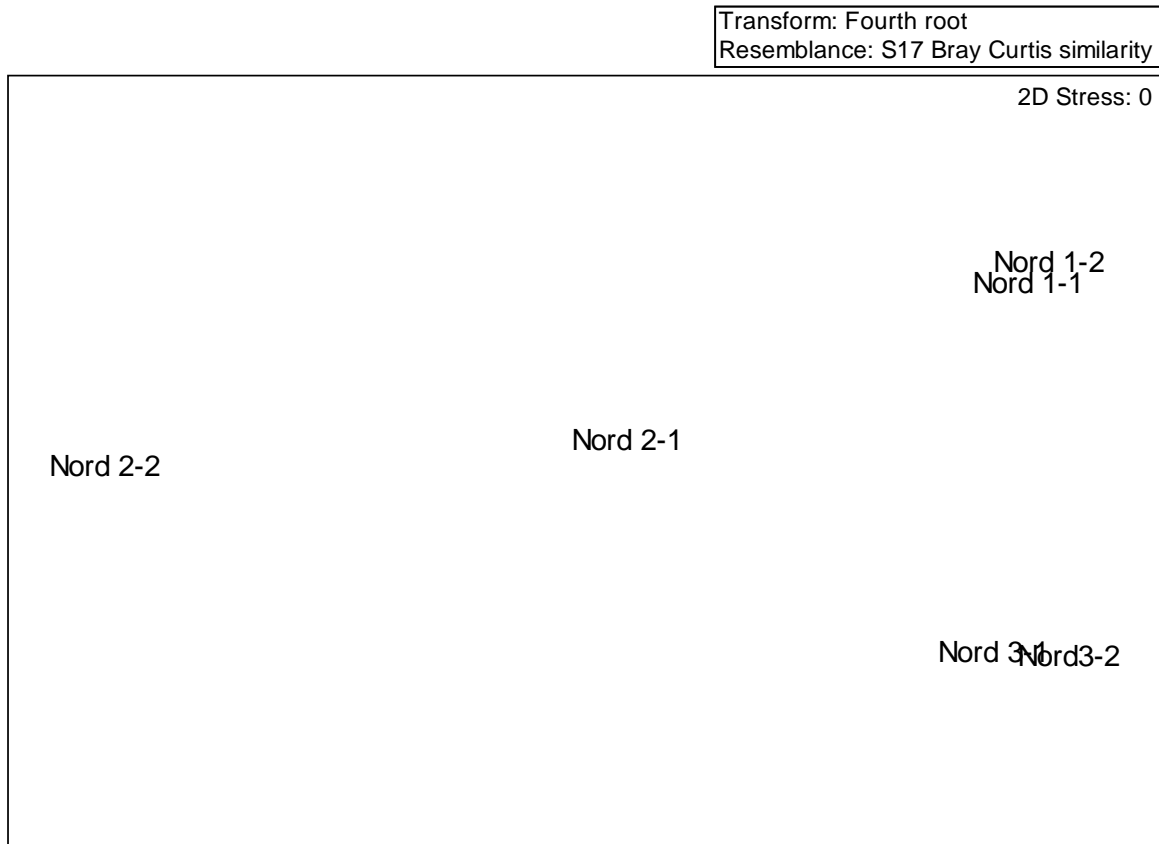
Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.5. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

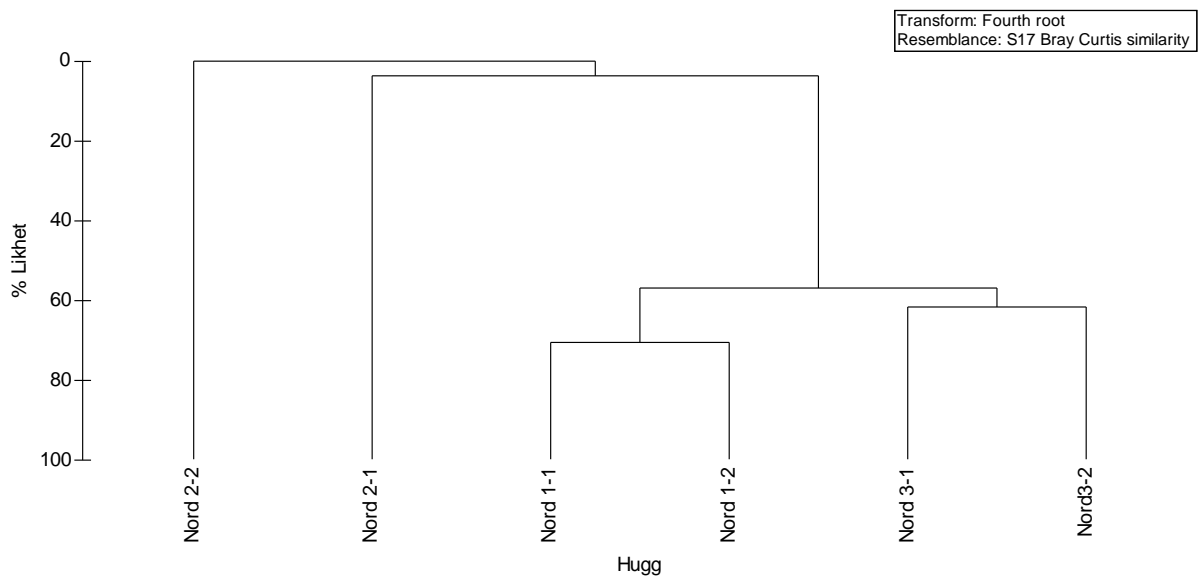
Art:	Nord 1		Kumulativ	
	Nord 1	%	%	%
<i>Oligochaeta indet.</i>	45	13,6	13,6	
<i>Paraonidae indet.</i>	37	11,2	24,8	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	36	10,9	35,8	
<i>Lumbrineridae indet.</i>	21	6,4	42,1	
<i>Amphiura filiformis</i>	21	6,4	48,5	
<i>Galathowenia oculata</i>	20	6,1	54,5	
<i>Amphiura chiajei</i>	17	5,2	59,7	
<i>Pholoe baltica</i>	16	4,8	64,5	
<i>Diplocirrus glaucus</i>	16	4,8	69,4	
<i>Chaetozone sp.</i>	12	3,6	73,0	
<i>Axinulus croulinensis</i>	9	2,7	75,8	
<i>Polynoidae indet.</i>	7	2,1	77,9	

Art:	Nord 3		Kumulativ	
	Nord 3	%	%	%
<i>Lumbrineridae indet.</i>	37	17,2	17,2	
<i>Paraonidae indet.</i>	33	15,3	32,6	
<i>Amphiura chiajei</i>	25	11,6	44,2	
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	14	6,5	50,7	
<i>Scolelepis korsuni</i>	13	6,0	56,7	
<i>Thyasira equalis</i>	12	5,6	62,3	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	6	2,8	65,1	
<i>Amphiura filiformis</i>	6	2,8	67,9	
<i>Polynoidae indet.</i>	6	2,8	70,7	
<i>Thyasira flexuosa</i>	6	2,8	73,5	

Art:	Nord 2		Kumulativ	
	Nord 2	%	%	%
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	100	100	



Figur 3.4. MDS plot på huggnivå for stasjonene undersøkt i november 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.



Figur 3.5. Cluster plot på huggnivå av stasjonene undersøkt i 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Nord 2-1 er første hugg fra Nord 2 osv.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved utslippspunktet for settefiskanlegget Nordalsfjord som ligger i Nordalsfjorden, Flora kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 30. november 2011. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved utslippspunktet fra anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Analysene gjort under denne undersøkelsen viste at både nærstasjonen Nord 1 og overgangssonen Nord 3 hadde gode forhold og fikk beste miljøtilstand (miljøtilstand 1) i henhold til MOM-standarden. Fosforverdier og glødetapet var lavt og de kjemiske parametrene kommer ut i beste tilstandsklasse. Bunndyrsanalysene viste et friskt og artsrikt samfunn der indeksene som beskriver diversitet og sårbarhet kommer ut i beste tilstandsklasse.

Fjernstasjonen Nord 2 ligger på 160 meters dyp innerst i Nordalsfjorden. Nordalsfjorden er en terskelfjord med flere terskler i utover i fjordløpet. Vest for fjernstasjonen ligger en terskel på 27 meters dyp. Grunne terskler er naturlige hinder for utskifting av bunnvann. Dette kan gi dårlige bunnforhold i de dypeste delene av fjorden. Glødetapet indikerte forhøyet organisk innhold i sedimentet og fosforverdiene var moderate. Sedimentet på stasjonen var en blanding av leire, silt og sand. Det ble ikke registrert forurensing av kobber og sink. Undersøkelsene av bunnfauna viste at man her har et dødt samfunn der gravende organismer ikke kan overleve. Sedimentet luktet H₂S og bunnvannet inneholdt minimalt med oksygen og får dermed dårligste karakter med tanke på oksygeninnhold.

Prøvene tatt like ved anlegget viser at driften ved anlegget ikke ser ut til å påvirke bunnfaunaen lokalt.

Utfordringen til denne oppdrettslokaliteten er at fjernstasjonen ser ut til være overbelastet fra naturens side. Fjordsystemet klarer ikke å omsette tilførselen av organisk materiale og man får dermed forråtnelse og oksygenfattige forhold i dypet. Ved fremtidig drift bør bunnforholdene i de dypere delene av fjordsystemet følges nøye. Det bør undersøkes hvor dypt sjiktet med oksygenfattig vann er og hvor utbredt de dårlige bunnforholdene er. En kontinuerlig måling

av oksygeninnhold i vannsøylen/bunnvann i over tid (gjennom året for årstidsvariasjoner) anbefales for å undersøke man har årlig innstrømming av nytt bunnvann til bassenget.

En ytterligere økt tilførsel av organisk materiale som et oppdrettsanlegg medfører, kan være svært ugunstig i et sårbart fjordsystem som dette.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Tor Ensrud og Tom Alvestad fra SAM- Marin. Sedimentanalysene ble utført av H. Grønning. Bunnprøvene ble sortert av R. Tveiten, N. Islam og N. Korableva. Bunndyrene ble identifisert av T. Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata.....</i>	<i>25</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere.</i>	<i>33</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>38</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>39</i>
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	<i>41</i>

GENERELL VEDLEGGSEDEL

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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 bunndyrs-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 bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

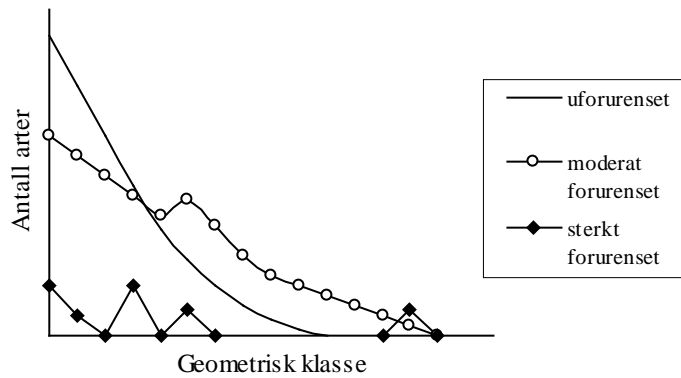
Geometriske klasser

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. Et eksempel er vist i Tabell v1. For ytterligere opplysninger henvises til Gray og Mirza (1979) og Pearson et 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 og 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. Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

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

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:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (\text{Pielou 1966}),$$

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.

Hurlbert diversitetsindeks $ES(100)$ er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^s 1 - [(N - N_i)! / ((N - N_i - 100)! 100!)] / [N! / ((N - 100)! 100!)]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og N_i individer av i -ende art.

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

$$SN = \ln S / \ln(\ln N)$$

hvor S er antallet arter, og N er antallet individer i prøven

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

Sammensatte indekser

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes ut fra både artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordost-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

$$NQI1 \text{ (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5*(1-AMBI/7) + 0.5*(SN/2.7)*(N/(N+5))]$$

$$NQI2 \text{ (Norwegian quality status, version 2)} = [0.5*(1-AMBI/7) + 0.5*(H'/6)]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, SN og H' diversitetsindekser, og N er antall individer i prøven.

Referansetilstand og klassegrenser

Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
H'	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
ES_{100}	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre

den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagrader en respons på ulike typer av miljøgrader. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k

y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor: \hat{d}_{jk} = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten d_{jk} gitt som:

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

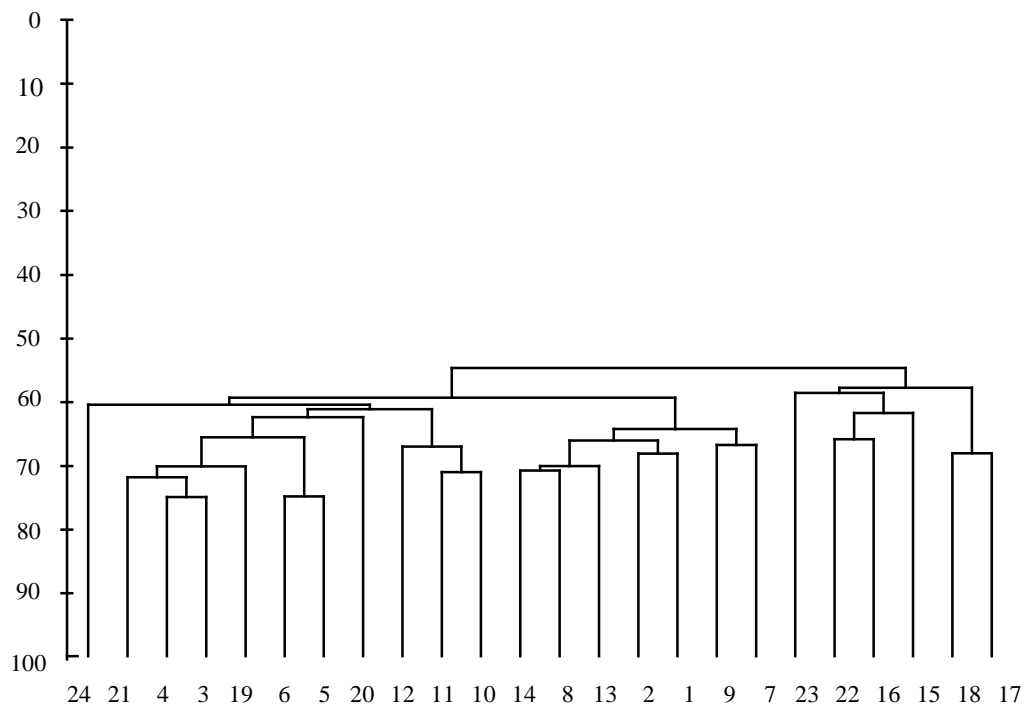
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

Dataprogrammer

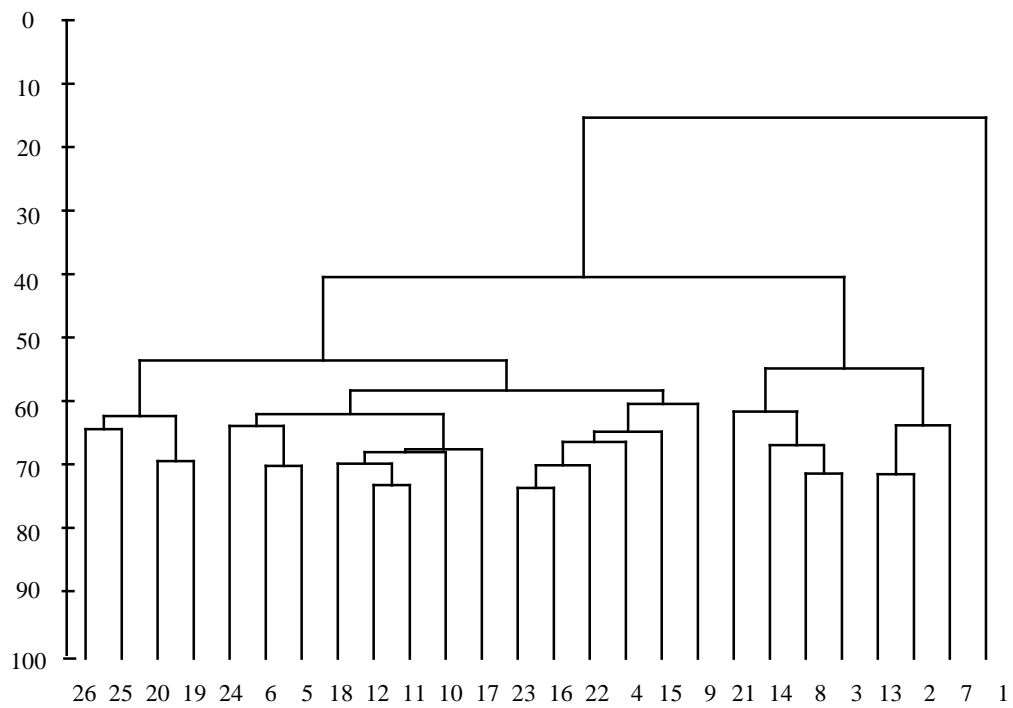
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

FAUNALIKHET

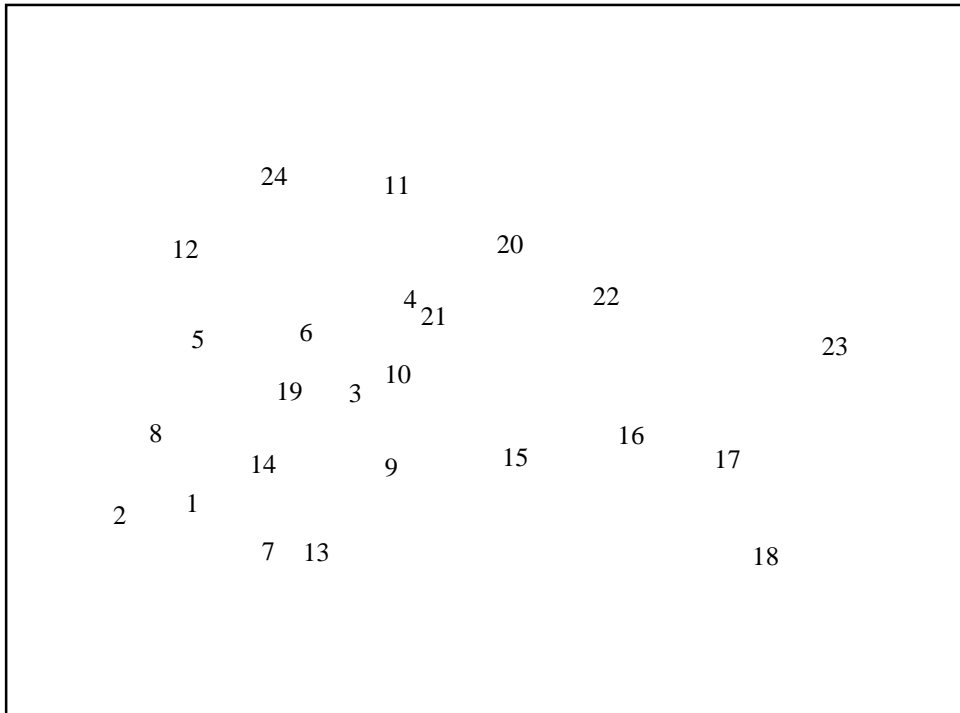


FAUNAFORSKJELL

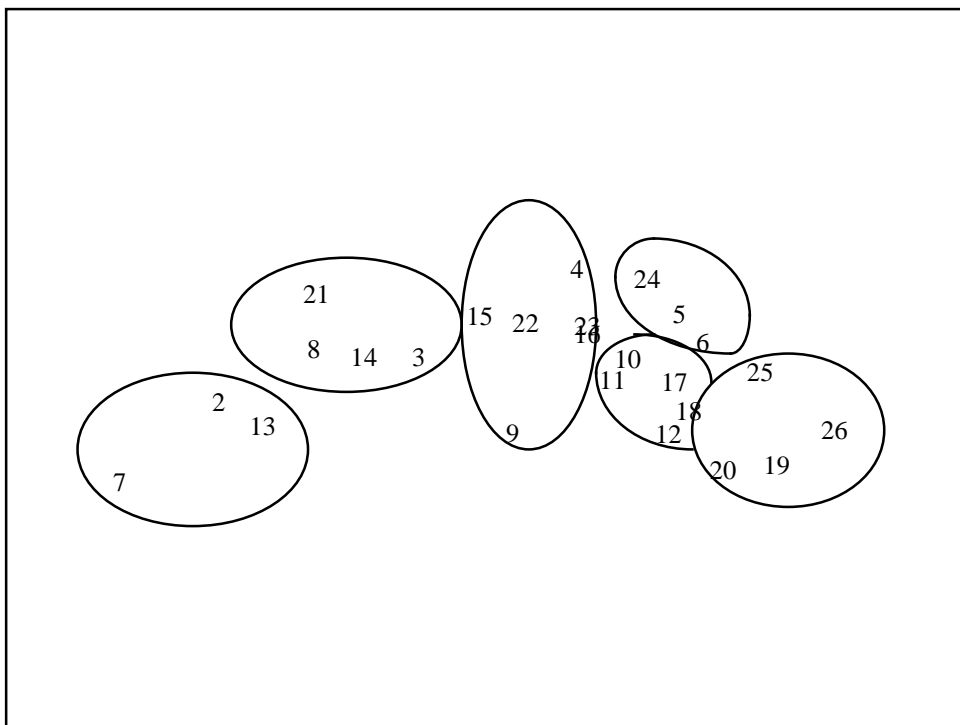


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- 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.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.03
 PRØVESKJEMAET, B.1
 Firma: Firda Settefisk
 Lokaltitet: Nordalsfjord
 B 1a
 Dato: 30.11.2011
 Konesjonsnr:

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr						Indeks	
			Nord 1	Nord 3	Nord 2					
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	1					0,3
I	Tilstand (Gruppe I)		A							
II	pH	verdi	7,14	7,17	7,44					
	E _h (mv)	verdi	-29,00	-35,00	-200,00					
		+ ref. verdi	188	182	17					
	pH/E _h	fra figur	0	0	1					0,3
	Tilstand, prøve		1	1	1					
	Tilstand, gruppe II		1							
						Buffer ter 9,5	Temp sjø 7,5	Temp sediment: 8,2		
						pH sjø: 6,8	Eh sjø: 41	Ref. elektrode: 217		
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		T.E 30.11.2011							
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0					
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0	0					
		Brun/Sort = 2								
	Lukt	Ingen = 0	1	1	0					
		Noe = 2								
		Sterk = 4								
	Konsistens	Fast = 0	0	0						
		Myk = 2			2					
		Løs = 4								
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0		1						
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		2		2						
v ≥ 3/4 = 2										
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0						
	2 - 8 cm = 1									
	t ≥ 8 cm = 2									
	SUM		3	2	4					
	Korrigert sum (*0,22)		0,66	0,44	0,88					0,7
	Tilstand prøve		1	1	1					
	Tilstand gruppe III		1							
	Middelverdi gruppe II og III		0,33	0,22	0,94					0,5
	Tilstand gruppe II og III		1							
	pH/Eh									
	Korr. sum									
	Indeks	Tilstand								
	Middelverdi									
	< 1,1	1								
	1,1 - < 2,1	2								
	2,1 - < 3,1	3								
	≥ 3,1	4								
			Tilstand			Lokalitetstilstand				
			Gruppe I	Gruppe II og III						
			A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4				
			4	1, 2, 3		1, 2, 3				
			4	4		4				
			LOKALITETSTILSTAND							1

Godkjent av: KH

Gyldig fra: 28.03.2012

Side av .

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Firda Settefisk

Dato: 30/11 2011

Lokalitet: Nordalsfjord

Konsesjonsnr:

Prøvetakingssted (nr)	Nord 1	Nord 3	Nord 2							
Dyp (m)	51	56	160							
Antall forsøk	1	1	1							
Bobling (i prøve)	N	N	N							
Primær- sediment	Grus	20 %								
	Skjellsand									
	Sand	80 %	100 %							
	Mudder			50 %						
	Silt			50 %						
	Leire									
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall										
Børstemark, antall										
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer			Litt H2S lukt nede i sedimentet							

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



SAM-Marin
Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen
Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): Firda Settefisk AS, 5970 Byrknesøy

Prosjekt nr.: 806031

Prøvetakingssted (område): Nordalsfjorden

Dato for prøvetaking: 30/11-2011

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

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 til stede 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: 
Godkjent taksonom

SAM-Marin

s.1/2	STASJON	Nord 1	Nord 1	Nord 2	Nord 2	Nord 3	Nord3
	DATO	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011
	Dyp	51 m	51 m	160 m	160 m	56 m	56 m
	HUGG	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	CNIDARIA						
*	ANTHOZOA						
	Edwardsia sp.					1	
*	NEMERTINI						
*	Nemertini indet.	1	1			1	1
*	NEMATODA						
*	Nematoda indet.	2	10				
	POLYCHAETA						
	Aphrodita aculeata		0/1				0/1
	Polynoidae indet.	4	3			3	3
	Pholoe baltica	10	6			4	1
	Glycera alba	2/1	1/2				1
	Goniada maculata		1				0/1
	Sphaerodorum flavum	1				3	1
	Ophiodromus flexuosus						1
	Paramphinome jeffreysii	20	16			2	4
	Lumbrineridae indet.	12	9			24	13
	Protodorvillea kefersteini		1				
	Orbinia sp.	1				1	
	Paraonidae indet.	17	20			28	5
	Apistobranchnus tenuis		1				
	Prionospio cirrifera					1	
	Spiophanes kroeyeri			+		8	6
	Spiophanes wigley		1				1
	Scolecopsis korsuni					7	6
	Aphelochaeta sp.		3			3	1
	Chaetozone sp.	4	8			1	2
	Diplocirrus glaucus	0/8	0/8				3
	Ophelia sp.	2	2				
	Notomastus latericeus		3				1
	Chirimia biceps					1	
	Maldanidae indet.	2	4				5
	Galathowenia oculata	10	10			1	3
	Owenia borealis	3	2				
	Sabellides octocirrata	1					
	Lysippides fragilis	1					
	Streblosoma intestinale						1
	Polycirrus sp.						1
	Siboglinum fjordicum		+				+
	Oligochaeta indet.	12	33				
	SIPUNCULA						
	Sipuncula indet.		2				
	CRUSTACEA						
*	Calanus finmarchicus		1	9	1		
*	Metridia longa			7			
	Nebalia sp.						1
*	Sarsinebalia typhlops	1	1				
	AMPHIPODA						
*	Amphipoda indet.	2	2			8	
*	Diastylis cornuta	2	4			1	1/1
*	Diastylodes biplicatus	2				2	2

SAM-Marin

s.2/2		Nord 1	Nord 1	Nord 2	Nord 2	Nord 3	Nord3
STASJON	DATO	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011	30.11.2011
Dyp	HUGG	51 m	51 m	160 m	160 m	56 m	56 m
		1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
*	Gnathia sp.	1	2				
*	PYCNOGONIDA						
*	Pycnogonida indet.	1					
	MOLLUSCA						
	Melanella polita		2			1	
	Philine scabra		1/1			1	
	Cylichna cylindracea	1					
	Yoldiella philippiana		1/1			1	
	Limatula gwyni		2/1			3/1	
	Lucinoma borealis	2	1				
	Thyasira equalis	0/1				6	6
	Thyasira flexuosa	3	2/1			3	3
	Thyasira sarsii	1/2				1	0/1
	Axinulus croulinensis	3	4/2			0/2	
	Mendicula ferruginosa	2	1/1	1		1	
	Abra nitida	0/2	0/1			0/1	0/2
	Thracia convexa						1
	ECHINODERMATA						
	OPHIUROIDEA						
	Amphiura chiajei	10/1	5/1			9/1	13/2
	Amphiura filiformis	16	5			4	2
	ECHINOIDEA						
	HOLOTHUROIDEA						
	Pseudothyone raphanus		1				
*	VARIA	+	+			+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse:	Nord 1	Nord 2	Nord 3
I	12	1	18
II	10	0	5
III	8	0	10
IV	2	0	3
V	6	0	1
VI	3	0	2
VII	0	0	0
VIII	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd.
Bergen
F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-12-MX-000005-01



EUNOBE-00001740

Prøvemottak: 14.12.2011
Temperatur:
Analyseperiode: 14.12.2011-02.01.2012
Referanse: 806031 ref: 73/11

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2011-1214-017	Prøvetakingsdato:	13.12.2011		
Prøvetype:	Slam	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Nord 1	Analysestartdato:	14.12.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	68	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	12	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	55	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	840	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	13.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	
Merknader: Prøvene fryst					

Prøvenr.:	441-2011-1214-018	Prøvetakingsdato:	13.12.2011		
Prøvetype:	Slam	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Nord 2	Analysestartdato:	14.12.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	20	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	55	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	170	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	1300	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	76.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-12-MX-000005-01



EUNOBE-00001740



Prøvenr.:	441-2011-1214-019	Prøvetakingsdato:	13.12.2011		
Prøvetype:	Slam	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Nord 3	Analysestartdato:	14.12.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	62	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	15	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	47	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	930	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	19.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003 - Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss

Bergen 02.01.2012

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 2

Vedleggstabell 5. CTD Data**Tabell 3.1.** Resultater fra hydrografimålingene på Nord 2 i november 2011.

Dybde (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur °C	Oksygen metning %	Oksygen metningmg/l	Oksygen metning ml/l	Tetthet
1	1,1	5,5	100,6	11,5	0,3	0,9
2	1,1	5,5	101,2	11,6	0,3	0,9
3	1,6	5,6	99,0	11,3	0,3	1,3
5	18,4	8,1	99,7	9,6	0,2	14,3
7	27,0	9,9	99,5	8,7	0,2	20,8
10	29,0	10,6	97,4	8,2	0,1	22,2
15	31,9	10,7	89,1	7,4	0,1	24,4
20	32,2	10,8	84,9	7,0	0,1	24,7
25	32,5	10,9	83,9	6,9	0,1	25,0
30	32,7	10,8	83,1	6,8	0,1	25,2
40	33,0	10,3	82,3	6,8	0,1	25,5
50	33,0	9,9	82,0	6,9	0,1	25,7
60	33,2	9,0	79,3	6,8	0,0	25,9
70	34,1	7,9	74,3	6,5	0,1	26,9
80	34,5	7,8	60,4	5,3	0,1	27,3
90	34,6	7,8	59,7	5,2	0,1	27,4
100	34,6	7,9	58,5	5,1	0,1	27,5
125	34,8	8,0	43,0	3,7	0,1	27,7
150	34,8	8,0	15,9	1,4	1,0	27,8