



2018

C-undersøkelse ved Kalvøya i Lurøy kommune, september 2017

Nova Sea AS

Etter Norsk Standard NS 9410: 2016



AQUA KOMPETANSE AS



Aqua Kompetanse AS
Storlavika 7
7770 Flatanger



Mobil: 905 16 947
E-post: post@aqua-kompetanse.no
Internett: www.aqua-kompetanse.no
Bankgiro: 4400.07.25541
Org. Nr.: 982 226 163

Rapportens tittel: C-undersøkelse ved Kalvøya i Lurøy kommune, september 2017		
Forfatter: Kristine Brokke		
Feltdato: 12.09.2017 Toktleder: Kristine Brokke	Rapportdato: 31.01.2018 Rapportnummer: 227-9-17C	Antall sider uten vedlegg: 14 Antall sider totalt: 49
Oppdragsgiver: Nova Sea AS	Kontaktperson: Samuel Anderson	Driftsleder: Kurt Aspdal
Lokalitet: Kalvøya	Lokalitetsnummer: 15118	Koordinater: 66 23.619N, 12 47.985Ø
Kommune: Lurøy	Fylke: Nordland	MTB tillatelse: 3120 tonn
Bakgrunn for undersøkelse: Manglende C-undersøkelse		Antall merder og omkrets: 8 stk. 120-metring, hvorav 6 østligste i bruk.
Sammendrag Aqua Kompetanse AS har gjennomført en akkreditert C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS 9410:2016. Akvaplan-niva har utført akkreditert opparbeiding og akkrediterte og uakkrediterte analyser av prøvematerialet. ALS Laboratory Group har utført akkrediterte kobberanalyser. Faunaresultatene viste en dårlig økologisk tilstand på stasjonen nærmest anlegget, en god tilstand på de to stasjonene i overgangssonen, og en svært god tilstand i ytre sone. C1 fikk miljøtilstand 2, og kobbernivået var noe forhøyet, med klasse II/III. Nivået av nTOC var forhøyet ved C1 og lett forhøyet ved de øvrige stasjonene. Fordi den ytre sonen ved Kalvøya er klassifisert til å være svært god, og de to stasjonene i overgangssone er gode etter økologisk klassifisering, skal undersøkelsesfrekvensen ved C-undersøkelser være mellom hver tredje produksjonssyklus.		
Emneord: miljøanalyse; sediment; C-undersøkelse; prøvetaking; tilstand; overvåkning		ID 401-13 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
Rapportansvarlig:  Kristine Brokke	Kvalitetssikrer:  Vidar Strøm	

© 2018 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

Forord

Aqua Kompetanse AS har gjennomført akkreditert feltarbeid for å innhente prøvemateriale for oppdragsgiver Nova Sea AS. Akkrediterte analyser av dette prøvematerialet er utført av Akvaplan-niva AS for TOM, TOC, N-Kjeldahl, kornstørrelse og makrofauna, og av ALS Laboratory Group for kobberanalyser (**Vedlegg B**). Det er Akvaplan-niva som står for faglig vurdering og fortolkning i sin rapport, og av analysene av det materialet Aqua Kompetanse har samlet inn. Denne rapporten sammenfatter analyserapportene fra underleverandør sammen med hydrografiske, elektrokjemiske og sensoriske vurderinger gjort av Aqua Kompetanse. Innhenting av prøvemateriale er gjort i henhold til NS 9410:2016, og standarder og veiledere som er benyttet i denne undersøkelsen er listet i **Tabell 1**.

Tabell 1: Standarder og veiledere benyttet for denne undersøkelsen.

Standard/Veileder	Tittel	Bruksområde
NS 9410: 2016	Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg	Stasjonsplassering, prøvetakning, rapport
Veileder 02:2013	Klassifisering av miljøtilstand i vann	Klassifiseringstabeller til analyser
NS-EN ISO 16665: 2013	Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna	Prøvetaking
NS-EN ISI 5667: 2004	Vannundersøkelse – Prøvetaking- Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder	Prøvetaking
Veileder 97:03	Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.	Klassifisering av N-TOC
Veileder TA 2229:2007	Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann	Klassifisering av kobber

Formålet med denne undersøkelsen var å studere de marine miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten. Undersøkelsen skal gi en tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vise trender i utviklingen av miljøforholdene ved at det opprettes faste prøvetakingsstasjoner. Resultatene fra undersøkelsen vil være med på å vise påvirkningstrenden ved lokaliteten over tid.



Aqua Kompetanse AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking bunnsediment, akkrediteringsnummer TEST 303, og tilfredsstillende kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Produksjonsdata og tidligere undersøkelser.....	5
1. Materiale og metode	6
1.1 Utstyr og metode	6
1.1.1 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning	6
1.1.2 Elektrokjemiske målinger	6
1.1.3 Hydrografi	6
1.2 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering	7
1.2.1 Vannstrøm	7
1.2.2 Stasjonsplassering.....	8
1.2.3 Kartbilder: Stasjonsplassering og anleggslokalisering	9
1.3 Undersøkelsesfrekvens	10
2. Resultat	11
2.1 Makrofauna og kjemiske analyser	11
2.1.1 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer	11
2.2 Hydrografi.....	11
3. Oppsummering	13
4. Referanser.....	14
Vedlegg A – Bilder av sediment	15
Vedlegg B – Akvaplanniva rapport	17

Tabell 2: Hovedresultater fra C-undersøkelsen. Aqua Kompetanse AS har stått for akkreditert prøveuttak, samt oksygen- og pH/Eh-målinger. Akvaplan-niva AS (APN) har utført akkreditert analyse av makrofauna, TOC, TOM og pelitt, samt uakkreditert analyse av N-TOC, TN og C/N. Deres underleverandør ALS Laboratory Group har utført akkreditert analyse av kobber. Se **Vedlegg B** for rapport med tegnforklaring.

Stasjoner		C1 (Anleggs- sone)	C2 (Ytre sone)	C3 (Overgangs- sone)	C4 (Overgangs- sone)
Parameter					
Kjemi:*	pH/Eh	7,8/428↓	7,79/442,3	7,91/282↑	7,68/-89↓
Oksygen:	Målt verdi (mL): O ₂ , tilstandsklasse:				5,46 I
**Fauna Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013)	Antall arter (S):	25	127	70	91
	Antall ind. (N):	2170	1310	645	1470
	NQI1:	0,36	0,80	0,74	0,73
	Shann.Wien. (H ⁺):	1,11	5,16	4,85	4,92
	Hurl.ind. (ES _{n=100}):	6,1	37,9	33,9	32,6
	AMBI:	5,636	2,034	2,445	2,523
	ISI:	5,67	10,51	8,29	8,68
	NSI:	7,77	24,01	20,82	20,43
	nEQR:	0,250	0,824	0,727	0,729
	J, Jevnhet (0-1):	0,27	0,79	0,84	0,81
	DI:	0,86	0,77	0,46	0,81
	Miljøtilstand:	2 god			
***SFT 97:03	N-TOC (mg/g): N-TOC, tilstandsklasse:	27,3 III moderat	24,9 II god	23,2 II god	26,0 II god
Tot. nitrogen	TN (mg/g): Kommentar:	1,10 lavt	0,65 lavt	0,34 lavt	0,94 lavt
Tot. Org. materiale	TOM (%): Kommentar:	3,8 lavt	3,8 lavt	2,3 lavt	2,7 lavt
Forhold	C/N: Kommentar:	8,9 Naturlig lavt	14,2 Noe forhøyet	18,0 Noe forhøyet	10,2 Naturlig lavt
Pelitt	Pelittandel (%)	5	13	5	9
****Veileder 2229:2007	Cu (mg/kg): Cu, tilstandsklasse:	37,5 II/III			
*****02:2013	Økologisk tilstand:	IV	I	II	II

*se forklaring i avsnitt 2.1.1 s. 11.

**Faunaklassifiseringer er gjort av APN etter veileder 02:2013, og miljøtilstand på C1 er beregnet av APN etter NS 9410:2016.

***Klassifisering etter organisk innhold er gjort av APN etter SFT 97:03.

****Kobberklassifisering er gjort av APN etter veileder 2229:2007.

*****Økologisk tilstandsklassifisering er beregnet av APN etter veileder 02:2013.

Tabell 3: Tabell som viser fargekoder for de ulike tilstandsklassifiseringene vist i **Tabell 2**, hvor tilstand I er best. Etter Veileder 02:2013.

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

Produksjonsdata og tidligere undersøkelser

Kalvøy har ligget i gjeldende posisjon siden 2015, og **Tabell 4** viser produksjon og fôrforbruk ved anlegget for de tre foregående generasjonene, og **Tabell 5** viser produksjonsdata for inneværende generasjon. Det er ikke gjort C-undersøkelser tidligere.

Tabell 4: *Produksjonsdata og fôrforbruk for de tre foregående generasjonene ved Kalvøya (Nova Sea v/ Anderson).*

Utsett	Generasjon:	Produsert mengde (tonn)	Utfôret mengde (tonn)	Utslakt
24.06.2010	H2010	3358 tonn	3631 tonn	07.03.2012
10.05.2012	V2012	3380 tonn	3662 tonn	20.11.2013
14.04.2014	V2014	2339 tonn	2515 tonn	26.08.2015

Tabell 5: *Produksjonsdata ved Kalvøya per 11.09.2017 (Nova Sea v/Anderson).*

utsett	Generasjon	Biomasse ved undersøkelse (t)	Utfôret mengde (t)	Produsert mengde (t)	Dato feltarbeid
16.04.2016	V2016	1384	3513	3232	12.09.2017

1. Materiale og metode

1.1 Utstyr og metode

Akkreditert prøveinnsamling ble gjort fra oppdretters båt den 12.09.2017. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS 9410:2016 av Kristine Brokke og Nasir ElSheik fra Aqua Kompetanse AS.

1.1.1 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning

Makrofauna (bunndyr) og sedimentprøver ble samlet inn ved hjelp av en 0.1 m² Van Veen-grabb, og på hver prøvestasjon ble det foretatt tre grabbhugg. Makrofaunaprøver tas ut av to av huggene, og 100-300 ml geologi- og kjemiprøver tas ut av ett. For makrofauna ble sedimentet skylt over en 1 mm sikt, gjenværende innhold i sikt lagt på glass og tilsatt 4% formalin bufret med borax og iblandet bengalrose. Geologi- og kjemiprøvene fryses ned frem til analyse. Prøvene ble tatt i henhold til metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410 av Aqua Kompetanse, og Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser og tolkning av innsamlet materiale. For videre beskrivelse av metodikk og indekser for analyser av makrofauna, geologi og kjemi se rapport fra Akvaplan-niva AS i **Vedlegg B**.

1.1.2 Elektrokjemiske målinger

De elektrokjemiske målingene gjennomføres ved å måle pH (syre-baselikevekter) og Eh (reduksjons- oksidasjonslikevekter). I følge vedlegg C.2 i NS 9410:2016, varierer pH mellom 8,0 og 8,1 i overflatevann. Tillegg D i samme standard skiller mellom surhetsgrad med pH mellom 7,1 og 6,8, der lavere pH enn 6,8 gir dårligste resultat. Verdiene på målt Eh i atmosfærisk ekvilibrent overflatevann (se punkt 1.1.3 Hydrografi) varierer mellom +400 mV og ca -200 mV ifølge samme standard.

Ved hver stasjon har Aqua Kompetanse AS utført elektrokjemiske målinger i sedimentet i henhold til Norsk Standard NS 9410:2016. Apparatet som ble brukt er av typen Hach, modell HQ40d. Resultatet fra de elektrokjemiske målingene kan leses av i **Tabell 2**. Rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

1.1.3 Hydrografi

Hydrografi angår de kjemiske og fysiske havforholdene, slik som salinitet (saltinnhold), temperatur, sirkulasjon og løste gasser. Ekvilibrering med atmosfæren sørger for at overflatevannet i sjø holder en oksygenmetning på nært 100%, og gjerne overmettet (> 100%) på grunn av bølgebrytning, luftbobler og produksjon av oksygen gjennom fotosyntese. Under overflatevannet faller oksygeninnholdet som en følge av biologisk aktivitet, i hovedsak respirasjon fra bakterier som spiser organisk materiale som synker ned igjennom vannsøyla, så mengden løst gass varierer i tid og rom avhengig av biologisk aktivitet.

Mengden oppløst oksygen i vann blir formidlet på to hovedmåter – konsentrasjon i enten milligram eller milliliter, og metningsgrad i %. Oksygenkonsentrasjonen gir hvor mange mg/ml/mikromol oksygen som er løst i en liter av den aktuelle vannmassen. Metningsgraden gir forholdet mellom den aktuelle konsentrasjonen og den konsentrasjonen som ville blitt målt ved 100% metning, det vil si når konsentrasjonen oppløst oksygen er lik oksygenets løselighet. Videre er oksygenets løselighet avhengig av vannmassenes temperatur, salinitet og trykk. Med økende trykk øker løseligheten, og med økende temperatur og salinitet synker løseligheten. En vannmasse med høyere temperatur og salinitet vil derfor nå 100% metning ved lavere oksygenkonsentrasjon enn en vannmasse på samme dyp med lavere temperatur og salinitet. Oksygenkonsentrasjonen i dypvann er viktig for den helhetlige tilstanden i et område, og klassifiseringen av oksygenet i slike vannmasser er gitt i **Tabell 6**.

Tabell 6: Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved salinitet over 20‰ (gjengitt etter Veileder 02:2013).

				Tilstandsklasser				
Parameter	Veileder	Måleenhet	I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	97:03	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygenmetning*	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20

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

Vannets tetthet, masse per volumdel (kg/m³, eventuelt g/cm³), er i hovedsak avhengig av temperatur og salinitet. Tettheten kontrollerer vannkolonnens vertikale struktur, med tettere vannmasser dypere i vannkolonnen. Ved å øke saliniteten og senke temperaturen øker tettheten, og ved å senke saliniteten og øke temperaturen minsker tettheten. Hvis en vannprofil viser at tettheten endres raskt med økende dybde har man en pyknoklin – et delingslag mellom to vannlag som har ulik tetthet, enten på grunn av forskjell i temperatur eller salinitet (hhv. termoklin og haloklin), eller en kombinasjon av de to.

Det ble utført målinger av salinitet, temperatur og oksygen ved dypeste prøvestasjon C4, sørvest for lokaliteten; **Figur 2**) av Aqua Kompetanse AS. Målingene ble utført med en CTD av typen SAIV SD204 påmontert en SAIV205 oksygensensor. Instrumentet målte annethvert sekund ned og opp igjennom vannsøylen. Registrerte data ble bearbeidet ved bruk av SAIV AS eget dataprogram for instrumentet, MiniSoft SD200W og figurer er produsert i samme program. Data presentert i figurer er hentet fra bunnen og opp til overflaten (up-cast). All rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

1.2 Undersøkellesområde og stasjonsplassering

Undersøkellesområdet ligger i Lurøy kommune i Nordland (**Figur 1**), og anlegget er plassert nord i fergeleia inn mot Onøy. I nord ligger flere mindre holmer, i sør, vest og øst ligger mindre skjær (**Figur 2**). Dybden under anlegget varierer fra rundt 40 til 60 meter (**Figur 3**). Sedimentet under anlegget består i hovedsak av sand og skjellsand, med en god del stein (**Vedlegg A**).

Lokaliteten er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016. Økende maksimal tillatt biomasse (MTB) gir økende antall prøvestasjoner, og med en MTB på 3120 tonn ved Kalvøya er veiledende antall prøvestasjoner 4, jmfør **Tabell 7**.

Tabell 7: Veiledende antall prøvestasjoner som skal tas per anlegg ut fra MTB og veiledende avstand fra anlegg til ytre sone, stasjon C2. Gjengitt etter NS 9410:2016.

MTB på lokaliteten (tonn)	Veiledende avstand fra anlegg til C2	Veiledende antall prøvestasjoner
≤ 1999	300	3
2000 til 3599	400	4
3600 til 5999	500	5
≥ 6000	500	6

1.2.1 Vannstrøm

Spredningsstrømmen (40 m) beveger seg i sørvestlig retning med en liten returstrøm mot øst (Nova Sea sine egne strømrappporter). Strømhastighetene er vist i **Tabell 8**, og retningen spredningsstrømmen går i er markert i **Figur 2**.

Tabell 8: Strømmålinger ved Kalvøya. Målingene er utført med SD 6000 rotormålere. Målingene på 5 m, 15 m og 40 m er målt i perioden 18.11.2008-30.12.2008 (66°23.651N, 12°47.750Ø). Tall er hentet fra Nova Sea sine egne strømrappporter.

Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5	7,6	26,2	11,0	0,3
15	3,4	21,6	5,2	2,9
40	3,3	17,4	5,9	13,1

1.2.2 Stasjonsplassering

Stasjonen i anleggssonen; C1 er lagt 27 meter i fra merdkant, ved den stasjonen som kom dårligst ut ved forrige B-undersøkelse (**Figur 3**). Overgangssonestasjonen C3 ble lagt 100 meter sør for rammen på lignende dybde som C1, og C4 ble lagt 200 meter sørvest for rammen eller 280 m fra merd som var i bruk ved forrige B-undersøkelse. Stasjon C2 i ytre sone er lagt 400 meter sør for anlegget, på lignende dybde som øvrige stasjoner. Stasjonsdybdene varierer mellom 48 og 65 meter.

Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 9**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinat som ved denne undersøkelsen. Det har ikke tidligere vært tatt en C-undersøkelse ved Kalvøya.

Tabell 9: Posisjon for prøvetakingsstasjoner ved C-undersøkelse på Kalvøya.

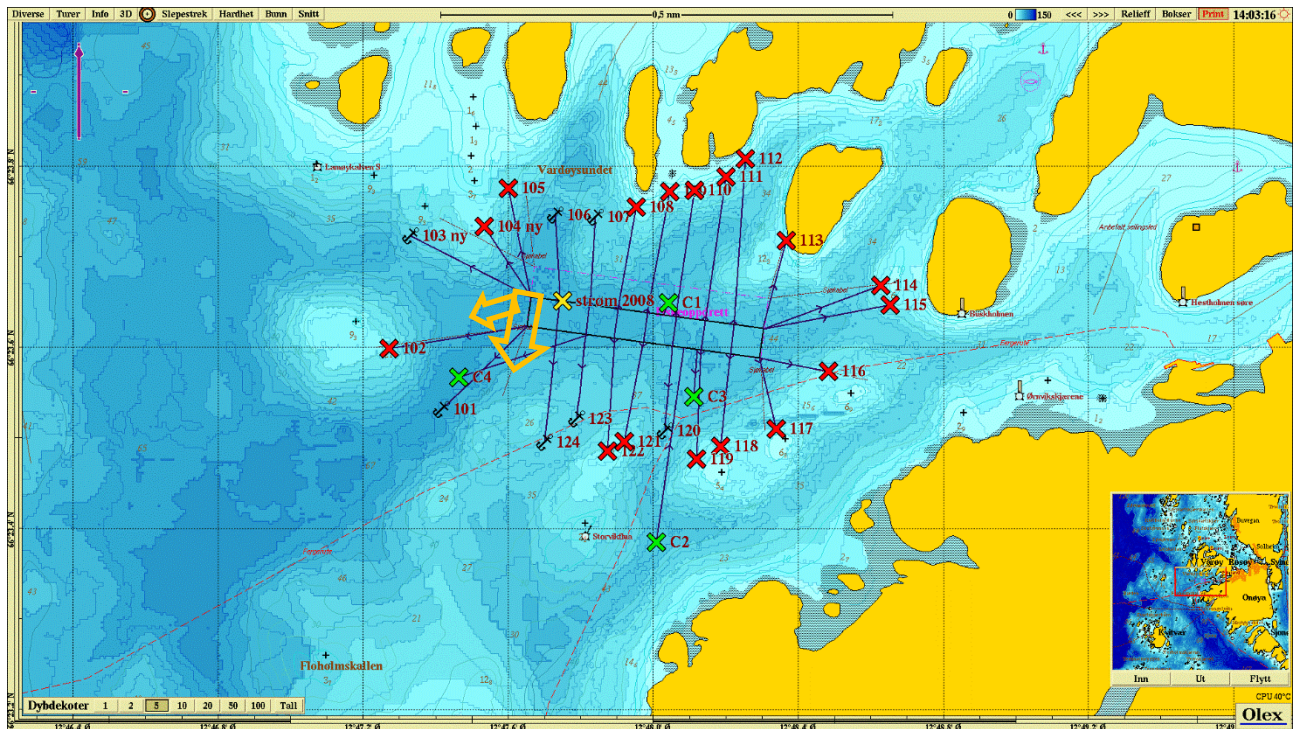
Stasjoner	C1 (Anleggs-sone)	C2 (Ytre sone)	C3 (Overgangs-sone)	C4 (Overgangs-sone)
Koordinater:	66°23,648N 12°48,041 Ø	66°23,384N 12°48,008 Ø	66°23,544N 12°48,111 Ø	66°23,566N 12°47,464 Ø
Dybde (m)	50	46	48	65

1.2.3 Kartbilder: Stasjonsplassering og anleggslokalisering

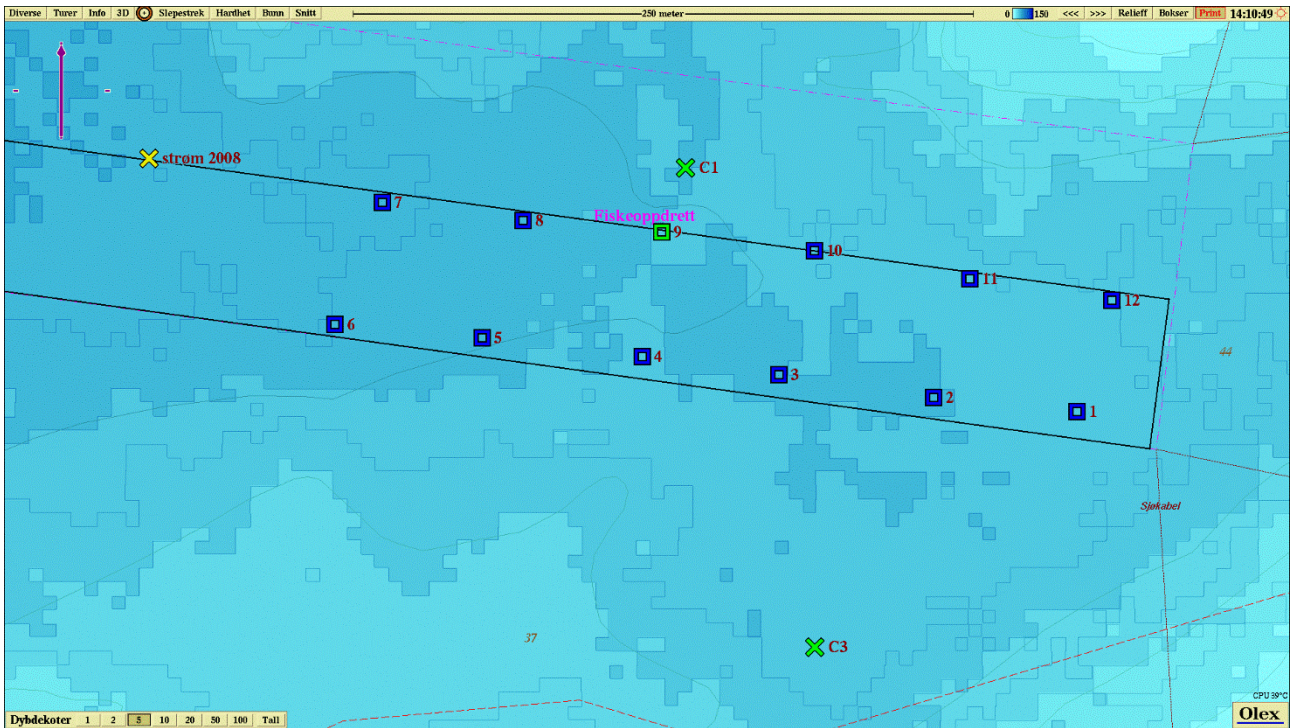
Samtlige kart er med kartdatum WGS84.



Figur 1: Oversiktskart som viser lokaliteten markert med lilla prikk. Målestokk 1:80 000. Kilde: Fiskeridirektoratets karttjeneste.



Figur 2: Kartet viser anleggsplassering sammen med C-stasjoner og fortløyningslinjer. Lilla pil viser orientering av kart, gul pil viser hovedstrømretning i spredningsdypet på 40 meter, og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2008 (66 23.651N, 12 47.750Ø; kilde. Nova Sea). Kilde: Olex.



Figur 3: Sjøkart som viser bunndata fra Kalvøy i 5,6 meters oppløsning, anleggsplassering og fortøyningslinjer sammen med prøvestasjoner fra forrige B-forundersøkelse (Olsen, 2017) og C-undersøkelsens innerste stasjoner (grønne kryss; C1 og C3). Kilde: Olex.

1.3 Undersøkellesfrekvens

I følge NS 9410:2016 er det satt forskjellige frekvenser for prøvestasjon C2 og overgangssonestasjonene (C3, C4, osv.) (**Tabell 10**). Hvis frekvensene på C2 og overgangssonestasjonene ikke er like skal lokaliteten bli undersøkt etter den tilstandsklassen som gir hyppigst undersøkelsesfrekvens. Miljøtilstanden til anleggssonestasjon C1 inngår ikke i fastsettingen av undersøkelsesfrekvens, men får en egen vurdering etter resultatene fra makrofauna-undersøkelsen. Ved første produksjonssyklus skal det tas C-undersøkelse uavhengig av forundersøkelsens resultat på C-undersøkelsen.

Tabell 10: Undersøkelsesfrekvens ved ulike tilstandsklasser for hver av stasjonsklassene. Gjengitt etter NS 9410:2016.

Stasjon	Tilstandsklasse	Hver annen produksjonssyklus	Hver tredje produksjonssyklus
C2	Svært god eller god		X
Samlet for C3, C4, osv.	Moderat	X	
	Svært god eller god		X

2. Resultat

2.1 Makrofauna og kjemiske analyser

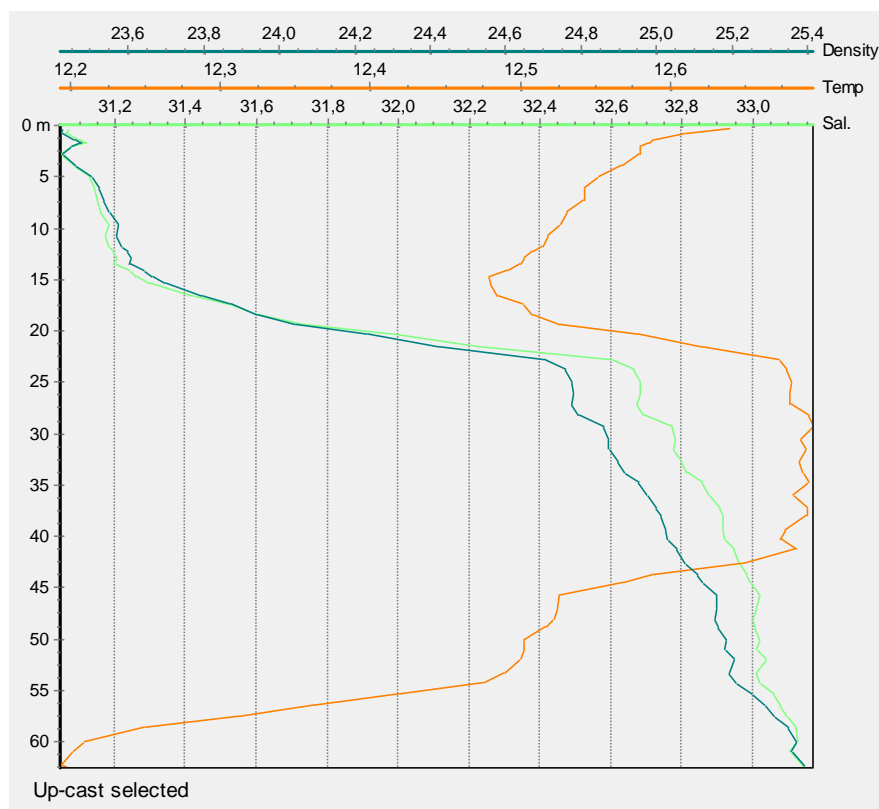
For fullstendig rapport på resultatene fra analysene av makrofauna og geologi/kjemi, se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg B**.

2.1.1 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer

De elektrokjemiske verdiene ved stasjon C1 ble målt til å være svært høye, sett i sammenheng med de sensoriske registreringene. Sondene for pH og Eh ble derfor byttet ut etter stasjon C1, men også målingene på C2 viste tilsvarende verdier. Alle stasjonene hadde mye skjellsand, og det kan tenkes at det er målt elektrokjemiske verdier i grovkornet sediment slik at sondene ikke har fått tilstrekkelig fukt. Vi har likevel valgt å presentere målingene fra alle stasjonene, selv om samtlige hadde lav pelittandel. Det ble ikke registrert misfargede sedimenter, men noe lukt samt fekalier på stasjon C1. Ved C1, hugg 1 og 2 var det lite grabbinhold (henholdsvis 5,5 og 3-4 cm ujevnt fordelt pga. stein i grabbåpning). Disse ble likevel godkjent på grunn av flere bomskudd med stein i åpning, og et forsøk på å ta prøver på et annet sted, som også resulterte i bomskudd. Det var også lite innhold ved stasjon C3 (fyllingsgrad $< \frac{1}{2}$), og litt mer ved C4 og C2 (fyllingsgrad $\frac{1}{2}$). Hugg 1 ved C4 hadde noe lekkasje pga. stein i åpning, men ble likevel godkjent pga. uforstyrret overflate. Hugg 1 og 2 ved C1 og hugg 1 ved C4 avviker derfor fra metodestandard. Det ble totalt gjort 4 bomskudd ved C1, 5 bomskudd ved C3, ett ved C4 og 7 bomskudd ved C2. Sedimentene besto av skjellsand og sand i blandet mye stein.

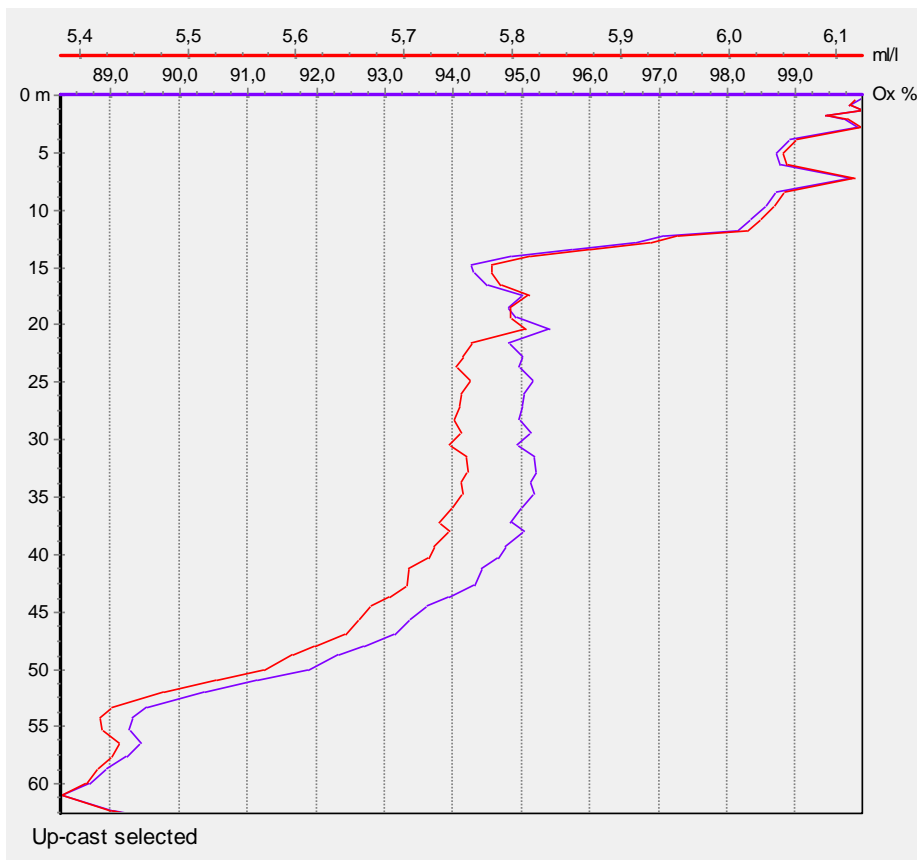
2.2 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) i dypområdet ved lokaliteten (C4; **Figur 3**). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i **Figur 4** og **5**.



Figur 4: Sjøtemperatur (°C; oransje), salinitet (‰; lysegrønn) og tetthet (-1000 kg/m³; mørkegrønn) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast på 62 meters dyp ved stasjon C4 den 12.09.2017).

Temperaturen synker fra 12,6°C i overflatevannet til 12,2°C i bunnvannet, og saliniteten stiger fra 31,10‰ ved overflaten til 33,14‰ på bunnen.



Figur 5: Oksygenmetning (%) (blå) og oksygenkonsentrasjon (mg/l; rød) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 62 meters dyp ved stasjon C4 den 12.09.2017.

I overflatevannet ligger oksygenkonsentrasjonen på 6,12 ml O₂/l (100% metning). Ved 12 meters dybde minker oksygenkonsentrasjonen til 5,9 ml/L og holder seg relativt stabil ned til 50 meter, før konsentrasjonen synker ytterligere ned mot bunnen. Bunnvannet har en oksygenkonsentrasjon på 5,46 ml O₂/l, (89 % metning) som svarer til tilstand I «Svært god» etter klassifiseringen for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 6**.

3. Oppsummering

Det ble funnet flest arter på stasjonen lengst unna; C2. Stasjonen med færrest arter, men likevel flest individ, og dermed minst jevnhet var anleggssonestasjonen C1. Denne stasjonen fikk miljøtilstand 2, god, men økologisk tilstand IV (dårlig). Økologisk tilstand ved C3 og C4 ble klassifisert til tilstand II (god), og på C2 i ytre sone tilstand I (svært god).

Nivåene av normalisert total organisk karbon (nTOC) ved C1 var moderate (TK 3), mens ved de fire andre stasjonene var de gode (TK 2). Nivåene av total organisk materiale (TOM) og total nitrogen (TN) var lave, mens forholdet mellom karbon og nitrogen var naturlig lavt ved C1 og C4 og noe forhøyet ved C2 og C3. Pelittandelen var relativ lik på alle stasjoner, med grovkornet skjellsand. Nivået av kobber ved C1 var forhøyet, og ble målt til klasse II/III. Det ble registrert noe lukt og fekalier ved C1, mens de øvrige stasjonene hadde et upåvirket sediment sensorisk sett. Oksygenkonsentrasjon og metning var bra ved bunnen, og ble beste tilstand etter klassifiseringen for oksygen i dypvann.

Dette er den første C-undersøkelsen gjort på Kalvøya.

Fordi den ytre sonen ved Kalvøya er klassifisert til å være svært god, og de to stasjonene i overgangssone er gode etter økologisk klassifisering, skal undersøkelsesfrekvensen ved C-undersøkelser være mellom hver tredje produksjonssyklus (jamfør **Tabell 10**).

4. Referanser

Molvær, J. et al. (1997) Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03.

Norsk Standard 5667-19 (2004). Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667:2004). Standard Norge. NS-EN ISO 5667-19: 2004.

Norsk Standard 16665 (2013) Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665: 2014). Standard Norge. NS-EN ISO 16665:2013.

Norsk standard 9410 (2016) Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge. NS 9410:2016.

Olsen, A (2017) B-undersøkelse ved Kalvøya, Lurøy kommune, mai 2017. Rapportnummer 132-5-17B, levert av Aqua Kompetanse AS

Veileder 02:2013 (2013) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Norsk klassifiseringssystem i henhold til vannforskriften. Revidert 2015. Vannportalen.no

Veileder TA 2229/2207 (2007) Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensningstilsyn.

Strømrapporter levert av Nova Sea.

Vedlegg A – Bilder av sediment



Figur A-1: Bilde av sedimentet ved C1. Sedimentet besto av skjellsand og sand, og hadde en pelittandel på 5% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Det ble registrert noe lukt og fekalier. Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur A-2: Bilde av sedimentet ved C2. Sedimentet besto av skjellsand og sand, og hadde en pelittandel på 13 % (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur A-3: Bilde av sedimentet ved C3. Sedimentet besto av skjellsand, og hadde en pelittandel på 5% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur A-4: Bilde av sedimentet ved referansestasjonen. Sedimentet besto av skjellsand og sand, og hadde en pelittandel på 9% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.

Vedlegg B – Akvaplan-niva rapport

Aqua Kompetanse AS
C-undersøkelse Kalvøya, 2017.
Bløtbunn

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Aqua Kompetanse. C undersøkelse Kalvøya, 2017. Bløtbunn.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

9123.01

Dato / Date

26.01.2018

Antall sider / No. of pages

11 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Kristine Brokke

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Kalvøya. Foreliggende delrapport presenterer resultatene fra bløtbunnundersøkelsen og inkluderer økologisk tilstandsklassifisering av bløtbunnsamfunn, samt geokjemiske analyser og klassifisering av sedimenter.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Roger Velvin in blue ink.

Roger Velvin

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Hans-Petter Mannvik in blue ink.

Hans-Petter Mannvik

© 2018 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 MATERIALE OG METODE.....	3
1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr	3
1.2 Geokjemiske analyser.....	3
1.2.1 Total organisk materiale (TOM).....	3
1.2.2 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	3
1.2.3 Total nitrogen (TN) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse	4
1.2.4 Metallanalyse - kobber (Cu).....	4
1.3 Bunndyr	4
1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	4
1.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser	4
2 RESULTATER.....	6
2.1 Geokjemiske analyser.....	6
2.1.1 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling	6
2.1.2 Kobber i sediment, C1	6
2.2 Bunndyr	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	10
3.1 Sammenfatning.....	10
3.2 Konklusjon	10
4 REFERANSER.....	11
5 VEDLEGG	12
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	12
Vedlegg 2. Analysebeviser	25

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunn-samfunnene ved lokaliteten Kalvøya. Oppdragsgiver har vært Aqua Kompetanse AS. Resultatene inngår i selskapets rapportering fra en C undersøkelse ved lokaliteten.

Følgende personer har deltatt:


Roger Velvin	Akvaplan-niva	Prosjektleder (Akvaplan-niva). Identifisering bunndyr (Varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Kristine H. Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Aqua Kompetanse har gjennomført alle feltinnsamlingene.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med følgende underleverandører

- ALS Laboratory Group, Tsjekkia

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for feltinnsamlinger av sediment og fauna, analyser av TOC, TOM, TN, kornstørrelse, makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.</p>
<p>Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)</p>	<p>ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.</p>

Tromsø, 26.01.2018



Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva

1 Materiale og metode

1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr

En oversikt over det faglige programmet for bløtbunnundersøkelsen er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Faglig program for bløtbunnundersøkelsen ved Kalvøya, 2017. TOM = total organisk materiale. TOC = total organisk karbon, Cu = kobber. TN = total nitrogen, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type undersøkelse
C1 anleggssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
C2 overgangssone ytre	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C3 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C4 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665:2014. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreark. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- M-608/2016. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.* Miljødirektoratet, 2016.
- Veileder 02:2013 (rev. 2015). *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Posisjoner og dyp for stasjonene ved Kalvøya er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Kalvøya 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4
Dyp (m)	50	46	48	65
GPS	66°23,648 N 12°48,041 Ø	66°23,384 N 12°48,008 Ø	66°23,544 N 12°48,111 Ø	66°23,648 N 12°47,464 Ø

1.2 Geokjemiske analyser

1.2.1 Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekttap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduerbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

1.2.2 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling

Andelen finstoff, dvs. fraksjonen mindre enn 63 µm, ble bestemt gravimetrisk etter våtsikting av prøvene. Resultatene er angitt som andel finstoff på tørrvektbasis.

Etter tørking ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212) etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (nTOC) ved bruk av ligningen: $nTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2015 (rev 2015).

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment.

nTOC mg/g	< 20 I Svært god	20 - 27 II God	27 - 34 III Moderat	34 - 41 IV Dårlig	> 41 V Svært dårlig
-----------	---------------------	-------------------	------------------------	----------------------	------------------------

1.2.3 Total nitrogen (TN) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse

Sedimentene blir mineralisert ved 420°C med svovelsyre og bruk av katalysatorer. Natriumhydroksid tilsettes i overskudd for å mineralisere prøvene. Deretter destilleres prøven og kondensatet går inn i en løsning med svovelsyre. Innholdet av organisk bundet nitrogen og ammoniakk/ammonium i prøven kvantifiseres spektrofotometrisk vha. en metode basert på reaksjonen mellom ammoniumioner, natriumsalicylat og trinatriumcitrat.

1.2.4 Metallanalyse - kobber (Cu)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonen av kobber (Cu) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

Tilstandsklassifisering for kobber i marine sedimenter.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
----------	------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

1.3 Bunnedyr

1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnavlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Endringer i artsmangfold kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold i sedimentet.

1.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser

Det ble innsamlet to prøver (replikater) på hver av stasjonene iht. retningslinjene i NS 9410:2016. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 1 for beskrivelse av analysemetoder. For økologisk tilstandsklassifisering er Direktoratgruppens

veileder 02:2013 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Hurlberts diversitetsindeks (ES_{100}) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), uegnet ved lavt individ/artstall
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individtall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- Sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet ($NQI1$)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i $NQI1$ ($AMBI$)
- Normalisert EQR ($nEQR$)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2013).

Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
$NQI1$	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,7 - 4,8	4,8 - 3,0	3,0 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES_{100}	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI_{2012}	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	31 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
$nEQR$	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen iht. kap. 8.6.3 i NS 9410:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

2 Resultater

2.1 Geokjemiske analyser

2.1.1 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N-forholdet og kornfordeling i sedimentene er presentert i Tabell 3.

TOM-nivåene var lave og varierte mellom 2,3 og 3,8 %. TN-nivåene var også lave (0,34 – 1,10 mg/g). TOC-nivået var forhøyet i sediment fra C1 (tilstandsklasse III) og lett forhøyet på de øvrige stasjonene (tilstandsklasse II). C/N-forholdet var naturlig lavt på C1 og C4 og noe forhøyet på de to andre stasjonene. Sedimentene var grovkornet med pelittandeler mellom 5 og 13 %.

Tabell 3. Sedimentanalyser, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N og kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm). Kalvøya, 2017.

St.	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt
C1	3,8	10,2	27,3	III Moderat	1,10	8,9	5
C2	3,8	9,2	24,9	II God	0,65	14,2	13
C3	2,3	6,1	23,2	II God	0,34	18,0	5
C4	2,7	9,6	26,0	II God	0,94	10,2	9

* Tilstandsklassifisering (02:2013-rev.2015) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

2.1.2 Kobber i sediment, C1

Nivået av kobber er presentert i Tabell 4. Kobbernivået var forhøyet i sediment fra C1 i anleggssonen (klasse II/III).

Tabell 4. Sedimentanalyser. Kobber (Cu), i mg/kg TS, Kalvøya 2017

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu
C1	37,5	Klasse II/III

2.2 Bunndyr

2.2.1 Kvantitative bunndyranalyser

2.2.1.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyranalysene er presentert i Tabell 5. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individer varierte fra 645 (C3) til 2170 (C1) og antall arter fra 25 (C1) til 127 (C2). På C1 viste de fleste de fleste faunaindeksene, inklusiv samlet indeks nEQR, økologisk tilstandsklasse IV "Dårlig". På C2 lå de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, i klasse I "Svært god". På C3 og C4 viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse II "God".

Samlet klassifisering for C3 og C4 i overgangssonen ga økologisk tilstandsklasse II.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en skjev individfordeling mellom artene og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Individfordelingen var ujevn på C1 med indeks 0,27. På de øvrige stasjonene var fordelingen jevn med indekser mellom 0,79 og 0,84.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQII = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQII). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Kalvøya 2017. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individer	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	2170	25	1,11	6,1	0,36	5,67	7,77	0,250	0,86	5,636	0,27
C2	1310	127	5,16	37,9	0,80	10,51	24,01	0,824	0,77	2,034	0,79
C3	645	70	4,85	33,9	0,74	8,29	20,82	0,727	0,46	2,445	0,84
C4	1470	91	4,92	32,6	0,73	8,68	20,43	0,729	0,81	2,523	0,81

Samlet klassifisering for overgangssonen (C1, C2 er ikke med)

C3 og C4	-	-	4,89	33,3	0,73	8,49	20,63	0,728	0,63	2,484	0,83
----------	---	---	------	------	------	------	-------	-------	------	-------	------

I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
-------------	--------	-------------	-----------	----------------

2.2.1.1 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 i anleggssonen.

I følge NS 9410:2016 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet. Tabell 6 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på stasjon Må1. Data for antall arter og dominerende taksa er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God". Kriteriet for miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av 20 eller flere arter, hvorav ingen utgjør mer enn 65 % av det totale individantallet. Her utgjorde børstemarken *Capitella capitata* 74 %.

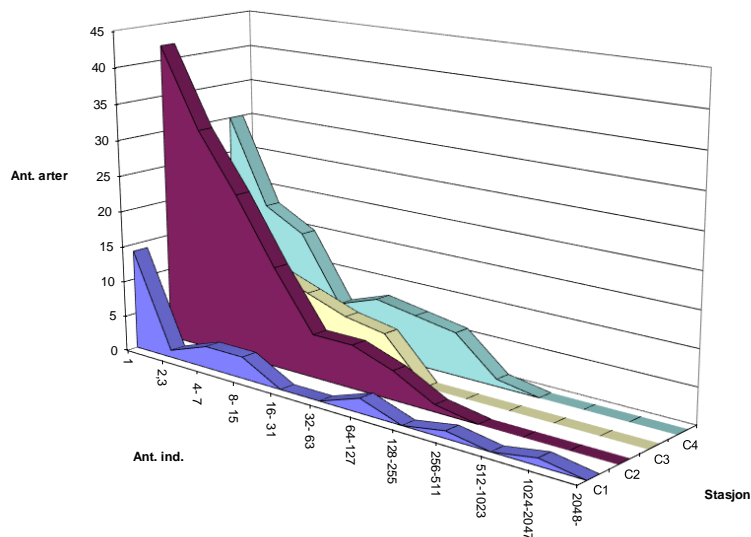
Tabell 6. NS 9410:2016 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet i anleggssonen C1, Kalvøya, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand - NS 9410
C1	Kalvøya	25	Capitella capitata – 74 %	2 "God"

2.2.1.2 Geometriske klasser

Figur 1 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser. Det vises til Vedlegg 1 for en forklaring av begrepet geometriske klasser og beskrivelse av metoden. Bakgrunnen for analysen er at et upåvirket samfunn består av mange arter med lavt individtall, slik at kurven starter høyt på y-aksen. Et forstyrret samfunn har færre arter og noen få av dem svært tallrike, slik at kurven flater ut og strekker seg mot høyere klasser.

Kurven for C1 hadde lavt startpunkt og strakk seg lengst ut mot høyere klasser. Kurveforløpet indikerte faunaforstyrrelse. De andre kurvene hadde naturlig høye startpunkter og strakk seg kort ut. Ingen av disse kurveforløpene ga indikasjoner på faunaforstyrrelser.

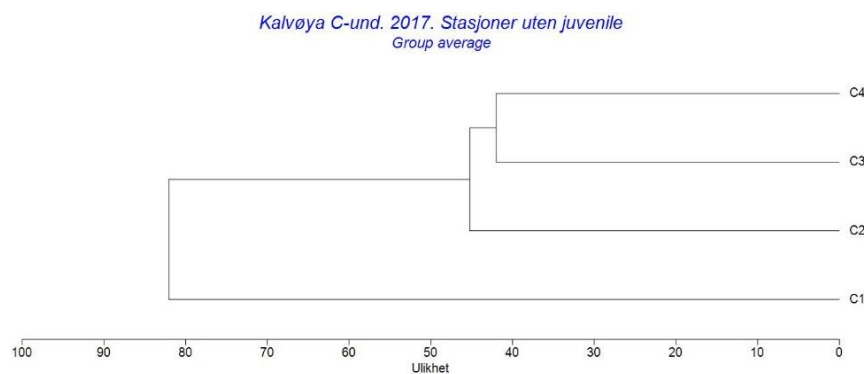


Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Kalvøya, 2017 (pr. 0,2 m²).

2.2.1.3 Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet (se metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 2. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 % ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 100 % ulikhet. Metoden gjør det dermed mulig å identifisere grupper av stasjoner med like arts- og individforhold. I tillegg gjør den det lettere å synliggjøre eventuelle avvik som for eksempel kan knyttes til antropogene påvirkninger av bunndyrssamfunnet.

Clusterplottet viser at C2, C3 og C4 var mer enn 54 % lik i faunasammensetning, mens C1 bare var 18 % lik de øvrige stasjonene.



Figur 2. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Kalvøya, 2017.

2.2.1.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp-ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 7. I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i fem økologiske grupper (Ecological groups; EG) basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Disse gruppene går fra sensitive arter (gruppe I) til forurensningsindikatorer (pollution indicator species; gruppe V).

På C1 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med 74 % av individmengden. Den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha* sp. lå på andre plass blant topp ti, mens en annen forurensningsindikator, børstemarken *Malacoceros fuliginosus*, lå på fjerdeplass med en relativ rik forekomst.

På C2 toppet de rørbyggende børstemarkene *Myriochele danielsseni* og *Nothria hyperborea* listen med til sammen 22 % av individene. Begge har ukjent økologisk gruppering, men er kjent for å være nokså ømfintlige for økte belastninger i sedimentet. Det var ellers flest nøytrale arter blant topp-ti på stasjonen.

På C3 var den tolerante børstemarken *Chaetozone* sp. mest tallrik (9 %). Her ble det også registrert en forekomst av forurensningsindikatoren *C. capitata*. Ellers var det en naturlig blanding av representanter fra de fleste økologisk gruppene.

På C4 lå den tolerante børstemarken *Pholoe baltica* øverst med 9 %. De fleste andre artene var enten tolerante eller opportunister, men også her ble det funnet *C. capitata* (forurensningsindikator) blant topp-ti artene.

Tabell 7. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Kalvøya, 2017.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Capitella capitata</i>	1612	74 %	V	<i>Myriochele danielsseni</i>	178	13 %	ik
<i>Ophryotrocha</i> sp.	320	89 %	IV	<i>Nothria hyperborea</i>	117	22 %	ik
<i>Microphthalmus szcelkowi</i>	97	94 %	ik	<i>Paradoneis lyra</i>	87	29 %	II
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	80	97 %	V	<i>Labidoplax buskii</i>	83	35 %	II
<i>Eteone flava/longa</i>	11	98 %	ik	<i>Melinna elisabethae</i>	69	40 %	II
Thyasiridae indet.	9	98 %	ik	<i>Polycirrus norvegicus</i>	63	45 %	IV
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	8	98 %	III	<i>Sosane sulcata</i>	62	50 %	I
<i>Syllis cornuta</i>	7	99 %	III	<i>Mediomastus fragilis</i>	45	53 %	IV
<i>Idotea</i> sp.	6	99 %	ik	<i>Edwardsia</i> sp.	43	56 %	II
<i>Thyasira flexuosa</i>	4	99 %	III	<i>Pholoe baltica</i>	38	59 %	III
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Chaetozone</i> sp.	59	9 %	III	<i>Pholoe baltica</i>	139	9 %	III
<i>Paradoneis lyra</i>	51	17 %	II	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	117	17 %	III
<i>Capitella capitata</i>	51	25 %	V	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	115	25 %	IV
<i>Owenia</i> sp.	46	32 %	II	<i>Thyasira flexuosa</i>	113	33 %	III
<i>Eteone flava/longa</i>	37	37 %	ik	<i>Mediomastus fragilis</i>	88	39 %	IV
<i>Mediomastus fragilis</i>	36	43 %	IV	<i>Myriochele danielsseni</i>	69	43 %	ik
<i>Myriochele danielsseni</i>	30	48 %	ik	<i>Chaetozone</i> sp.	64	48 %	III
<i>Edwardsia</i> sp.	26	52 %	II	<i>Eteone flava/longa</i>	63	52 %	ik
<i>Pholoe assimilis</i>	23	55 %	III	<i>Capitella capitata</i>	62	56 %	V
<i>Pholoe baltica</i>	22	59 %	III	<i>Pholoe assimilis</i>	53	60 %	III

*Økologiske grupper: EG I = sensitive arter. EG II = nøytrale arter. EG III = tolerante arter. EG IV = opportunistiske arter. EG V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013.
Ik = ikke kjent gruppe.

3 Sammenfattende vurderinger

3.1 Sammenfatning

Resultatene fra bløtbunnundersøkelsen ved lokaliteten Kalvøya i 2017 kan sammenholdes som følger:

- TOM- og TN-nivåene var lave. TOC-nivået var forhøyet i sediment fra C1 i anleggssonen (tilstandsklasse III) og lett forhøyet på de øvrige stasjonene (tilstandsklasse II). C/N-forholdet var naturlig lavt i anleggssonen og på C4 i overgangssonen, og noe forhøyet på de to andre stasjonene. Kopper var forhøyet i sediment fra anleggssonen (klasse II/III). Sedimentene var grovkornet med pelittandeler mellom 5 og 13 %.
- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse I "Svært god" for bløtbunnsamfunnet på C2, klasse II "God" for C3 og C4 og klasse IV "Dårlig" for bløtbunnsamfunnet på C1 i anleggssonen. Det ble registrert forekomster av forurensningsindikatorer på C1, C2 og C3. En 9410:2016 vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 ga miljøtilstand 2 "God".

3.2 Konklusjon

C-undersøkelsen ved lokalitet Kalvøya i 2017 viste at sedimentet var belastet og bløtbunnsamfunnet påvirket i anleggssonen. Innhold av organisk karbon og kobber i sedimentet var forhøyet. Bløtbunnsamfunnet var dominert av forurensningsindikatoren *Capitella capitata*, faunasammensetningen var skjev og økologisk tilstandsklassifisering viste klasse IV "Dårlig". Tilsvarende belastninger og faunaeffekter ble ikke registrert på stasjonene i overgangssonen.

4 Referanser

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013 (rev. 2015). 263 s.

ISO 5667-19, 2004. Guidance on sampling of marine sediments.

ISO 16665, 2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. M-608/2016. 24 s.

NS 9410:2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

Rygg, B. og K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.

5 Vedlegg

Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på individfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forurensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheten ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

Shannon-Wieners indeks (Shannon & Weaver, 1949) er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

der n_i = antall individer av art i i prøven

N = totalt antall individer

s = antall arter

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som indeksen er mest følsom for individfordelingen. En lav verdi indikerer et artsfattig samfunn og/eller et samfunn som er dominert av en eller få arter. En høy verdi indikerer et artsrikt samfunn.

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

har følgende formel, der symbolene er som i Shannon-Wieners indeks

$$J = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Hurlberts diversitetskurver

Grafisk kan diversiteten uttrykkes i form av antall arter som funksjon av antall individer. Med utgangspunkt i totalt antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik individtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder totalt N individer og s arter og har følgende formel:

$$ES_n = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

der N = totalt antall individ i prøven

N_i = antall individ av art i

n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)

s = totalt antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv., slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2,\dots$ En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot

klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en en-toppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensning forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begunstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra topper. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensning. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt kvadratrots-transformert. Dette ble gjort for å redusere avviket mellom høye og lave tetthetsverdier og dermed redusere eventuelle effekter av tallmessig dominans hos noen få arter i datasettet.

Clusteranalyse

Analysen undersøker faunalikheten mellom prøver. For å sammenligne to prøver ble Bray-Curtis ulikhetsindeks benyttet (Bray & Curtis, 1957):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |X_{ki} - X_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (X_{ki} + X_{kj})}$$

der n = antall arter sammenlignet

X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i

X_{Mj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke "group-average linkage". Forholdsvis like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et tredigram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten 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 arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

NSI er en sensitivitetsindeks som ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata og ved bruk av en objektiv statistisk metode. En prøves NSI verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene av alle individene i prøven.

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

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

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

Diversitetsindeksen $\text{SN} = \ln S / \ln(\ln N)$, hvor S er antall arter og N er antall individer i prøven

Tetthetsindeks (Density index, DI)

DI er en indeks for individtetthet. DI er spesielt utviklet med tanke på tilstandsklassifisering av individfattig fauna. Indeksene for artsmangfold og ømfintlighet da av og til dårlig fordi de styres av tilfeldigheter i de små datasettene. Fattig fauna finnes særlig ved dårlige oksygenforhold eller ved svært kraftig industriforurensning. Ekstremt høye

individtettheter av tolerante arter tyder på påvirkning av organisk belastning vanlig nær renseanlegg og matfiskanlegg. DI signaliserer også dette. Indeksen beregnes ved:

$$DI = \text{abs} [\log_{10}(N_{0,1\text{m}^2}) - 2,05]$$

Hvor abs står for tallverdi, altså at negative verdier gjøres positive, $N_{0,1\text{m}^2}$ antall individer pr. 0,1 m².

Normalisert EQR (nEQR)

Observert indeksverdi omregnes til nEQR (normalised ecological quality ratio):

$$\text{nEQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0,2 + \text{Klassens nEQR basisverdi}$$

Klassens nEQR basisverdi er den samme for alle indekser og er satt til:

Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (I)	= 0,8
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (II)	= 0,6
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (III)	= 0,4
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (IV)	= 0,2
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (V)	= 0,0

Klasseintervallet er 0,2 for alle klassene.

nEQR gir altså en tallverdi på en skala fra 0 til 1. Tallverdien viser ikke bare statusklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger fordi verdiene følger en kontinuerlig skala. F. eks. viser verdien 0,75 at tilstanden ligger tre firedele opp i tilstand God (God = 0,6 – 0,8). nEQR muliggjør en harmonisert sammenligning av forsMåellige indekser, både innenfor samme kvalitetselement og mellom ulike kvalitetselement.

Referanser:

Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.

Hurlbert, S.N. 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.

Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.

Rygg, B. 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.

Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater Kalvøya, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4
no. ind.	5595	2170	1310	645	1470
no. spe.	178	25	127	70	91

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02
no. ind.	5595	1804	366	649	661	316	329	641	829
no. spe.	178	23	11	94	94	55	54	69	69
Shannon-Wiener:		1,4	0,8	5,2	5,2	4,9	4,8	4,9	4,9
Pielou		0,31	0,23	0,79	0,79	0,85	0,83	0,81	0,80
ES100		7	6	38	38	35	33	33	32
SN		1,56	1,35	2,43	2,43	2,29	2,27	2,27	2,22
ISI-2012		6,54	4,80	10,48	10,54	8,64	7,95	9,11	8,25
AMBI		5,42	5,852	2,034	2,033	2,243	2,647	2,502	2,544
NQI1		0,40	0,33	0,80	0,80	0,76	0,73	0,74	0,73
NSI		8,4	7,1	24,1	23,9	21,4	20,3	20,9	20,0
DI		1,206	0,513	0,762	0,770	0,450	0,467	0,757	0,869

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4
Shannon-Wiener:	1,11	5,16	4,85	4,92
Pielou	0,27	0,79	0,84	0,81
ES100	6,1	37,9	33,9	32,6
SN	1,45	2,43	2,28	2,25
ISI-2012	5,67	10,51	8,29	8,68
AMBI	5,636	2,034	2,445	2,523
NQI1	0,36	0,80	0,74	0,73
NSI	7,77	24,01	20,82	20,43
DI	0,86	0,77	0,46	0,81

Tilstandsklasse nEQR ^{*)} 0,250 0,824 0,727 0,729

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4
1	14	42	25	30
2,3	1	31	12	18
4-7	3	23	11	15
8-15	3	14	9	6
16-31	0	6	7	8
32-63	0	6	6	7
64-127	2	4	0	6
128-255	0	1	0	1
256-511	1	0	0	0
512-1023	0	0	0	0
1024-2047	1	0	0	0
2048-	0	0	0	0

Artliste

Kalvika C-und. 2017

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum	
<i>Stasjonsnr.: C1</i>							
PORIFERA							
			Porifera indet.	-1		-1	
NEMATODA							
			Nematoda indet.	6	4	10	
ANNELIDA							
	Polychaeta						
		Spionida					
			Malacoceros fuliginosus	55	25	80	
			Chaetozone sp.	1		1	
			Cirratulus cirratus	1		1	
			Raricirrus beryli		1	1	
		Capitellida					
			Capitella capitata	129	320	1612	
			Mediomastus fragilis	2		2	
			Arenicola marina	1		1	
		Opheliida					
			Ophelina acuminata	1		1	
		Phyllodocida					
			Eteone flava/longa	10	1	11	
			Oxydromus flexuosus	1		1	
			Microphthalmus sczelkowi	92	5	97	
			Syllis cornuta	6	1	7	
			Nereis zonata	1		1	
		Amphinomida					
			Paramphinome jeffreysii	8		8	
		Eunicida					
			Ophryotrocha sp.	311	9	320	
		Oweniida					
			Galathowenia oculata		1	1	
		Terebellida					
			Amphictene auricoma	1		1	
CRUSTACEA							
	Copepoda						
		Calanoida					
			Calanoida indet.	1		1	
	Malacostraca						
		Amphipoda					
			Gammarus sp.	1		1	
			Caprellidae indet.	1		1	
		Isopoda					
			Idotea sp.	5	1	6	
MOLLUSCA							
			Gastropoda indet.	1		1	
	Bivalvia						
		Mytiloida					
			Mytilus edulis	1		1	
		Veneroida					
			Thyasira flexuosa	3	1	4	
			Thyasiridae indet.	8	1	9	
		Myoidea					
			Hiatella sp.	1		1	
BRYOZOA							
			Bryozoa indet.	-2	-1	-3	
				Maks:	1292	320	1612
				Antall:	27	13	29
				Sum:			2177

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
<i>Stasjonsnr.: C2</i>						
FORAMINIFERA						
PORIFERA			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
CNIDARIA			Porifera indet.		-1	-1
	Hydrozoa					
			Hydrozoa indet.	-1	-1	-2
	Anthozoa					
			Edwardsia sp.	11	32	43
			Actiniaria indet.	1	1	2
NEMERTINI			Cerianthus lloydii	5	6	11
NEMATODA			Nemertea indet.	9	10	19
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	9	5	14
			Golfingiidae indet.	3	3	6
			Phascolion strombus	5	5	10
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos armiger	1	7	8
			Aricidea catherinae	2	9	11
			Aricidea cerrutii	5		5
			Paradoneis lyra	37	50	87
		Spionida				
			Aonides paucibranchiata	8	2	10
			Scolecopsis bonnierii	4		4
			Laonice bahusensis	2	3	5
			Prionospio cirrifera	4		4
			Pseudopolydora paucibranchiata	1	2	3
			Spio armata	1		1
			Spio decoratus		1	1
			Spiophanes kroyeri	2		2
			Poecilochaetus serpens		3	3
			Tharyx killariensis	7	3	10
			Aphelochaeta sp.		1	1
			Chaetozone sp.	7	15	22
			Macrochaeta clavicornis		3	3
		Capitellida				
			Capitella capitata		2	2
			Mediomastus fragilis	24	21	45
			Maldane sarsi		1	1
			Clymenura sp.	2		2
			Praxillella praetermissa	1		1
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	2		2
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	2	4	6
			Eulalia mustela	9	1	10
			Eumida sanguinea	1		1
			Mystides caeca		3	3
			Phyllodoce groenlandica	1	3	4
			Gattyana cirrhosa		1	1
			Malmgrenia mcintoshii	10	3	13

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Polynoidae indet.	4		4
			Pholoe assimilis	18	8	26
			Pholoe baltica	20	18	38
			Pisione remota	1		1
			Psamathe fusca		3	3
			Nereimyra punctata	3	1	4
			Syllis kas	1		1
			Exogone verugera	2		2
			Parexogone hebes	2	1	3
			Sphaerosyllis tarquei	2		2
			Syllides sp.	7	1	8
			Syllis cornuta	2	3	5
			Glycera alba		1	1
			Glycera capitata	7	3	10
			Goniada maculata	2	6	8
			Nephtys hombergii		1	1
			Nephtys longosetosa		1	1
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	4	2	6
		Eunicida	Nothria hyperborea	58	59	117
			Scoletoma sp.	1		1
			Protodorvillea kefersteini	1		1
		Oweniida	Galathowenia fragilis	1		1
			Galathowenia oculata	2	2	4
			Myriochele danielsseni	96	82	178
			Owenia sp.	2	4	6
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	2	9	11
		Terebellida	Amphictene auricoma	15	21	36
			Anobothrus gracilis	10	7	17
			Ampharete lindstroemi	1	2	3
			Amphicteis gunneri	1		1
			Melinna elisabethae	40	29	69
			Sabellides octocirrata	1	3	4
			Sosane sulcata	40	22	62
			Hauchiella tribullata		1	1
			Laphania boeckii	1	3	4
			Nicolea venustula	1		1
			Phisidia aurea		3	3
			Pista mediterranea		1	1
			Polycirrus norvegicus	23	40	63
			Proclea graffii	2	1	3
			Streblosoma intestinale	1	1	2
			Trichobranchus roseus	2		2
		Sabellida	Chone sp.		4	4
			Euchone sp.		1	1
			Jasmineira caudata		1	1
			Hydroides norvegicus	1		1
		Oligochaeta	Oligochaeta indet.	4		4
		CHELICERATA				
		Pycnogonida	Pycnogonida indet.	2	1	3
		CRUSTACEA				
		Copepoda				
		Calanoida	Calanoida indet.		1	1
		Malacostraca				
		Mysidacea	Mysidacea indet.	1		1
		Cumacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Petalosarsia declivis	2		2
			Diastylodes biplicatus	1	1	2
		Amphipoda	Atylus vedlomensis	1	1	2
			Acidostoma sp.		1	1
			Tryphosites longipes	1	1	2
			Oedicerotidae indet.	1		1
			Harpinia antennaria		6	6
			Harpinia pectinata		1	1
			Harpinia sp.	2		2
			Paraphoxus oculatus	1	3	4
			Gammaridea indet.	2	2	4
		Decapoda	Paguridae indet.	1	1	2
MOLLUSCA						
		Caudofoveata	Caudofoveata indet.		1	1
		Solenogastres	Neomeniamorpha			
			Neomeniamorpha indet.	1	1	2
		Polyplacophora	Lepidopleurida			
			Leptochiton asellus		1	1
		Prosobranchia	Mesogastropoda			
			Lacuna vincta		1	1
			Euspira montagui	1		1
			Euspira nitida		1	1
		Opisthobranchia	Cephalaspidea			
			Acteon tornatilis		1	1
			Philine sp.	5	17	22
			Cylichna cylindracea	1	2	3
			Cylichnidae indet.	1		1
			Nudibranchia			
			Nudibranchia indet.	8		8
		Bivalvia	Nuculoida			
			Nuculana minuta		1	1
			Mytiloida			
			Mytilus edulis		1	1
			Limoida			
			Limatula subauriculata		1	1
			Ostreoidea			
			Similipecten similis	2	2	4
			Palliolium incomparabile	1		1
			Veneroida			
			Lucinoma borealis	3		3
			Thyasira flexuosa	8	17	25
			Thyasira obsoleta	1		1
			Astarte sp. juv.		1	1
			Parvicardium minimum		1	1
			Parvicardium pinnulatum	1		1
			Gari fervensis	1	1	2
			Pholadomyoida			
			Cochlodesma praetenuae	2	2	4
			Lyonsia arenosa		1	1
			Bivalvia indet.		1	1
		Scaphopoda	Dentaliida			
			Antalis sp.	1	1	2
PHORONIDA						
			Phoronis sp.	4	5	9
CHAETOGNATA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
ECHINODERMATA			Chaetognatha indet.		2	2
	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiocten affinis	2	2	4
			Ophiuroidea indet. juv.	2	4	6
	Echinoidea	Echinoidea	Strongylocentrotus sp. juv.		1	1
		Laganoida	Echinocyamus pusillus	2		2
		Spartangoida	Spartangoida indet. juv.	1	3	4
	Holothuroidea	Dendrochirotida	Psolus sp. juv.		1	1
			Pseudothyone raphanus		1	1
		Apodida	Labidoplax buskii	42	41	83
			Maks:	96	82	178
			Antall:	100	105	139
			Sum:			1336

Stasjonsnr.: C3

FORAMINIFERA

			Foraminifera indet.	-1		-1
CNIDARIA	Hydrozoa		Hydrozoa indet.	-1	-1	-2
	Anthozoa		Edwardsia sp.	8	18	26
			Cerianthus lloydii	9	9	18
PLATYHELMINTHES			Platyhelminthes indet.	1	1	2
NEMERTINI			Nemertea indet.	8	7	15
NEMATODA			Nematoda indet.	1	1	2
SIPUNCULIDA			Phascolion strombus	6	3	9
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida	Scoloplos armiger	7	12	19
			Aricidea catherinae	1		1
			Aricidea cerrutii	1	2	3
			Paradoneis lyra	29	22	51
		Spionida	Aonides paucibranchiata	1		1
			Prionospio cirrifera	8	1	9
			Spio decoratus	1		1
			Poecilochaetus serpens		1	1
			Chaetozone sp.	11	48	59
			Cirratulus cirratus		1	1
		Capitellida	Capitella capitata	28	23	51

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Mediomastus fragilis	17	19	36
		Opheliida	Ophelina acuminata	8	5	13
		Phyllococida	Eteone flava/longa	12	25	37
			Phyllococe groenlandica	1	3	4
			Gattyana cirrhosa	1		1
			Polynoidae indet.		1	1
			Pholoe assimilis	10	13	23
			Pholoe baltica	8	14	22
			Nereimyra punctata	4	3	7
			Sphaerosyllis tarquei	1		1
			Syllis cornuta	2	1	3
			Glycera alba	2	2	4
			Glycera capitata	5	6	11
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys hombergii	1	1	2
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	3	3	6
		Eunicida	Nothria hyperborea	3	2	5
			Lumbrineris aniara	1		1
		Oweniida	Galathowenia oculata	1	3	4
			Myriochele danielsseni	13	17	30
			Owenia sp.	41	5	46
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	1	3	4
		Terebellida	Amphictene auricoma	3		3
			Anobothrus gracilis		1	1
			Amythasides macroglossus	1		1
			Melinna elisabethae		2	2
			Sosane sulcata	1		1
			Polycirrus norvegicus	8		8
			Terebellidae indet.	1		1
		Sabellida	Jasmineira caudata		1	1
	Oligochaeta		Oligochaeta indet.	1	1	2
CRUSTACEA	Malacostraca	Amphipoda	Argissa hamatipes	1	2	3
			Atylus vedlomensis	5	1	6
			Tryphosites longipes	3	2	5
			Westwoodilla caecula		2	2
MOLLUSCA	Prosobranchia	Mesogastropoda	Euspira nitida		1	1
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Acteon tornatilis	1		1
			Philine sp.	9	6	15
		Nudibranchia	Nudibranchia indet.	1		1
	Bivalvia	Mytiloidea	Crenella decussata	1		1
		Ostreoidea	Similipecten greenlandicus	1		1
			Palliolum incomparabile	1		1
		Veneroidea	Lucinoma borealis	1	1	2
			Thyasira flexuosa	2	6	8
			Thyasira sarsii	3	4	7

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Thyasiridae indet.		4	4
			Astarte montagui	8	1	9
			Gari fervensis		1	1
			Abra prismatica		1	1
			Timoclea ovata		1	1
		Myoidea	Mya sp. juv.	1		1
			Corbula gibba		1	1
		Pholadomyoidea	Cochlodesma praetenu	2	1	3
PHORONIDA						
			Phoronis sp.		3	3
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
	Echinoidea	Spartangoida	Spatangoida indet. juv.	1	2	3
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii	8	11	19
			Maks:	41	48	59
			Antall:	61	58	76
			Sum:			650
Stasjonsnr.: C4						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
CNIDARIA						
	Hydrozoa		Hydrozoa indet.	-1	-1	-2
	Anthozoa		Edwardsia sp.	11	16	27
			Actiniaria indet.	1		1
			Cerianthus lloydii	19	12	31
			Cerianthus lloydii juv.		1	1
PLATYHELMINTHES						
			Platyhelminthes indet.	1		1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	2	5	7
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus	1		1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida	Scoloplos armiger	17	21	38
			Aricidea catherinae	3	8	11
			Cirrophorus brevicirratus		1	1
			Paradoneis lyra	12	23	35
		Spionida	Laonice cirrata	2		2
			Prionospio cirrifera	5	11	16
			Prionospio fallax		2	2
			Pseudopolydora paucibranchiata	51	64	115
			Scolecopsis korsuni		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Spio limicola	14	14	28
			Spiophanes bombyx	1		1
			Spiophanes kroyeri	1		1
			Poecilochaetus serpens	3	3	6
			Tharyx killariensis		1	1
			Aphelochaeta sp.	2		2
			Chaetozone sp.	27	37	64
		Capitellida				
			Capitella capitata	14	48	62
			Mediomastus fragilis	26	62	88
			Notomastus latericeus	3	2	5
			Praxillella praetermissa	2	1	3
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	2	1	3
		Phyllococida				
			Eteone flava/longa	26	37	63
			Phyllodoce groenlandica	2	5	7
			Phyllodoce maculata		1	1
			Gattyana cirrhosa		4	4
			Pholoe assimilis	13	40	53
			Pholoe baltica	58	81	139
			Oxydromus flexuosus	1		1
			Nereimyra punctata	1	3	4
			Parexogone hebes	1		1
			Syllis cornuta	1	4	5
			Glycera alba	2	2	4
			Glycera capitata	2	4	6
			Goniada maculata	3	5	8
			Nephtys hombergii	4	2	6
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	61	56	117
		Eunicida				
			Nothria hyperborea	2	2	4
			Ophryotrocha sp.	3		3
			Parougia eliasoni		1	1
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis	2		2
			Galathowenia oculata	2		2
			Myriochele danielsseni	34	35	69
			Owenia sp.		2	2
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	16	15	31
			Flabelligera sp.		1	1
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	5	11	16
			Lagis koreni	27	23	50
			Anobothrus gracilis	1	2	3
			Melinna elisabethae	7	6	13
			Mugga wahrbergi		1	1
			Sabellides octocirrata		1	1
			Samytha sexcirrata	1		1
			Sosane sulcata	2	4	6
			Eupolymnia nesidensis	1		1
			Paramphitrite birulai	1	3	4
			Phisidia aurea		2	2
			Polycirrus norvegicus		2	2
			Thelepus cincinnatus	1		1
			Terebellides sp.	2	1	3
			Trichobranchus roseus		2	2
		Sabellida				
			Chone sp.	2	2	4
		Oligochaeta				
			Oligochaeta indet.	1		1
		CRUSTACEA				
		Malacostraca				
		Cumacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Amphipoda	Diastylodes biplicatus		1	1
			Unciola planipes		1	1
			Argissa hamatipes	1		1
			Tryphosites longipes	6	4	10
			Harpinia antennaria	2		2
		Decapoda				
			Crangonidae indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.		4	4
	Solenogastres					
		Neomeniamorpha				
			Neomeniamorpha indet.		1	1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.		1	1
			Philine sp.	11	18	29
			Cylichna cylindracea	6	5	11
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis		1	1
		Veneroida				
			Thyasira flexuosa	62	51	113
			Thyasira sarsii	15	14	29
			Thyasiridae indet.		2	2
			Macoma calcarea	1		1
			Abra prismatica	1		1
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1		-1
PHORONIDA						
			Phoronis sp.	7	1	8
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis	1		1
			Ophiocten affinis	1	1	2
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
	Echinoidea					
		Laganoida				
			Echinocyamus pusillus	1		1
		Spartangoida				
			Echinocardium flavescens	2	1	3
			Spatangoida indet. juv.		1	1
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	19	29	48
			Maks:	62	81	139
			Antall:	73	74	97
			Sum:			1469
				TOTAL:		Maks:
						1612
						Sum:
						5632

Vedlegg 2. Analysebeviser

Analyserapport C-und_191217

Redigert av: IHW
Godkjent: _____



Framsenteret
Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 00
E-post: kjemi@akvaplan.niva.no

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Akva-kompetanse
Kunde referanse: 227-9-17C Kalvøya
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Roger Velvin

Dato: 19.12.2017

Rapport nr.: 9123
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Ida Giæver Tveter

Analyseansvarlig: *Ida Giæver Tveter* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Ida Giæver Tveter* (sign.)

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen på side 2.
Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat. Nærmere informasjon om analysemetodene (måleusikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

Side 1 av 3

Resultater

Kundens id.:		C1	C2	C3	C4	
Parameter	Enhet	9123/C1	9123/C2	9123/C3	9123/C4	
> 0,063 mm	vekt %	94,6	87,2	95,0	90,9	
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	5,4	12,8	5,0	9,1	
TOC	mg/g TS	10,2	9,2	6,1	9,6	
TOC, normalisert**	mg/g TS	27,3	24,9	23,2	26,0	
TOM	% TS	3,8	3,8	2,3	2,7	
Total-N **	mg/g TS	1,1	0,65	0,34	0,94	
C/N **		8,9	14,2	18,0	10,2	
Cu *	mg/kg TS	37,5	ia	ia	ia	

* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

** Uakkreditert analyse eller beregning utført av Akvaplan-niva AS

TOC, normalisert = $\text{målt TOC mg/g} + 18 \cdot (1-F)$, der $F = \text{andel finstoff (pellitt) gitt ved \%pellitt/100}$.

ia = ikke analysert

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter (Fra SFT 97:03):

Normalisert TOC, mg/g	< 20 I Meget god	20-27 II god	27-34 III mindre god	34-41 IV Dårlig	> 41 V meget dårlig
-----------------------	---------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	------------------------

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

Cu, mg/kg	< 20 Klasse I	20-84 Klasse II/III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
-----------	------------------	------------------------	-----------------------	-------------------

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
9123/C1	C1	Sediment	Frossen	03.10.2017	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	06.10.17-22.11.17
9123/C2	C2	Sediment	Frossen	03.10.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.10.17-22.11.17
9123/C3	C3	Sediment	Frossen	03.10.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.10.17-22.11.17
9123/C4	C4	Sediment	Frossen	03.10.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.10.17-22.11.17

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metodererferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou, A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 15936:2012, Annex C.
Kobber-Cu (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120