



2018

C-undersøkelse ved Rendalsvik i Meløy kommune, mars 2018

Nova Sea AS

2018

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 Rendalsvik i Meløy kommune, mars 2018

Forfatter: Kristine Brokke

Feltdato: 21.03.2018 Toktleder: Kristine Brokke	Rapportdato: 13.09.2018 Rapportnummer: 47-3-18C	Antall sider uten vedlegg: 18 Antall sider totalt: 52
Oppdragsgiver: Nova Sea		Kontaktperson: Samuel Anderson
Lokalitet: Rendalsvik	Lokalitetsnummer: 11072	Driftsleder: Willy Kildal
Koordinater: 66° 41.9610N 13° 37.4470Ø	Fylke: Nordland Kommune: Meløy	MTB tillatelse: 3120 tonn Antall merder: 10 Merdomkrets: 120m
Bakgrunn for undersøkelse: maks belastning		
Sammendrag Aqua Kompetanse AS har gjennomført en akkreditert C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS9410:2016. Akvaplan-niva har utført akkreditert opparbeiding og akkrediterte og uakkrediterte analyser av prøvematerialet. ALS Laboratory Group har utført akkrediterte kobberanalyser. Undersøkelsen viser et belastet samfunn i anleggssonen, og også ved den nærmest stasjonen i overgangssonen, 100 meter unna anlegget. De to stasjonene lengst unna (200-400 m) hadde fine forhold. Miljøtilstand på C1 ble 3, og den samlede økologiske tilstanden i overgangssonen ble III, moderat. Undersøkelsesfrekvensen skal derfor være ved hver andre produksjonssyklus.		
Summary Aqua Kompetanse AS has completed an accredited C-survey according to the methodology described in Norwegian Standard NS9410: 2016. Akvaplan-niva has performed accredited work and accredited and unaccompanied analyzes of the sample material. ALS Laboratory Group has performed accredited copper analyzes. The survey shows an affected community in the farm zone, and at the nearest station in the transition zone, 100 meters away from the facility. The two stations furthest away (200-400 m) had good conditions. The environmental condition of C1 was 3, and the overall ecological condition in the transition zone was III, moderate. The C survey should therefore be conducted every other production cycle.		
Emneord: C-undersøkelse; miljøtilstand; miljøanalyse; miljøovervåking; sediment; prøvetaking; tilstand; elektrokjemi; sensoriske registreringer; makrofauna		ID 401-16 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
Rapportansvarlig:  Kristine Brokke	Kvalitetssikrer:  Christine Klykken	

© 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. 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 A**). 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 ISO 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 M-608	Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.	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 tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innholdsfortegnelse

Produksjonsdata og tidligere undersøkelser	6
1. Materiale og metode	7
1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering	7
1.2 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning	9
1.2.1 Elektrokjemiske målinger	10
1.2.2 Hydrografi	10
1.3 Undersøkelsesfrekvens	11
2. Resultat	12
2.1 Makrofauna og kjemiske analyser	12
2.2 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer	12
2.3 Hydrografi.....	12
2.4 Bilder av sediment.....	14
3. Oppsummering	16
4. Referanser.....	17
Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport	18

Tabell 2: Hovedresultater fra C-undersøkelsen. Aqua Kompetanse AS (AQK) 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 (Cu). Se **Vedlegg A** for rapport med tegnforklaring. Redokspotensial (E_h) bestemmes ut fra observert hvilepotensial i prøven (målt verdi; E_{obs}) og referansepotensial (E_{ref}): $E_h = E_{obs} + E_{ref}$. Faunaklassifiseringer og økologisk tilstandsklassifisering er gjort av APN etter Veileder 02:2013, og miljøtilstand på C1 er beregnet av APN etter NS9410:2016. Klassifisering av organisk innhold er gjort av APN etter SFT 97:03, og klassifisering av oksygentilstand i dypvann er gjort av AQK etter Veileder 02:2013. Kobberklassifisering er gjort av APN etter Veileder M-608.

Stasjonsplassering etter NS 9410:2016		Anleggs-sone	Ytre sone	Overgangssone	
Parameter:	Stasjoner:	C1	C2	C3	C4
Elektrokjemi:	pH:	7,61	7,78	7,70	7,39
	E_h :	-86	237	231,9	60,3
Oksygen:	Målt verdi (mL): O ₂ , tilstandsklasse:		6,23 I		
Makrofauna Bunndyrsanalyser	Antall arter (S):	5	63	38	92
	Antall ind. (N):	1538	1105	4628	2578
	J, Jevnhet (0-1):	0,04	0,72	0,34	0,73
	DI:	0,84	0,69	1,31	1,06
	NQI1:	0,285	0,676	0,414	0,681
	Shann.Wien. (H')	0,06	4,06	1,60	4,52
	Hurl.ind. (ES _{n=100}):	1,5	24,7	8,1	28,5
	AMBI:	4,50	2,96	5,40	3,13
	ISI:	5,75	8,68	6,38	8,97
	NSI:	14,1	19,6	10,7	19,8
	nEQR:	0,196	0,671	0,326	0,698
	Økologisk tilstand:	V	II	IV	II
	Miljøtilstand:	3			
Kjemi Kobber, organisk karbon, organisk materiale og nitrogen	Cu (mg/kg): Cu, tilstandsklasse:	21,3 II/III			
	N-TOC (mg/g): N-TOC, tilstandsklasse:	25,1 II	19,8 I	40,8 IV	24,6 II
	TN (mg/g): Kommentar:	1,7 lavt	1,9 lavt	1,2 lavt	1,7 lavt
	TOM (%): Kommentar:	2,0 lavt	3,5 lavt	1,8 lavt	2,0 lavt
	C/N: Kommentar:	8,7 lavt	9,5 lavt	24,1 høyt	11,3 lavt
Geologi	Pelittandel (%)	42,9	88,1	37,5	68,4

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

Rendalsvik ble re-fortøyd i 2015 startet produksjon i 2016 etter flere års brakklegging. **Tabell 4** viser produksjon og fôrforbruk ved anlegget for inneværende generasjon og de to foregående generasjonene. Det er ikke utført en C-undersøkelse ved denne lokaliteten før. Det ble foretatt en resipientundersøkelse i 2004 som kan brukes til å si noe om forholdene som var før oppstart, men den kan ikke brukes til sammenligning mot denne undersøkelsen, da den var utført med annen metodikk.

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

Utsett	Generasjon:	Produsert mengde (tonn)	Utfôret mengde (tonn)	Utslakt
3.11.08	8V	2281	2260	22.10.09
12.05.10	10V	4013	4361	30.01.12
10.10.16	16H	4304	4706	19.04.18

1. Materiale og metode

Akkreditert prøveinnsamling ble gjort fra oppdretters båt den 21.03.2018. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS9410:2016 av Kristine Brokke og Nasir El Shaikh fra Aqua Kompetanse AS. Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser av prøvematerialet og akkreditert faglige vurderinger og fortolkninger (**Vedlegg A**). En oversikt over stasjonene og det faglige programmet for hver stasjon er gitt i **Tabell 5**.

Tabell 5: Oversikt over stasjoner, plassering av stasjoner etter NS9410:2016 og ASC Salmon Standard med koordinater, dybde ved prøvestasjon, avstand mellom prøvestasjon og anlegg, og målte parametere ved Rendalsvik. Bio = kvantitativ opparbeiding av makrofaunaprøver; Geo = geologiske analyser av kornfordeling (pelitt); Kjemi = kjemiske analyser av TOC, TOM og TN; EK = elektrokjemiske målinger av pH og E_h; Cu = kobberanalyse; CTD = hydrografisk måling av salinitet, temperatur og oksygen.

Stasjoner	C1	C2	C3	C4
Plassering etter NS9410	Anleggssone	Ytre sone	Overgangssone	
Parametere	Bio – Geo – Kjemi – EK – Cu	Bio – Geo – Kjemi – EK – CTD	Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK
Koordinater	66°41.925N 13°37.426Ø	66°42.074N 13°38.176Ø	66°41.990N 13°37.840Ø	66°42.039N 13°37.991Ø
Dybde (m)	97	136	106	122
Avstand til anlegg (m)	30*	400	115	240

*Avstand fra prøvestasjon til nærmeste merd iht. til NS9410:2016: «Prøvestasjon C1: Stasjonen skal ligge fra 25 til 30 meter fra merdkant. Den skal legges mot den delen av anlegget der B-undersøkelsen viser at påvirkningen er størst.»

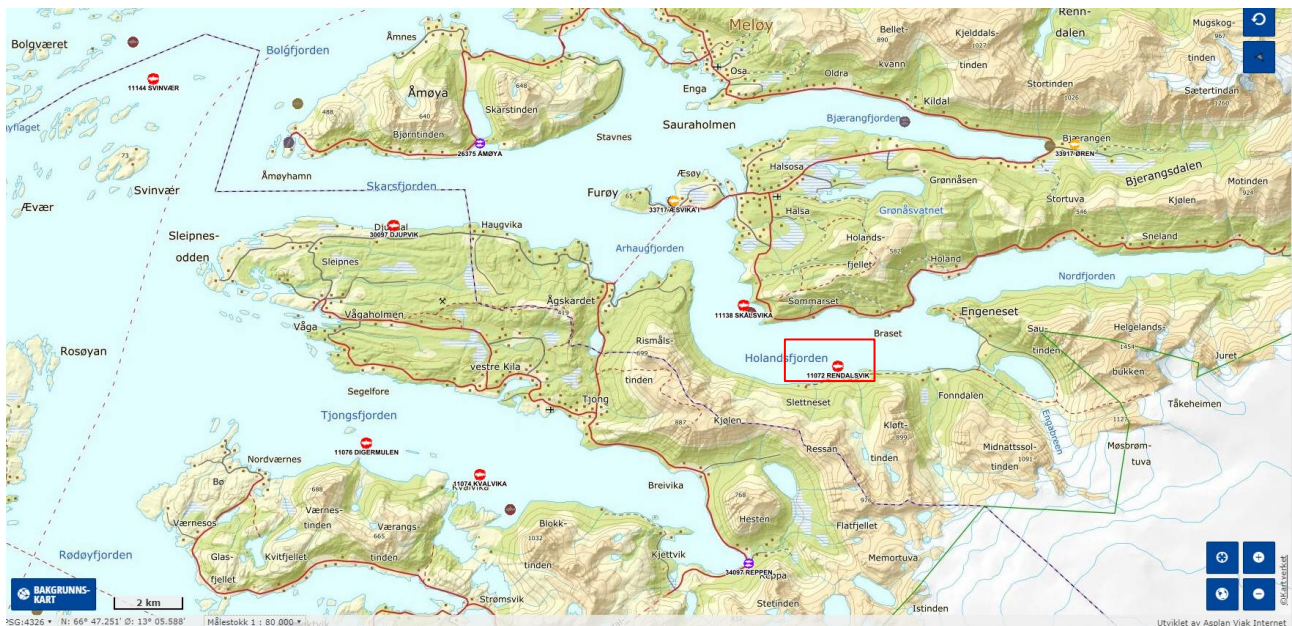
Rendalsvik er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016. Økende maksimal tillatt biomasse (MTB) gir økende antall prøvestasjoner, og med en MTB på 3120 tonn ved Rendalsvik er veiledende antall prøvestasjoner 4, jamfør **Tabell 6**.

Tabell 6: 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

1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering

Undersøkelsesområdet ligger i Holandsfjorden i Meløy kommune (**Figur 1**), som er en fjordarm adskilt fra Skardsfjorden med en terskel på 40 meters dybde og Århaugfjorden på 90 meters dybde. Holandsfjorden bukter seg rundt i en L-form, før den skilles av fra Nordfjorden i nordøst med en terskel på 90 meters dybde. Anlegget i Rendalsvik ligger plassert over en jevn flate på ca 110 meter. Dyphavsålen ligger på 180-190 meter, men bunnen er relativt flat hele veien, med kun slakk skråning. Sedimentet under anlegget består i hovedsak av leire og siltsand.



Figur 1: Oversiktskart som viser anleggsplassering og undersøkelsesområdet. Målestokk vises i venstre hjørne, kartkilde i 1:80 000 Kilde: Fiskeridirektoratets karttjeneste.

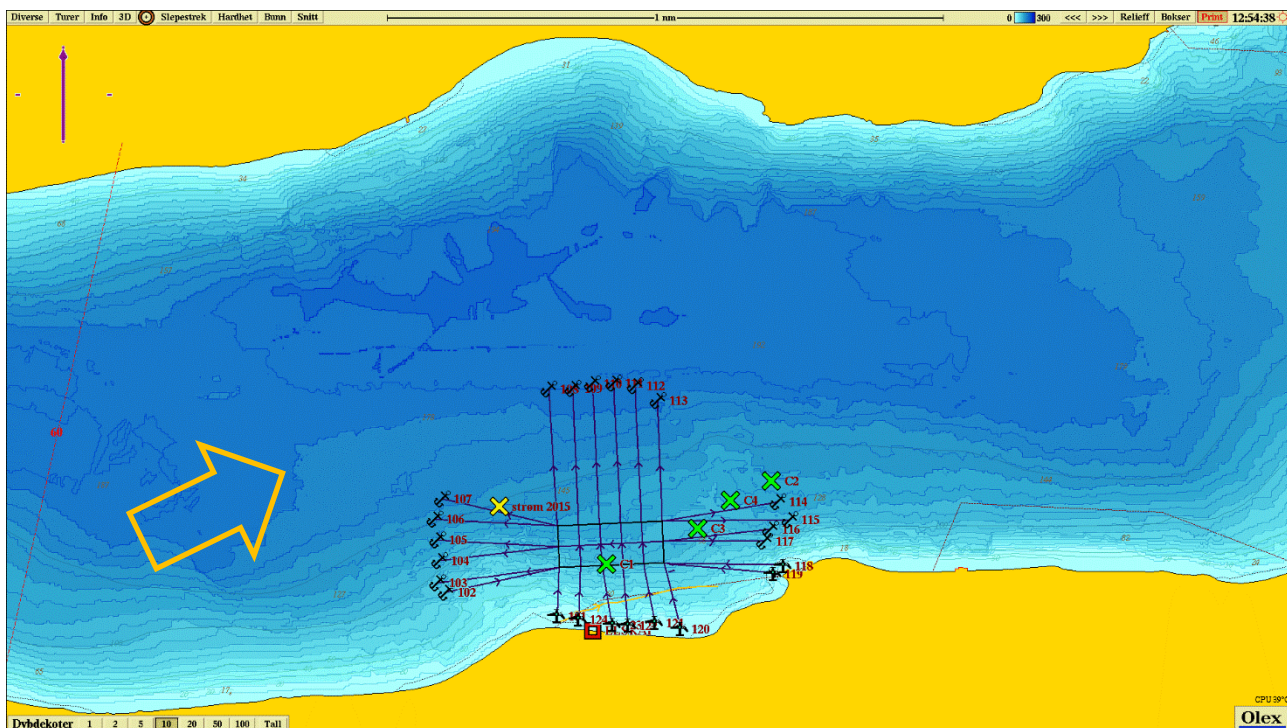
Spredningsstrømmen beveger seg mot nordøst med hyppigste strømrørninger mot 45-60, 60-75, 30-45 og 75-90 grader (Ness, 2015). Strømhastighetene er vist i **Tabell 7**, og retningen spredningsstrømmen går mot er markert i **Figur 2**.

Tabell 7: Strømmålinger ved Rendalsvik. Målingene er utført med to Nortek profilerende dopplere og to SD 6000 rotormålere (66°42.029N, 13°36.938Ø) i perioden 12.12.2014-20.01.2015 (Ness, 2015).

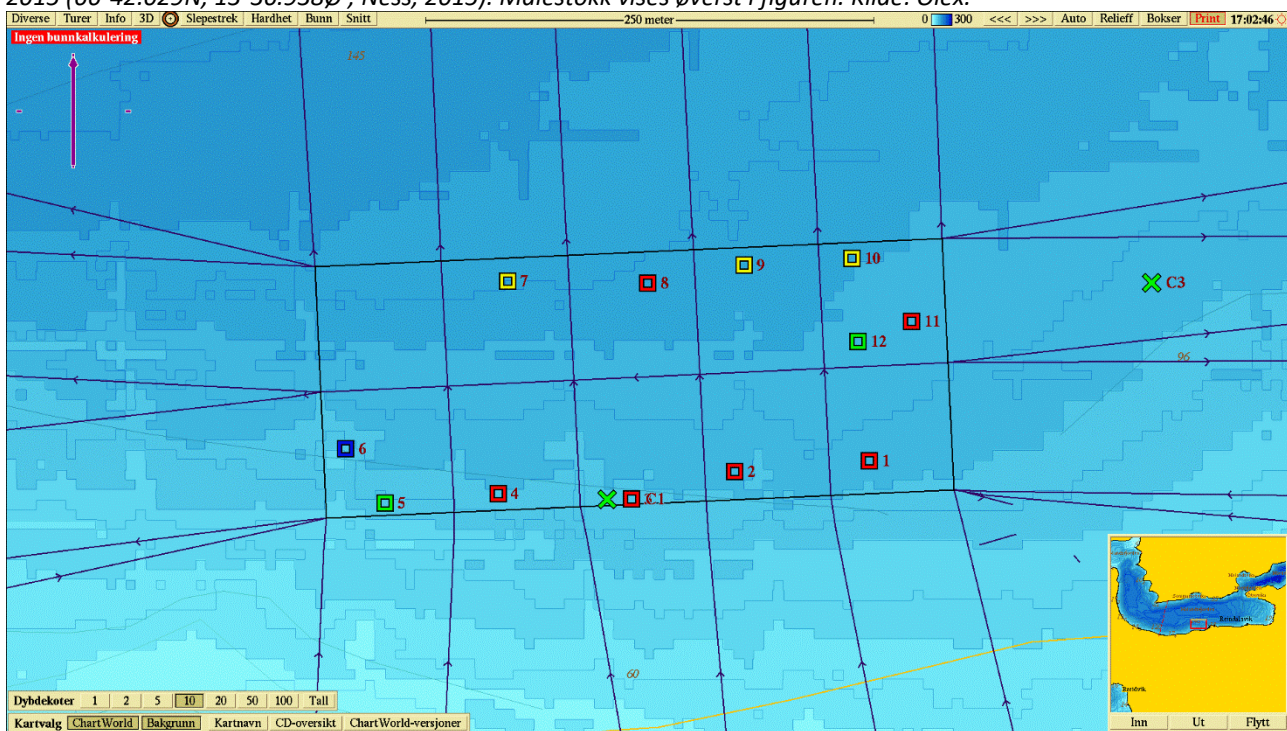
Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5	8,0	29,0	13,0	1,97
15	5,0	20,0	9,0	2,84
50	2,4	16,4	5,3	62,5
149	1,1	7,2	1,2	96,8

Stasjon C1 ble lagt der hvor forrige B-stasjon var verst, noe som viste seg å også være tilfellet da neste B-undersøkelse ble utført (Brokke, 2018) nå i august (**Figur 3**). Det er den plassen i anlegget det forventes å være mest påvirket sediment. C3 ble lagt litt nordøst, i samme retning som strømmen går, og relativt nære anlegget, 115 m unna. C4 ble lagt 240 meter unna, i strømrørning. C2 ble plassert 400 meter unna, også denne nordøst for anlegget.

Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 5**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinatene som ved denne undersøkelsen.



Figur 2: Kartet viser anleggsplasing sammen med C-stasjoner og fortøyningslinjer. Lilla pil viser orientering av kart, gul pil viser hovedstrømretning i spredningsdypet på 50 meter, og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2015 (66°42.029N, 13°36.938Ø ; Ness, 2015). Målestokk vises øverst i figuren. Kilde: Olex.



Figur 3: Sjøkart som viser anleggsplasing og fortøyningslinjer sammen med prøvestasjoner fra forrige B-forundersøkelse (Olsen, 2017) og C-undersøkelsens to innerste stasjoner (grønne kryss; C1). Målestokk vises øverst i figuren. Kilde: Olex.

1.2 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 A**.

1.2.1 Elektrokjemiske målinger

pH (syre-baselikevekter) og E_h (redokspotensial; reduksjons-oksidasjonslikevekter) ble målt i overflatesedimentet (ca. 1 cm ned) ved bruk av HQ40d multimeter og tilhørende pH- og redokselektroder (hhv. PHC101 og MTC101). Det ble også målt pH og E_{obs} i overflatevannet ved lokaliteten.

pH varierer vanligvis mellom 8,0 og 8,1 i atmosfærisk ekvibrert overflatevann, noe lavere i dypvann, og i anoksiske vannmasser og sedimenter kan pH være ned mot 7 (NS9410:2016). I atmosfærisk ekvibrert overflatevann ligger E_h på rundt 400 mV, mens anoksiske vannmasser og sedimenter vil ha E_h ned mot -200 mV. E_h (redokspotensial) bestemmes ut fra det observerte hvilepotensialet i prøven (målt verdi; E_{obs}) og standardpotensialet til referanseelektroden (E_{ref} , **Tabell 8**):

$$E_h = E_{obs} + E_{ref}$$

Tabell 8: Standardpotensiale til referanseelektrode. Tilpasset fra MTC101 brukermanual (Hach Company, 2014).

Temperatur (°C)	Standardpotensiale i mV (E_{ref})
0,0 – 4,9	224
5,0 – 9,9	221
10,0 – 14,9	217
15,0 – 19,9	214

1.2.2 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 9**.

Tabell 9: Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved salinitet over 20‰ (gjengitt etter Veileder 02:2013).

				Tilstandsklasser				
				I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Parameter	Veileder	Måleenhet						
Dypvann	Oksygen	97:03	ml O2/ 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 (C2, nordøst 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. Data presentert i figurer er hentet fra overflaten og ned til bunnen (down-cast). All rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

1.3 Undersøkelsesfrekvens

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.

Tabell10: Undersøkelsesfrekvens ved ulike tilstandsklasser for hver av stasjonsklassene. Gjengitt etter NS9410:2016.

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 A**.

2.2 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer

Ved alle stasjoner ble det målt gode pH-verdier, men observert E_h var noe lav, og negativ ved C1 og C4. **Tabell 11** viser pH, observert hvilepotensiale (målt verdi; E_{obs}) og redokspotensiale (E_h) basert på E_{obs} og E_{ref} ved alle stasjonene, og **Tabell 12** viser resultater fra elektrokjemiske målinger i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur (jamfør **Tabell 8**).

Tabell 11: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_h ved Rendalsvik. E_{obs} = observert hvilepotensial i prøven (målt verdi); E_h = redokspotensial, bestemt ut fra E_{obs} og E_{ref} ($E_h = E_{obs} + E_{ref}$).

	C1	C2	C3	C4
pH	7,61	7,78	7,70	7,39
E_{obs} (mV)	-310	13↓	7,9	-163,7
E_h ($E_{obs} + E_{ref}$)	-86	237	231,9	60,3

Tabell12: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_{obs} i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur ved Rendalsvik. E_h i sjø er ikke kalkulert.

Buffertemperatur:	6,6°C	pH sjø:	8,06
Sjøtemperatur:	5,0°C	E_{obs} sjø:	144↑
Sedimenttemperatur:	4,7°C	E_{ref} sediment:	224

Alle stasjonene var noe misfarget, med unntak av C2, og anleggssonestasjonen C1 hadde i tillegg noe lukt. Denne stasjonen hadde sediment bestående av silt, sand, stein og grus, C3 besto av silt og sand og de øvrige to stasjonene besto av leire. Geologiske analyser utført av Akvaplan-niva viste pelittandeler (kornfordeling, % < 0,063µmm) mellom 37,5 og 88,1% (se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg A**). Alle grabbene hadde fyllingsgrad > ½- full), men det ble ikke registrert overfylling ved noen av stasjonene.

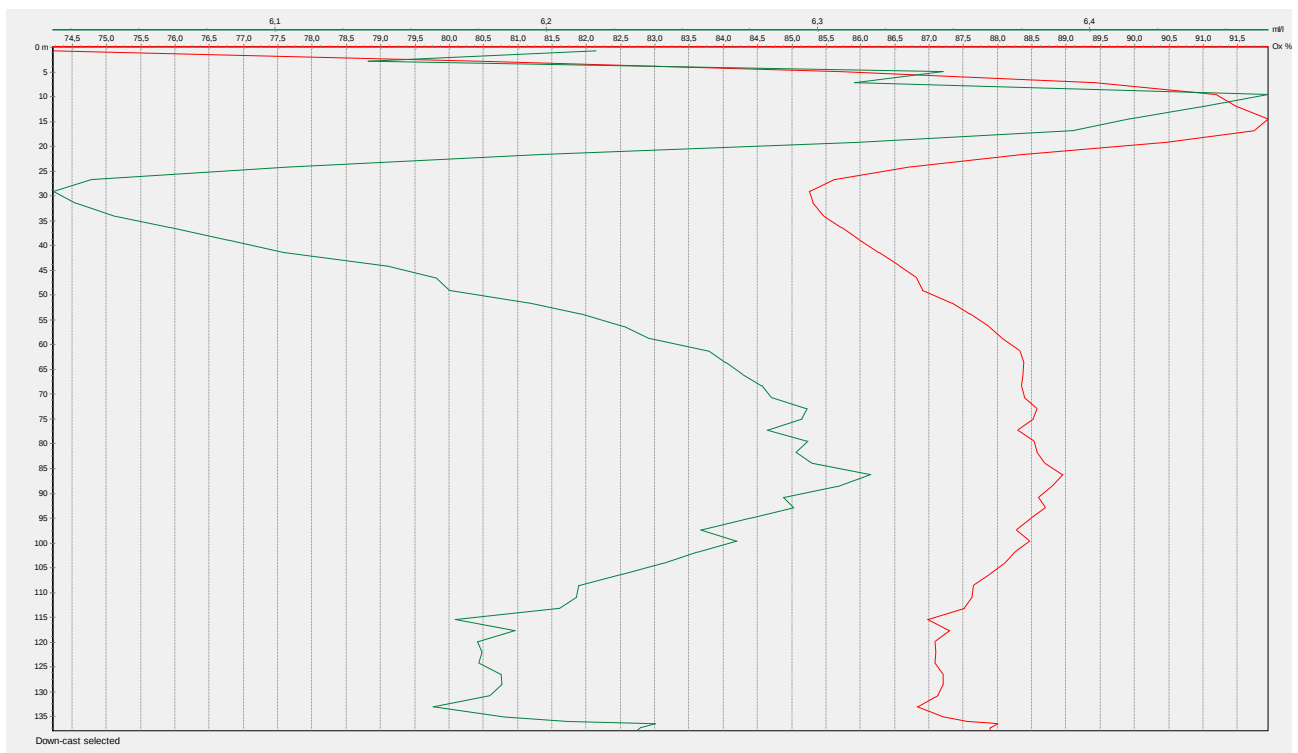
2.3 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast i dypområdet ved lokaliteten (C2; **Figur 3**). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i **Figur 4** og **5**.



Figur 4: Sjøtemperatur (°C; rød), salinitet (‰; grønn) og tetthet (-1000 kg/m^3) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 136 meters dyp ved stasjon C2 den 21.03.2018.

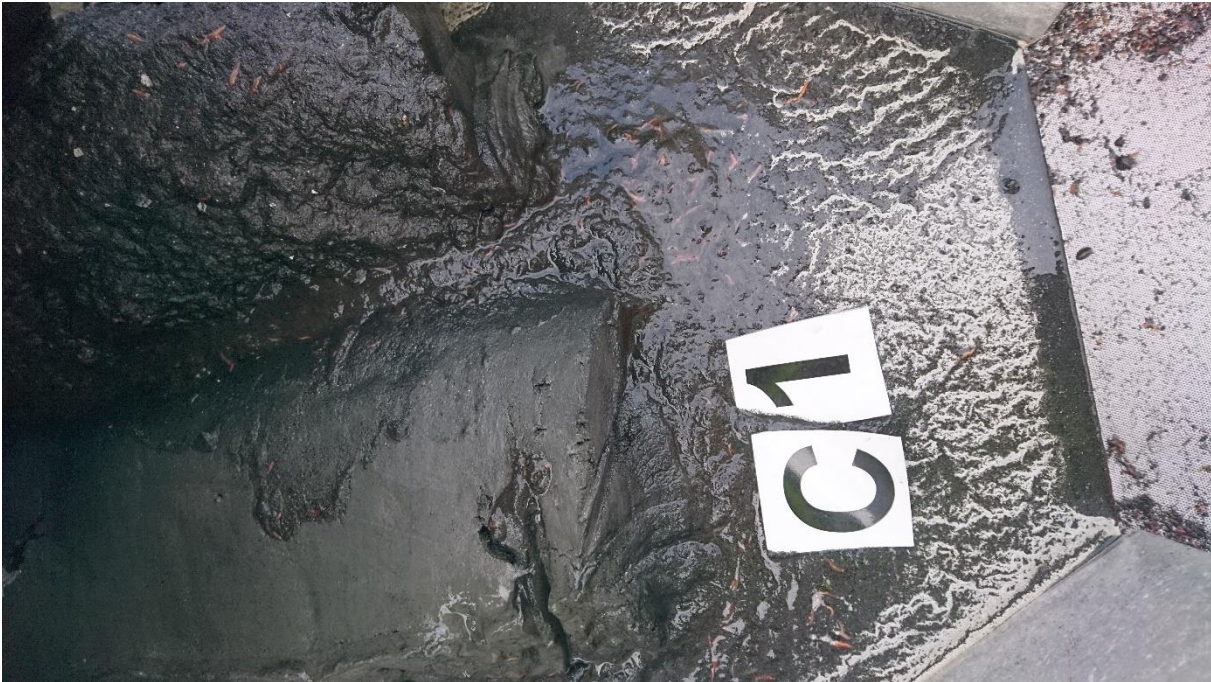
Temperaturen lå på omlag 5 grader gjennom hele vannsøyla, og saliniteten steg fra 28‰ ved overflaten til 34‰ ved bunnen (**Figur 4**).



Figur 5: Oksygenmetning (%; rød) og oksygenkonsentrasjon (mg/l; grønn) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 136 meters dyp ved stasjon C2 den 21.03.2018.

I overflatevannet lå oksygenkonsentrasjonen på 6,13 ml O₂/l (80% metning), og oksygenet sank nedover vannsøyla til rundt 138 meters dyp (**Figur 5**). Her ligger konsentrasjonen på ca. 6,23 ml O₂/l (88% metning). Dette tilsvarer tilstand I «Svært god» etter klassifiseringen for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 9**.

2.4 Bilder av sediment



Figur 6: Bilde av sedimentet ved C1. Sedimentet besto av silt, sand, stein og grus, og hadde en pelittandel på 42,9% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 7: Bilde av sedimentet ved C2. Sedimentet besto av leire, og hadde en pelittandel på 88,1% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 8: Bilde av sedimentet ved C3. Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 37,5% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur9: Bilde av sedimentet ved C4. Sedimentet besto av leire, og hadde en pelittandel på 68,4% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg A**). Foto: Aqua Kompetanse AS.

3. Oppsummering

Stasjon C1 i anlegget er kraftig påvirket i følge de fleste bioindekser. Her var det kun fem arter, men mange individ. C3 viste seg også ha relativt dårlige tilstander, selv om bioindeksene her var hakket bedre. C3 var den nærmeste stasjonen i overgangssonen. Stasjon C4, som befant seg litt lenger unna scoret rimelig likt som stasjon C2, 400 m unna anlegget. Det ble funnet en del kobber ved C1, men nivåene av n-TOC var gode ved alle stasjoner unntatt C3, der det var dårlig. C3 hadde også forhøyet forhold av karbon og nitrogen. Ph var fin ved alle fire stasjoner, Eh var lavere ved C1 og C4. C1, C3 og C4 hadde misfarget sediment, C1 hadde i tillegg noe lukt. På undersøkelsestidspunktet var det lite variasjoner i temperatur, salinitet og oksygen. Oksygennivået målt ved den dypeste stasjonen viser svært god tilstand.

Det var dårlige forhold på stasjonen i anleggssonen, men det skal sies at stasjonen er plassert på den plassen i ramma som det er forventet dårligst forhold. Det har ikke tidligere vært utført C-undersøkelse ved Rendalsvik, men det har vært en del B-undersøkelser, som viser belastning både ved produksjon og brakklegging. Lokaliteten lå brakk mellom 2010 og 2016. Anleggssonestasjon C1 får miljøtilstand 3, da det kun ble funnet 5 arter på denne stasjonen, og der én art dominerte tydelig. Denne arten er opportunistisk. C3 er også påvirket, noe som viser at det er påvirkning 100 m utenfor anlegget. 200 m utenfor anlegget i strømreretning er det gode forhold.

Den ytre sonen ved Rendalsvik er klassifisert til å være god, mens overgangssonen samlet er moderat påvirket, og undersøkelsesfrekvensen videre skal derfor være mellom hver annen produksjonssyklus (jamfør **Tabell 10**).

4. Referanser

Brokke, K.E. (2018) B-undersøkelse ved Rendalsvik i Meløy kommune, august 2018. Rapportnummer 201-8-18B levert av Aqua Kompetanse AS.

Hach Company (2014) User Manual gel filled ORP/Redox Probe: Model MTC10101, MTC10103, MTC10105, MTC10110, MTC10115 or MTC10130. doc022.53.80033. Edition 4.

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

Ness, J. P. (2015) Strømundersøkelse. Rendalsvik i Meløy kommune. Januar 2015. Rapport levert av Helgeland Havbruksstasjon AS.

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.

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.

Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport

Aqua Kompetanse AS
ASC-C undersøkelse Rendalsvik, 2018.
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. ASC-C undersøkelse Rendalsvik, 2018. Bløtbunn.

Forfatter(e) / Author(s)

Hans-Petter Mannvik

Akvaplan-niva rapport nr / report no

60245.01

Dato / Date

14.08.2018

Antall sider / No. of pages

12 + 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 ASC-C undersøkelse ved lokaliteten Rendalsvik. 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 black ink.

Roger Velvin

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Roger Velvin in black ink.

Roger Velvin

© 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.....	4
1.2.1 Total organisk materiale (TOM).....	4
1.2.2 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	4
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	5
2 RESULTATER.....	6
2.1 Geokjemiske analyser.....	6
2.1.1 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling	6
2.1.2 Kobber i sedimentene	6
2.2 Bunndyr	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	11
3.1 Sammenfatning og konklusjon	11
3.1.1 Sammenfatning	11
3.1.2 Konklusjon	11
4 REFERANSER.....	12
5 VEDLEGG	13
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	13
Vedlegg 2. Analysebeviser	28

Forord

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

Følgende personer har deltatt:

Roger Velvin	Akvaplan-niva	Prosjektleder (Akvaplan-niva). Identifisering bunndyr (Varia). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). 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).
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 ALS Laboratory Group (Tjekkia) som underleverandør.

 NORSK AKKREDITERING TEST 079	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. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)	ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.

Tromsø, 14.08.2018



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 Rendalsvik, 2018. TOM = total organisk materiale. TOC = total organisk karbon, Cu = kobber. TN = total nitrogen, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1/ASC1 (anleggssone, ASC innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
C2 (overgangssone ytre)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C3/ASC3 (overgangssone)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
C4/ASC4 (overgangssone)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
ASC2 (innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
ASCref1 (referansestasjon)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
ASCref2 (referansestasjon)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.

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. *KvalitetsMåndbok 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 Rendalsvik er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Rendalsvik 2018.

Stasjon	Dyp, m	Posisjon
C1/ASC1	97	N 66°41,925 – Ø 13°37,426
C2	136	N 66°42,074 – Ø 13°18,176
C3/ASC3	106	N 66°41,990 – Ø 13°37,840
C4/ASC4	122	N 66°42,039 – Ø 13°37,991
ASC2	130	N 66°42,005 – Ø 13°37,473
ASCref1	136	N 66°41,950 – Ø 13°36,533
ASCref2	136	N 66°41,859 – Ø 13°35,858

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. Reproduserbarheten 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 tørrvektsbasis.

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 Bunndyr

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 bunnlevende 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 arts mangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke arts mangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert arts mangfold. Endringer i arts mangfold 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 arts nivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative arts listene 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 samfunnenes 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 arts mangfold og ømfintlighet ($NQI1$)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i $NQI1$ ($AMBI$)
- Normalisert EQR ($nEQR$)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske arts klasser
- 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. 8.7 i NS 9410:2016. Stasjonene C1, C2 og ref.stasjoner 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 1,8 og 3,7 %. TN-nivåene var også lave (1,2 – 2,3 mg/g). TOC-nivået var forhøyet i sediment fra C3/ASC3 (tilstandsklasse IV) og generelt lave på de øvrige stasjonene (tilstandsklasse I og II). C/N-forholdet var høyt på C3/ASC3 (24,1) og forholdsvis lavt på de andre stasjonene (6,5 – 11,3). Sedimentene var moderat grov- til finkornet med pelittandeler mellom 37,5 og 88,1 %.

Tabell 3. Sedimentanalyser, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N og kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm). Rendalsvik, 2018.

St.	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt
C1/ASC1	2,0	14,9	25,1	II	1,7	8,7	42,9
C2	3,5	17,6	19,8	I	1,9	9,5	88,1
C3/ASC3	1,8	29,6	40,8	IV	1,2	24,1	37,5
C4/ASC4	2,0	18,9	24,6	II	1,7	11,3	68,4
ASC2	3,0	14,9	24,7	II	2,3	6,5	45,9
ASCref1	3,2	12,4	14,7	I	1,6	7,6	87,4
ASCref2	3,7	13,7	17,1	I	2,1	6,7	81,0

* 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 sedimentene

Nivåene av kobber er presentert i Tabell 4. Kobbernivåene var forhøyet i alle undersøkte sedimenter (klasse II/III).

Tabell 4. Sedimentanalyser. Kobber (Cu), i mg/kg TS, Rendalsvik 2018.

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu
C1/ASC1	21,3	II/III
C2	ia	-
C3/ASC3	62,2	II/III
C4/ASC4	47,1	II/III
ASC2	44,2	II/III
ASCref1	24,4	II/III
ASCref2	23,7	II/III

ia = ikke analysert

2.2 Bunndyr

2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser

2.2.1.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

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

Antall individer varierte fra 630 (ASC2) til 4628 (C3/ASC3) og antall arter fra 5 (C1/ASC1 og ASC2) til 92 (C4/ASC4). På C1/ASC1 viste de fleste indeksene, inklusiv samlet indeks nEQR, økologisk tilstandsklasse V "Svært dårlig". På C3/ASC3 og ASC2 viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse IV "Dårlig, mens de på de fire andre stasjonene viste klasse II "God".

En samlet klassifisering for stasjonene C3 og C4 i overgangssonen ga tilstandsklasse III.

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 meget ujevn på C1/ASC1 og ASC2 med indeks hhv. 0,04 og 0,08 og også ujevn på C3/ASC3 med verdi 0,34. På de øvrige stasjonene var fordelingen noe jevnere med indekser mellom 0,67 og 0,73.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Rendalsvik 2018. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individer	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1/ASC1	1538	5	0,06	1,5	0,285	5,75	14,1	0,196	0,84	4,50	0,04
C2	1105	63	4,06	24,7	0,676	8,68	19,6	0,671	0,69	2,96	0,72
C3/ASC3	4628	38	1,60	8,1	0,414	6,38	10,7	0,326	1,31	5,40	0,34
C4/ASC4	2578	92	4,52	28,5	0,681	8,97	19,8	0,698	1,06	3,13	0,73
ASC2	630	5	0,15	2,1	0,292	6,76	14,1	0,231	0,42	4,45	0,08
ASCref1	902	60	3,69	23,1	0,688	9,603	19,95	0,682	0,60	2,74	0,68
ASCref2	915	50	3,53	20,4	0,695	9,82	20,1	0,677	0,61	2,45	0,67

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

C3, C4	-	-	3,06	18,3	0,547	7,67	15,3	0,512	1,18	4,27	0,53
--------	---	---	------	------	-------	------	------	-------	------	------	------

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

2.2.1.2 ASC vurdering av bunndyrssamfunnet på C1 innenfor AZE

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnet på stasjonen innenfor AZE (C1/ASC1 og ASC2) oppfylte følgende krav fra ASC-standarden:

"2 highly abundant* taxa that are not pollution indicator species"

*Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)

I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i økologiske grupper basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 6.

Det ble kun registrert en art med mer enn 100 individ/m² på de to stasjonene, nemlig børstemarken *Ophryotrocha lobifera* som er en opportunistisk art. Følgelig ble ikke ASC kravet innfridd.

Tabell 6. Taksa med flere enn 100 individer per m² på stasjon C1/ASC1 og ASC2 innenfor AZE, Rendalsvik 2018.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C1/ASC1	<i>Ophryotrocha lobifera</i>	1528	7640	IV
ASC2	<i>Ophryotrocha lobifera</i>	621	3105	IV

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

2.2.1.1 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på stasjonen i anleggssonen (C1).

I følge NS 9410:2016 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet. Tabell 7 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på stasjon C1. Data for antall arter og dominerende taksa er hentet fra Tabell 5 og Tabell 8.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 3 "Dårlig". Kriteriet for miljøtilstand 2 er tilstedeværelse 5 - 19 arter, hvorav ingen utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet. Den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha lobifera* utgjorde 99 % av individmengden, og bløtbunnsamfunnet ned-klassifiseres til tilstand 3.

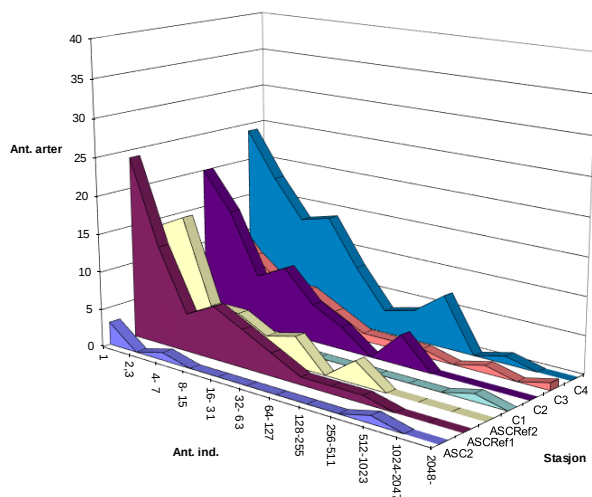
Tabell 7. NS 9410:2016 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet i anleggssonen C1, Rendalsvik, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand - NS 9410
C1	Rendalsvik	5	Ophryotrocha lobifera – 99 %	3 - Dårlig

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/ASC1 og ASC2 hadde utpreget lave startpunkt og strakk seg langt ut mot høyere klasser og indikerte faunaforstyrrelse. Kurvene for de andre stasjonene startet høyere og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser. For stasjon C3/ASC3 kan det indikere faunaforstyrrelse, mens det for de andre stasjonene ikke ga klare indikasjoner om fauna-tilstanden.



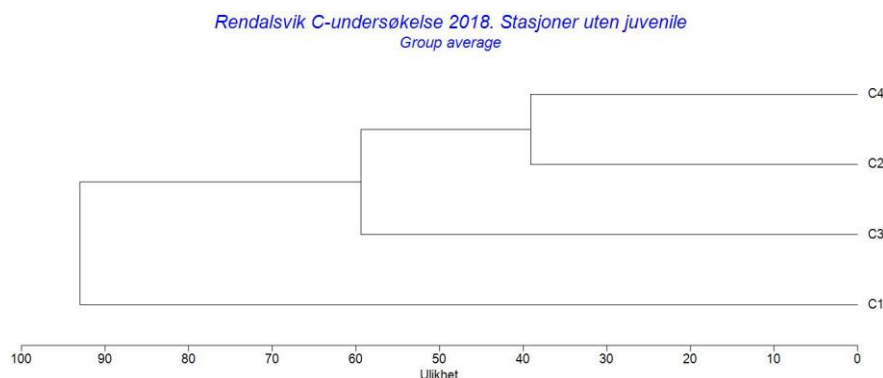
Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Rendalsvik, 2018 (pr. 0,2 m²).

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 og C4 var mer enn 61 % lik hverandre i faunasammensetning. C3 var 40 % lik disse, mens C1 bare var 7 % lik de øvrige stasjonene.



Figur 2. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Rendalsvik, 2018.

2.2.1.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp-ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 8. 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/ASC1 og ASC2 dominerte den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha lobifera* med 99 % av individene på begge stasjonene. Forurensningsindikatoren *Capitella capitata* var også tilstede på de to stasjonene, men med få individ.

På C2 dominerte den tolerante børstemarken *Galathowenia oculata* med 17 % av individene. De andre dominante artene på denne stasjonen, med kjent EG, var tolerante og opportunistiske arter.

På C3/ASC3 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med 67 % av individene. De andre dominante artene på denne stasjonen, med kjent EG, var tolerante og opportunistiske arter.

På C4/ASC4 dominerte den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* med 21 % av individene. De andre dominante artene på denne stasjonen var nøytrale, tolerante og opportunistiske arter.

På ASCref1 og ASCref2 dominerte den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* med hhv. 29 og 21 % av individene. De andre dominante artene på denne stasjonen, med kjent EG, var hovedsakelig tolerante og opportunistiske arter, men også sensitive arter ble registrert blant topp-10 her.

Tabell 8. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Rendalsvik, 2018.

C1/ASC1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
Ophryotrocha lobifera	1528	99 %	IV	Galathowenia oculata	186	17 %	III
Capitella capitata	7	100 %	V	Heteromastus filiformis	172	32 %	IV
Mytilus edulis	1	100 %	IV	Maldane sarsi	149	46 %	IV
Neoamphitrite sp.	1	100 %	Ik	Pseudopolydora paucibranchiata	128	57 %	IV
Thyasira sarsii	1	100 %	IV	Prionospio cirrifera	63	63 %	III
				Lumbrineris mixochaeta	57	68 %	IV
				Chaetozone sp.	50	73 %	III
				Thyasira equalis	23	75 %	III
				Mendicula sp.	22	77 %	Ik
				Yoldiella solidula	22	79 %	Ik
C3/ASC3	Ant.	Kum.	EG	C4/ASC4	Ant.	Kum.	EG
Capitella capitata	3122	67 %	V	Heteromastus filiformis	539	21 %	IV
Heteromastus filiformis	989	89 %	IV	Prionospio cirrifera	221	29 %	III
Chaetozone setosa	152	92 %	IV	Galathowenia oculata	168	36 %	III
Galathowenia oculata	125	95 %	III	Owenia sp.	165	42 %	II
Ophryotrocha lobifera	57	96 %	IV	Chaetozone sp.	161	48 %	III
Abra nitida	29	97 %	III	Pseudopolydora paucibranchiata	141	54 %	IV
Paramphinoe jeffreysii	21	97 %	III	Chaetozone setosa	129	59 %	IV
Leitoscoloplos mammosus	20	98 %	Ik	Euchone papillosa	128	64 %	III
Macoma calcarea	14	98 %	IV	Maldane sarsi	103	68 %	IV
Spio limicola	14	98 %	Ik	Lumbrineris mixochaeta	79	71 %	IV
ASC2	Ant.	Kum.	EG	ASCref1	Ant.	Kum.	EG
Ophryotrocha lobifera	621	99 %	IV	Pseudopolydora paucibranchiata	265	29 %	IV
Spirobranchus triqueter	6	100 %	Ik	Galathowenia oculata	174	49 %	III
Capitella capitata	1	100 %	V	Maldane sarsi	88	58 %	IV
Euchone papillosa	1	100 %	III	Mendicula sp.	39	63 %	Ik
Mendicula sp.	1	100 %	Ik	Euchone papillosa	37	67 %	III
				Lumbrineris mixochaeta	32	70 %	IV
				Chone sp.	30	74 %	I
				Yoldiella solidula	26	76 %	Ik
				Heteromastus filiformis	23	79 %	IV
				Terebellides sp.	22	81 %	Ik
ASCref2	Ant.	Kum.	EG				
Pseudopolydora paucibranchiata	194	21 %	IV				
Maldane sarsi	193	42 %	IV				
Galathowenia oculata	191	62 %	III				
Mendicula sp.	40	67 %	Ik				
Heteromastus filiformis	36	71 %	IV				
Terebellides sp.	35	74 %	Ik				
Lumbrineris mixochaeta	33	78 %	IV				
Batharca pectunculoides	26	81 %	I				
Sipunculida indet.	20	83 %	II				
Yoldiella solidula	18	85 %	Ik				

*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 og konklusjon

3.1.1 Sammenfatning

Resultatene fra bløtbunnundersøkelsen ved lokaliteten Rendalsvik i 2018 kan sammenholdes som følger:

- TOM- og TN-nivåene var lave. C/N-forholdet var høyt på C3/ASC3 (24,1) og forholdsvis lavt på de andre stasjonene. TOC-nivået var forhøyet i sediment fra C3/ASC3 (tilstandsklasse IV) og generelt lave på de øvrige stasjonene (tilstandsklasse I og II). Kobbernivåene var forhøyet i alle undersøkte sedimenter (klasse II/III). Sedimentene var moderat grov- til finkornet.
- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse V "Svært dårlig" for bløtbunnsamfunnet på C1/ASC1 og IV "Dårlig" for C3/ASC3 og ASC2. Bløtbunnsamfunnene for de andre stasjonene lå i klasse II "God". En samlet klassifisering av stasjonene i overgangssonen ga klasse III. En 9410:2016 vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 ga miljøtilstand 3 "Dårlig". ASC kravet om to eller flere ikke-indikatorarter med mer enn 100 individer per m² innenfor AZE ble ikke innfridd.

3.1.2 Konklusjon

Det ble påvist belastningseffekter i sediment og bløtbunnsamfunn C3/ASC3. TOC lå i klasse IV og bløtbunnsamfunnet var forstyrret (økologisk tilstandsklasse IV). For C1/ASC1 og ASC2 var TOC-nivået lavt (klasse II), men faunaen var tydelig forstyrret og hhv. i klasse V og IV. For de fire andre stasjonene var TOC lavt (klasse I og II) og faunaen uforstyrret (klasse II). Imidlertid var faunaen dominert av tolerante og opportunistiske arter på disse stasjonene. En 9410:2016 vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 ga miljøtilstand 3 "Dårlig". ASC kravet om to eller flere ikke-indikatorarter med mer enn 100 individer per m² innenfor AZE ble ikke innfridd. Kobbernivået var forhøyet i sedimentene og i klasse II/III på de stasjonene der Cu ble analysert.

Ettersom den samlede klassifiseringen av stasjonene i overgangssonen (C3 og C4) ga tilstandsklasse III, skal C-undersøkelse på lokaliteten utføres ved hver annen produksjonssyklus (jfr. kapt. 8.7 i NS 9410:2016).

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-topp, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensing 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/forurensing. 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 kvadratrot-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". Forholdsvise 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 Marine 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 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:

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

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

Normalisert EQR (nEQR)

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

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

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 firedeler opp i tilstand God (God = 0,6 – 0,8). nEQR muliggjør en harmonisert sammenligning av forskjellige 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 Rendalsvik, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	ASC2	ASCRef1	ASCRef2	C1	C2	C3	C4
no. ind.	12296	630	902	915	1538	1105	4628	2578
no. spe.	141	5	60	50	5	63	38	92

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.		ASC2_01	ASC2_02	ASCRef1_01	ASCRef1_02	ASCRef2_01	ASCRef2_02	C1_01	C1_02
no. ind.		204	426	425	477	449	466	748	790
no. spe.		4	2	43	45	39	39	3	3
Shannon-Wiener:		0,3	0,0	3,7	3,7	3,5	3,6	0,1	0,0
Pielou		0,14	0,02	0,69	0,67	0,65	0,68	0,06	0,02
ES100		3	1	22	24	20	21	2	1
SN		0,83	0,38	2,09	2,09	2,02	2,02	0,58	0,58
ISI-2012		8,97	4,54	10,02	9,19	10,05	9,59	4,41	7,10
AMBI		4,397	4,504	2,55	2,921	2,585	2,312	4,512	4,492
NQI1		0,34	0,25	0,70	0,67	0,69	0,70	0,28	0,29
NSI		14,1	14,1	19,7	20,2	20,3	20,0	14,1	14,1
DI		0,260	0,579	0,578	0,629	0,602	0,618	0,824	0,848

st.nr.		C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02
no. ind.		587	518	1857	2771	1464	1114
no. spe.		50	48	23	33	73	77
Shannon-Wiener:		4,0	4,2	1,7	1,5	4,5	4,6
Pielou		0,70	0,74	0,38	0,29	0,72	0,73
ES100		24	26	8	8	28	29
SN		2,11	2,11	1,55	1,69	2,16	2,23
ISI-2012		8,67	8,68	5,91	6,86	9,08	8,85
AMBI		3,119	2,794	5,329	5,478	3,051	3,209
NQI1		0,67	0,69	0,41	0,42	0,68	0,68
NSI		19,5	19,8	11,0	10,3	20,1	19,6
DI		0,719	0,664	1,219	1,393	1,116	0,997

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		ASC2	ASCRef1	ASCRef2	C1	C2	C3	C4
Shannon-Wiener:		0,15	3,69	3,53	0,06	4,06	1,60	4,52
Pielou		0,08	0,68	0,67	0,04	0,72	0,34	0,73
ES100		2,1	23,1	20,4	1,5	24,7	8,1	28,5
SN		0,61	2,09	2,02	0,58	2,11	1,62	2,19
ISI-2012		6,76	9,60	9,82	5,75	8,68	6,38	8,97
AMBI		4,451	2,736	2,449	4,502	2,957	5,404	3,130
NQI1		0,29	0,69	0,70	0,29	0,68	0,41	0,68
NSI		14,11	19,95	20,13	14,09	19,64	10,67	19,85
DI		0,42	0,60	0,61	0,84	0,69	1,31	1,06
Tilstandsklasse nEQR *)		0,231	0,682	0,677	0,196	0,671	0,326	0,698

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

EQR verdi = 0,999 er brukt når fauna indeks verdien er større enn maks indeks verdi i EQR formel.

Geometriske klasser

int.	ASC2	ASCRef1	ASCRef2	C1	C2	C3	C4
1	3	24	14	3	20	12	24
2,3	0	13	16	0	15	8	18
4- 7	1	5	5	1	7	5	13
8- 15	0	7	5	0	9	5	14
16- 31	0	5	3	0	5	3	8
32- 63	0	3	4	0	3	1	3
64-127	0	1	0	0	0	1	4
128-255	0	1	3	0	4	1	7
256-511	0	1	0	0	0	0	0
512-1023	1	0	0	0	0	1	1
1024-2047	0	0	0	1	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0	1	0

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: ASC2						
ANNELIDA						
	Polychaeta	Capitellida	Capitella capitata		1	1
		Eunicida	Ophryotrocha lobifera	196	425	621
		Sabellida	Euchone papillosa	1		1
			Spirobranchus triqueter	6		6
CRUSTACEA						
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.	1	3	4
MOLLUSCA						
	Bivalvia	Veneroida	Mendicula sp.	1		1
Maks:				196	425	621
Antall:				5	3	6
Sum:						634
Stasjonsnr.: ASCRef1						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
CNIDARIA						
	Hydrozoa		Hydrozoa indet.		-1	-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4	2	6
NEMATODA						
			Nematoda indet.		2	2
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus	1	1	2
ANNELIDA						
	Polychaeta	Orbiniida	Leitoscoloplos mammosus	1		1
			Levinsenia gracilis	2	10	12
		Spionida	Pseudopolydora paucibranchiata	96	169	265
			Chaetozone sp.	1	1	2
		Capitellida	Heteromastus filiformis	10	13	23
			Mediomastus fragilis		3	3
			Chirimia biceps	3	3	6
			Maldane sarsi	68	20	88
			Praxillella gracilis	3	6	9
		Opheliida	Ophelina sp.		1	1
		Phyllodocida	Polynoidae indet.	1		1
			Exogone verugera		1	1
			Ceratocephale loveni	5	7	12
			Nephtys ciliata	4	5	9
		Eunicida	Nothria hyperborea		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Lumbrineris mixochaeta	14	18	32
			Ophryotrocha lobifera	1		1
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	88	86	174
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus		2	2
		Terebellida				
			Ampharete octocirrata	2	3	5
			Amphicteis gunneri	1	1	2
			Eclysippe vanelli		1	1
			Glyphanostomum pallescens	12	6	18
			Samythella elongata	1		1
			Laphania boeckii	1		1
			Terebellides sp.	17	5	22
		Sabellida				
			Chone sp.	8	22	30
			Euchone papillosa	20	17	37
			Euchone sp.		2	2
			Jasmineira candela	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		2	2
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.		3	3
			Campylaspis costata	1		1
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.	1	2	3
			Eriopisa elongata	2	2	4
			Arrhis phyllonyx	1		1
			Oedicerotidae indet.		1	1
			Paraphoxus oculatus	1		1
			Gammaridea indet.		1	1
		Isopoda				
			Asellota indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	1	1	2
	Prosobranchia					
		Neogastropoda				
			Oenopota tenuicostata	1		1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana globosa	1		1
			Philina sp.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis		2	2
			Yoldiella lucida	3	5	8
			Yoldiella solidula	9	17	26
		Mytiloida				
			Crenella decussata	1		1
			Mytilus edulis	1		1
		Arcoidea				
			Bathyarca pectunculoides	4	6	10
		Ostreoidea				
			Delectopecten vitreus		1	1
			Pseudamussium peslutrae		1	1
		Veneroida				
			Mendicula sp.	22	17	39
			Thyasira equalis	3	1	4
			Thyasira sarsii		2	2
			Astarte montagui		1	1
			Parvicardium minimum		2	2
			Abra nitida	6	4	10
			Kelliella miliaris		2	2
ECHINODERMATA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Ophiuroidea				
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
			Maks:	96	169	265
			Antall:	45	50	65
			Sum:			905
Stasjonsnr.:	ASCRef2					
	FORAMINIFERA					
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
PORIFERA						
			Porifera indet.		-1	-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	1	2	3
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus	1	2	3
			Sipunculida indet.	7	13	20
			Sipunculida indet. juv.		3	3
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	3	7	10
		Spionida				
			Prionospio cirrifera		5	5
			Pseudopolydora paucibranchiata	120	74	194
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	16	20	36
			Mediomastus fragilis	1		1
			Chirimia biceps	9	4	13
			Maldane sarsi	79	114	193
			Praxillella gracilis		2	2
			Maldanidae indet.	1	1	2
		Phyllodocida				
			Paranaitis katoi		1	1
			Ceratocephale loveni	4	4	8
			Nephtys ciliata	2	3	5
		Eunicida				
			Nothria hyperborea		3	3
			Lumbrineris mixochaeta	10	23	33
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	95	96	191
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus		1	1
		Terebellida				
			Glyphanostomum pallescens	1	1	2
			Melinna cristata	1	1	2
			Melinna elisabethae	1		1
			Sosane wireni	2	1	3
			Ampharetidae indet.		1	1
			Lanassa venusta	1	1	2
			Laphania boeckii	1	1	2
			Proclea graffii	2		2
			Terebellides sp.	18	17	35
		Sabellida				
			Chone sp.	2	2	4
			Euchone elegans	2		2
			Euchone papillosa	2	7	9
CRUSTACEA						

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.	1		1
	Malacostraca	Cumacea	Campylaspis costata	1		1
			Campylaspis sp.	1		1
		Amphipoda	Atylus sp.		1	1
			Eriopisa elongata		1	1
		Isopoda	Gnathia sp.	2		2
MOLLUSCA	Caudofoveata		Caudofoveata indet.	1		1
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Philine sp.		2	2
	Bivalvia	Nuculoida	Nuculana pernula		1	1
			Yoldiella lucida	7	8	15
			Yoldiella solidula	8	10	18
		Arcoidea	Bathyarca pectunculoides	16	10	26
		Ostreoidea	Heteranomia squamula		1	1
		Veneroida	Mendicula ferruginosa	1		1
			Mendicula sp.	21	19	40
			Astarte sp. juv.		1	1
			Astarte sulcata	1		1
			Parvicardium minimum	3	1	4
			Abra nitida	2	4	6
			Kelliella miliaris	1	1	2
		Pholadomyoida	Cuspidaria parva	2		2
BRYOZOA			Bryozoa indet.		-1	-1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.	2	5	7
Maks:				120	114	194
Antall:				42	45	57
Sum:						923

Stasjonsnr.: C1

NEMATODA

			Nematoda indet.		1	1
ANNELIDA	Polychaeta	Capitellida	Capitella capitata	7		7
		Eunicida	Ophryotrocha lobifera	740	788	1528
		Terebellida	Neoamphitrite sp.		1	1
CRUSTACEA	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.		1	1
MOLLUSCA	Bivalvia	Mytiloida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Veneroida	Mytilus edulis		1	1
			Thyasira sarsii	1		1
			Maks:	740	788	1528
			Antall:	3	5	7
			Sum:			1540

Stasjonsnr.: C2

FORAMINIFERA

PORIFERA		Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMERTINI		Porifera indet.		-1	-1
ANNELIDA		Nemertea indet.	6	2	8
	Polychaeta				
	Orbiniida				
		Leitoscoloplos mammosus	1		1
		Levinsonia gracilis	3	3	6
		Aricidea quadrilobata	3	8	11
		Paradoneis eliasoni		1	1
	Spionida				
		Prionospio cirrifera	24	39	63
		Pseudopolydora paucibranchiata	89	39	128
		Spiophanes kroyeri	1	1	2
		Aphelochaeta sp.	1		1
		Chaetozone setosa	6	9	15
		Chaetozone sp.	35	15	50
	Capitellida				
		Heteromastus filiformis	106	66	172
		Notomastus latericeus	1		1
		Nicomache lumbricalis		1	1
		Maldane sarsi	78	71	149
		Maldanidae indet.	1	7	8
	Opheliida				
		Ophelina sp.		1	1
		Scalibregma inflatum	1		1
	Phyllodocida				
		Eteone flava/longa	2		2
		Phyllodoce groenlandica		1	1
		Pholoe assimilis	2		2
		Neogyptis rosea	1		1
		Nereimyra punctata		1	1
		Exogone verugera	1	1	2
		Ceratocephale loveni	8	8	16
		Nephtys ciliata	2	5	7
	Amphinomida				
		Paramphinoe jeffreysii	2		2
	Eunicida				
		Lumbrineris mixochaeta	24	33	57
	Oweniida				
		Galathowenia oculata	85	101	186
		Myriochele olgae		6	6
	Flabelligerida				
		Diplocirrus glaucus	2	5	7
	Terebellida				
		Ampharete octocirrata	1	1	2
		Ampharete sp.	2	1	3
		Glyphanostomum pallescens	9	4	13
		Melinna cristata		1	1
		Melinna elisabethae	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Laphania boeckii	1	2	3
			Phisidia aurea		1	1
			Proclea graffii	2	2	4
			Terebellides sp.	8	7	15
		Sabellida	Chone sp.	6	6	12
			Euchone papillosa	8	4	12
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	3		3
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Campylaspis sp.		1	1
			Diastylis rathkei	1		1
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.	1		1
			Oedicerotidae indet.	5		5
			Paraphoxus oculatus	1	2	3
		Decapoda				
			Munida sp.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	2	1	3
	Prosobranchia					
		Neogastropoda				
			Oenopota tenuicostata		2	2
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichna alba	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	2		2
			Yoldiella lenticula		1	1
			Yoldiella lucida	2	4	6
			Yoldiella solidula	8	14	22
		Arcoidea				
			Bathyarca pectunculoides	2		2
		Veneroidea				
			Mendicula sp.	12	10	22
			Thyasira equalis	14	9	23
			Thyasira sarsii	2	7	9
			Thyasiridae indet.		1	1
			Parvicardium minimum	1	2	3
			Abra nitida	9	9	18
			Kelliella miliaris	1	1	2
			Maks:	106	101	186
			Antall:	52	50	66
			Sum:			1105

Stasjonsnr.: C3

FORAMINIFERA

PORIFERA		Foraminifera indet.		-1	-1
NEMERTINI		Porifera indet.		-1	-1
SIPUNCULIDA		Nemertea indet.	1	1	2
ANNELIDA		Phascolion strombus		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Polychaeta					
		Orbiniida	Leitoscoloplos mammosus	14	6	20
		Cossurida	Cossura longocirrata		1	1
		Spionida	Dipolydora sp.		8	8
			Laonice cirrata		1	1
			Prionospio cirrifera		4	4
			Pseudopolydora paucibranchiata	1		1
			Spio limicola	7	7	14
			Aphelocheata sp.		1	1
			Chaetozone setosa	94	58	152
			Chaetozone sp.		1	1
		Capitellida	Capitella capitata	117	194	3122
			Heteromastus filiformis	412	577	989
			Praxillella gracilis	3	4	7
		Opheliida	Scalibregma inflatum	4	2	6
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	3	1	4
			Pholoe assimilis	3		3
			Exogone verugera		4	4
			Syllis cornuta		1	1
			Glycera alba		1	1
			Goniada maculata	2	1	3
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	6	15	21
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta		2	2
			Ophryotrocha sp.	4	4	8
			Ophryotrocha lobifera	23	34	57
		Oweniida	Galathowenia oculata	73	52	125
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	2		2
		Terebellida	Lagis koreni	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata		Caudofoveata indet.	1	2	3
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda	Euspira pallida		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida	Ennucula tenuis		2	2
		Veneroida	Mendicula sp.		1	1
			Thyasira flexuosa		1	1
			Thyasira sarsii	5	7	12
			Thyasiridae indet.	3		3
			Macoma calcarea	8	6	14
			Abra nitida	13	16	29
			Maks:	1174	1948	3122
			Antall:	24	35	41
			Sum:			4627

Stasjonsnr.: C4
FORAMINIFERA

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMATODA			Nemertea indet.	5	4	9
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	3	1	4
ANNELIDA			Phascolion strombus	13	8	21
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Leitoscoloplos mammosus	6	17	23
			Levinsonia gracilis	35	5	40
			Aricidea quadrilobata	11	5	16
			Paradoneis eliasoni	1		1
			Paradoneis lyra		3	3
			Paraonidae indet.	1	1	2
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	7		7
		Spionida				
			Dipolydora sp.	2	3	5
			Prionospio cirrifera	113	108	221
			Pseudopolydora paucibranchiata	85	56	141
			Scolecopsis korsun		1	1
			Spio limicola	4	7	11
			Tharyx killariensis		2	2
			Aphelochaeta sp.	13	16	29
			Chaetozone setosa	58	71	129
			Chaetozone sp.	120	41	161
		Capitellida				
			Capitella capitata	2	12	14
			Heteromastus filiformis	313	226	539
			Notomastus latericeus	2	1	3
			Nicomache lumbricalis		1	1
			Maldane sarsi	53	50	103
			Praxillella gracilis	7	10	17
			Maldanidae indet.	7	4	11
		Opheliida				
			Ophelina acuminata		1	1
			Ophelina sp.		1	1
			Scalibregma inflatum	4	2	6
		Phyllodocida				
			Pholoe assimilis	1	3	4
			Nereimyra punctata	3	5	8
			Exogone verugera	8	2	10
			Ceratocephale loveni	15	13	28
			Platynereis dumerilii		1	1
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys ciliata		1	1
		Amphinomida				
			Paramphionome jeffreysii	5	6	11
		Eunicida				
			Nothria hyperborea	4	1	5
			Lumbrineris mixochaeta	42	37	79
			Ophryotrocha lobifera	1		1
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	78	90	168
			Myriochele olgae	5	1	6
			Owenia sp.	118	47	165
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	3	3	6
		Terebellida				
			Lagis koreni	3		3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Ampharete borealis	5	9	14
			Ampharete octocirrata	4	4	8
			Anobothrus gracilis	1		1
			Amage auricula	2		2
			Amphicteis gunneri	2	3	5
			Glyphanostomum pallescens	39	14	53
			Melinna cristata	2	2	4
			Sosane wahrbergi	5	1	6
			Ampharetidae indet.	1		1
			Lanassa venusta	1	1	2
			Laphania boeckii	1	1	2
			Neoamphitrite grayi	1		1
			Polycirrus medusa	1		1
			Polycirrus norvegicus	1	1	2
			Proclea graffii	9	8	17
			Terebellides sp.	5	8	13
			Trichobranchus roseus		2	2
		Sabellida				
			Chone sp.	9	3	12
			Euchone elegans	2		2
			Euchone papillosa	72	56	128
			Jasmineira candela	5	5	10
			Myxicola infundibulum		1	1
			Sabella pavonina	7	3	10
			Hydroides norvegica	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		2	2
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	2		2
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.		1	1
			Westwoodilla caecula		2	2
			Paraphoxus oculatus	1		1
			Gammaridea indet.	3	2	5
		Isopoda				
			Gnathia sp.	1	1	2
		Decapoda				
			Paguridae indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	2	3	5
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Pusillina sp.		1	1
		Neogastropoda				
			Propebela sp.		1	1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana minuta	1		1
			Cylichnina sp.		2	2
			Philine sp.	7	2	9
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	2	1	3
			Yoldiella lucida	2	3	5
			Yoldiella solidula	2	1	3
		Mytiloida				
			Mytilus edulis	1	2	3
		Arcoidea				
			Bathyarca pectunculoides	1		1
		Veneroida				
			Mendicula sp.	36	30	66
			Thyasira equalis	10	10	20
			Thyasira sarsii	30	22	52

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Thyasiridae indet.		1	1
			Abra nitida	39	38	77
ECHINODERMATA						
		Asteroidea				
			Asteroidea indet. juv.	1	1	2
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Ophiura sarsii		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	4	2	6
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Spatangoida indet. juv.	2	1	3
			Maks:	313	226	539
			Antall:	78	83	98
			Sum:			2593
			TOTAL:			Maks: 3122
						Sum: 12327

Vedlegg 2. Analysebeviser

60245_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_070518

Redigert av: LTO



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

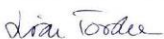
Kunde: Aqua Kompetanse
Kunde referanse: 47-3-18C Rendalsvik ASC-C undersøkelse 2018
Kontaktperson kunde: Kristine Brokke
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Roger Velvin

Dato: 06.08.2018

Rapport nr.: 60245
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN og Cu
Kontaktperson: Ida Giæver Tveter

Analyseansvarlig:  (sign.)

Underskriftsberettiget:  (sign.)

Provene 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:

Prøve 60245/C1 inneholdt en plastbit på 0,07 g, som utgjør 0,26 % av prøvevekten. Plastbiten er ikke inkludert i kornanalysen.

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

[illegible]

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderreferanse
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 DIN 19539:2016
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Elektrokjemisk deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 12260:2003
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

	TOM	TOC**	N TOC**	TN**	C/N**	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*
Kundens id.:	% TS	mg/g TS	mg/g TS	mg/g TS		vekt%	vekt%	mg/kg TS
C1	2,0	14,9	25,1	1,7	8,7	42,9	57,1	21,3
C2	3,5	17,6	19,8	1,9	9,5	88,1	11,9	ia
C3	1,8	29,6	40,8	1,2	24,1	37,5	62,5	62,2
C4	2,0	18,9	24,6	1,7	11,3	68,4	31,6	47,1
ASC2	3,0	14,9	24,7	2,3	6,5	45,9	54,1	44,2
ref 1	3,2	12,4	14,7	1,6	7,6	87,4	12,6	24,4
ref 2	3,7	13,7	17,1	2,1	6,7	81,0	19,0	23,7

* 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

$$N\ TOC\ (Normalisert\ TOC) = m\ddot{a}lt\ TOC\ mg/g + 18 \cdot (1-F),\ der\ F = andel\ finstoff\ (pellitt)\ gitt\ ved\ \%pellitt/100.$$

ia = ikke analysert

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter iht. Veileder 02:2013 (rev. 2015):

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

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

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