



2017

Forundersøkelse ved Andalsvågen i Vevelstad kommune, april 2017

Akva Future AS

Etter Norsk Standard NS 9410: 2016

AQUA KOMPETANSE AS

Aqua Kompetanse AS
Lauvsneshaugen 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: Forundersøkelse ved Andalsvågen i Vevelstad kommune, april 2017		Dato for rapport: 23.08.2017
		Dato for felt: 06.04.2017
		Prosjektnummer: 80-4-17C
Forfatter: Vidar Strøm	Feltansvarlig: Vidar Strøm	Antall sider uten vedlegg: 13
		Antall sider totalt: 47
Oppdragsgiver: Akva Future AS	Referanseperson: Trond Otto Johnsen	Fylke: Nordland
		Kommune: Vevelstad
Lokalitetsnummer: Ny lokalitet	MTB-tillatelse: -	Kartkoordinater: 65°34.961N, 12°24.257Ø
Driftsleder: -	Antall merder: -	
Bakgrunn for undersøkelse: Ny lokalitet	Merdomkrets: -	Tilgjengelighet: Ved forespørsel
Sammendrag: Aqua Kompetanse AS har gjennomført en 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. Denne undersøkelsen ble utført som en forundersøkelse, og sier noe om miljøtilstanden i nærområdet til oppdrettslokaliteten før anlegget startet sin produksjon. C1, C2 og referansestasjonen fikk økologisk tilstandsklassifisering II «God» og C3 fikk klasse III «Moderat». Bløtbunnsamfunnet ved anleggssonen (C1) fikk miljøtilstand 1 (Meget god) etter 9410-klassifiseringen. Sedimentet på alle stasjonene viste lave verdier av TOM og TOC, og TOC fikk tilstandsklasse I «Svært god» på alle stasjonene. Både TN-nivåene og C/N-forholdene var lave. Kobberinnholdet fra C1 var på bakgrunnsnivå (klasse I). De elektrokjemiske målingene viste normale verdier ved alle stasjonene. Det ble ikke registrert misfargede sedimenter, lukt, slam eller gassbobler. Temperatur, salinitet og oksygen varierte noe fra overflatevannet og ned til bunnen. Bunnvannet hadde en oksygenkonsentrasjon som svarer til tilstand I «Svært god». Da denne undersøkelsen er en forundersøkelse skal ny C-undersøkelse tas etter første produksjonssyklus.		
Emneord: miljøanalyse; sediment; C- undersøkelse; prøvetaking; tilstand; overvåkning; forundersøkelse		ID 487-2
Ansvarlig for:	Dato:	Signatur:
Rapport: Vidar Strøm	23.08.2017	<i>Vidar Strøm</i>
Kvalitetssikring: Aina Alice Olsen	23.08.2017	<i>Aina Alice Olsen</i>

© 2017 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.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
1 Materiale og metode	5
1.1 Utstyr og metode.....	5
1.1.1 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning.....	5
1.1.2 Elektrokjemiske målinger	5
1.1.3 Hydrografi.....	5
1.2 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering.....	6
1.2.1 Vannstrøm	7
1.2.2 Stasjonsplassering	7
1.2.3 Kartbilder: Stasjonsplassering og anleggslokalisering	8
2 Resultat	10
2.1 Makrofauna og kjemiske analyser	10
2.1.1 pH-, Eh og sensoriske registreringer.....	10
2.2 Hydrografi.....	10
3 Oppsummering	12
Referanser	13
Vedlegg A - Bilder av sediment	14
Vedlegg B - Hydrografi fra referansestasjonen	16
Vedlegg C - Akvaplan-niva rapport.....	17

Forord

Aqua Kompetanse AS har gjennomført feltarbeid for å innhente prøvemateriale for oppdragsgiver Akva Future 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 C**). 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 10523: 2012	Vannundersøkelse - Måling av pH	Elektrokjemiske målinger
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 TA 2229:2007	Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann	Klassifisering av kobber

Denne undersøkelsen ble utført som en forundersøkelse og vil si noe om miljøtilstanden i nærområdet til oppdrettslokaliteten før anlegget startet sin produksjon. 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.

Lauvsnes, 23. august, 2017

Hovedforfatter, Aqua Kompetanse AS

Tabell 2: Hovedresultater fra C-undersøkelsen. Aqua Kompetanse AS har stått for 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 C** for rapport med tegnforklaring.

Stasjoner		C1 (Anleggs- sone)	C3 (Overgangs- sone)	C2 (Ytre sone)	Ref. (Referanse- stasjon)
Parameter					
Kjemi:	pH/Eh	7,88/245	7,81/221	8,03/205	8,09/229
Oksygen:	Målt verdi (mL): O ₂ , tilstandsklasse:		6,49 TK I	6,54 TK I	
*Fauna Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013)	Antall arter (S):	94	72	84	58
	Antall ind. (N):	1299	1442	1749	328
	NQI1:	0,67	0,63	0,62	0,68
	Shann.Wien. (H [*]):	3,32	2,31	2,34	3,32
	Hurl.ind. (ES _{n=100}):	26,8	19,1	18,5	25,1
	AMBI:	3,447	3,659	3,848	3,071
	ISI:	10,07	8,93	9,75	9,67
	NSI:	20,4	19,22	19,39	20,91
	nEQR:	0,688	0,599	0,614	0,684
	J, Jevnhet (0-1):	0,54	0,40	0,41	0,66
	DI:	0,76	0,72	0,86	0,28
	Miljøtilstand:	1 (Meget god)			
**SFT 97:03	N-TOC (mg/g): N-TOC, tilstandsklasse:	19,0 TK I	13,4 TK I	18,5 TK I	18,2 TK I
Tot. nitrogen	TN (mg/g): Kommentar:	0,7 Lavt	1,1 Lavt	<0,2 Lavt	<0,2 Lavt
Tot. Org. materiale	TOM (%): Kommentar:	2,0 Lavt	4,6 Lavt	1,1 Lavt	1,1 Lavt
Forhold	C/N: Kommentar:	6,1 Marint	10,4 Marint	>11,4 Marint	>10,7 Marint
Pelitt	Pelittandel (%)	18,2	9,6	88,2	10,5
***Veileder 2229:2007	Cu (mg/kg): Cu, tilstandsklasse:	5,12 TK I			
****02:2013	Økologisk tilstand:	II	III	II	II

*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 1 er best. Etter veileder 02:2013.

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

1 Materiale og metode

1.1 Utstyr og metode

Prøveinnsamling ble gjort fra oppdretters båt den 6. april, 2017. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS 9410:2016 av Vidar Strøm og Nasir Elshaikh 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 C**.

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 ekvilibrert 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 Norske Standarder NS 9410:2016, og NS-EN ISO 10523:2012. 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 4**.

Tabell 4: 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
Oksygen metn.**	97:03	%		>65	65-50	50-35	35-20	<20

*Omregningsfaktoren til mGO₂/L er 1.42

**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 (C3, nordøst for lokaliteten; **Figur 2**) av Aqua Kompetanse AS. Det ble også utført målinger ved referansestasjonen sørvest for anlegget. 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 R (R-project.org) ved bruk av OCE: An Analysis of Oceanographic Data (Kelley & Richards, 2015) i kombinasjon med GSW: Gibbs Sea Water Functions (Kelley, Richards & WG127 SCOR/IAPSO, 2015). 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 Vevelstad kommune i Nordland (**Figur 1**). Anlegget er tenkt plassert i Andalsvågen i Vevelstad kommune. Andalsvågen er en fjordarm helt ytterst i Velfjorden. Bunntopografien under tenkt plassering av anleggsrammen er flatt. Det ligger i bunnen av to skråninger, der den ene skråningen er nordvest og den andre sørøst for tenkt plassering (**Figur 2**). Dybden ligger på rundt 40 meter. Sedimentet under anlegget består i hovedsak av silt, iblandet noe sand, grus og skjellsand. Det ble registrert noe fjellbunn vest for tenkt plassering (Strøm & Olsen, 2017).

Lokaliteten er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016.

1.2.1 Vannstrøm

Spredningsstrømmen (28 m) beveger seg i sørvestlig og nordøstlig retning i tilnærmet like store mengder. De hyppigste strømretningene på spredningsdypet er mot 225-240, 210-225, 30-45 og 195-210 grader (Hagen, 2017). Strømhastighetene er vist i **Tabell 5**, og retningen på spredningsstrømmen er markert i **Figur 2**.

Tabell 5: Strømmålinger ved Andalsvågen. Målingene på 5 m, 15 m og 28 m er utført med Nortek akustisk profilerende dopplermåler, og målingene på 40 m er utført med Sensordata SD6000 rotormåler. Målingene er fra perioden 10.04.-08.05-2017 (65°34.961N, 12°24.257Ø) (Hagen, 2017).

Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5 m	5,0	24,0	9,0	3,6
15 m	4,0	17,0	7,0	4,5
28 m	4,0	16,0	7,0	5,4
40 m	4,0	29,0	8,0	6,3

1.2.2 Stasjonsplassering

Lokaliteten er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016. På undersøkelsestidspunktet var gjeldende praksis ved forundersøkelser på en lokalitet å ta C-prøver ved 3 stasjoner i undersøkelsesområdet, samt en referansestasjon minst 1 km unna anlegget med tilsvarende dybde og bunntype som øvrige stasjoner som dekkes av forundersøkelsen.

Fremherskende strømretning og bunntype ligger til grunn for plassering av prøvetakingsstasjonene (**Figur 2** og **3**). Anleggssonestasjon C1 ligger i overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen, like innenfor den planlagte anleggsramma omtrent på midten av østre langside. Da man har vannbevegelse både inn og ut av fjordarmen ble det besluttet å legge en overgangsstasjon på hver side av det planlagte anlegget. Overgangsstasjon C2 ligger der hvor bunnen flater ut omtrent 380 meter sør for planlagt anleggsramme. Overgangsstasjon C3 er lagt på flat bunn i fjordområdet innenfor anlegget, omtrent 380 meter nord for ramme. Referansestasjonen, Ref, er plassert omtrent 920 meter sørvest for anlegget i et antatt upåvirket område med tilnærmet samme dyp og bunnsediment som i undersøkelsesområdet.

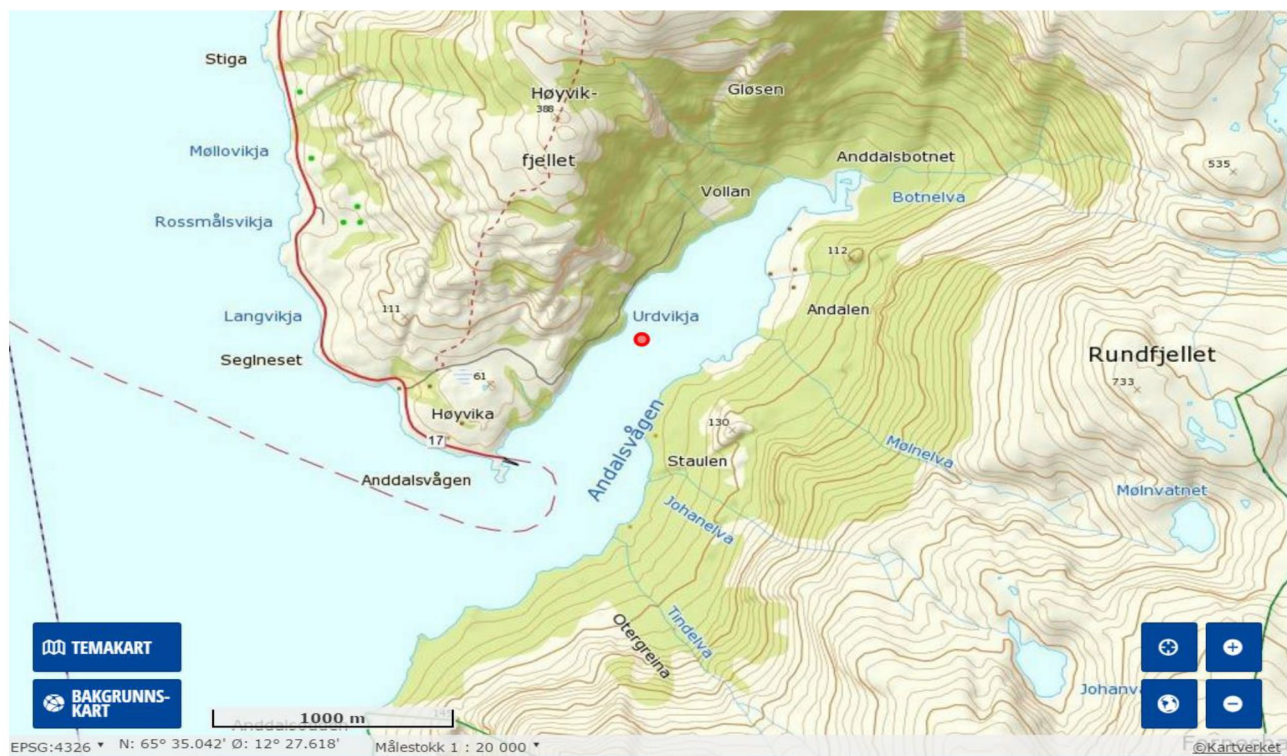
Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 6**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinat som ved denne undersøkelsen.

Tabell 6: Posisjon for prøvetakingsstasjoner ved C-undersøkelse på Andalsvågen.

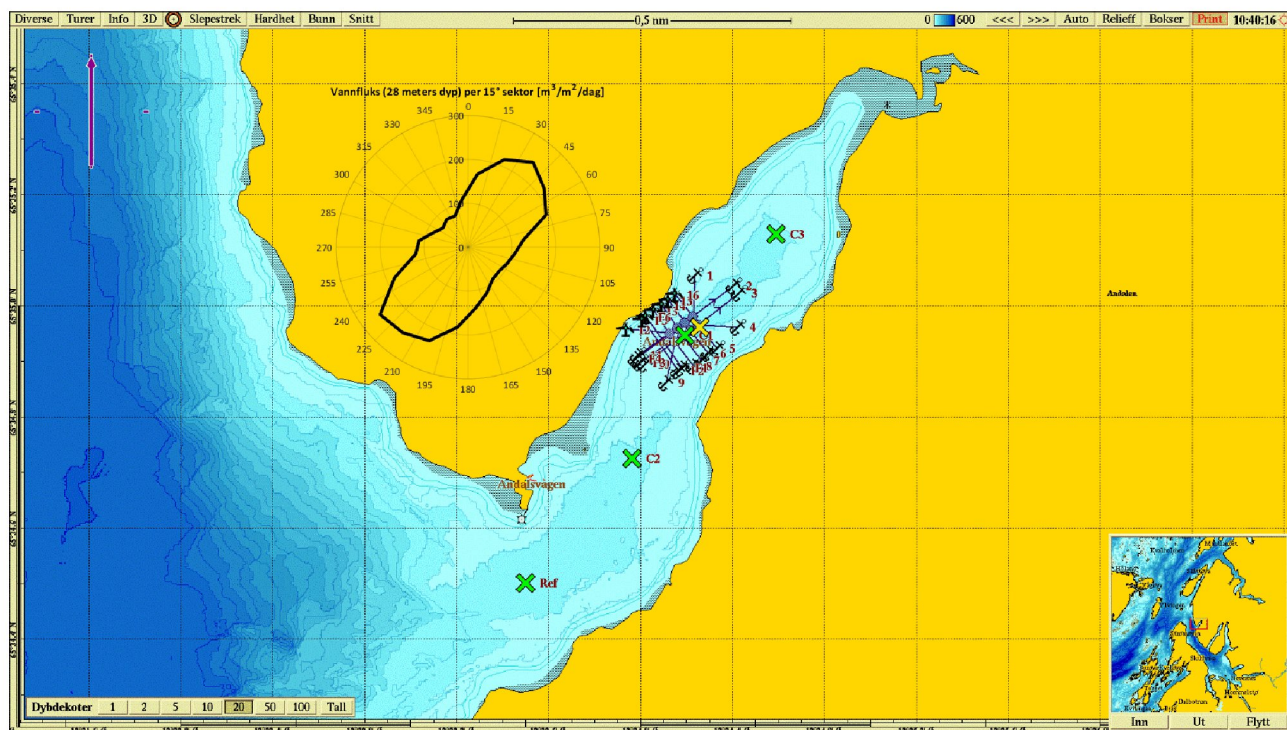
Stasjoner	C1 Anleggssone	C3 Overgangssone	Ref. Referansestasjon	C2 Ytre sone
Koordinater:	65°34.946 N 12°24.194 Ø	65°35.129 N 12°24.588 Ø	65°34.500 N 12°23.499 Ø	65°34.725 N 12°23.962 Ø
Dybde (m)	38	41	47	43

1.2.3 Kartbilder: Stasjonsplassering og anleggslokalisering

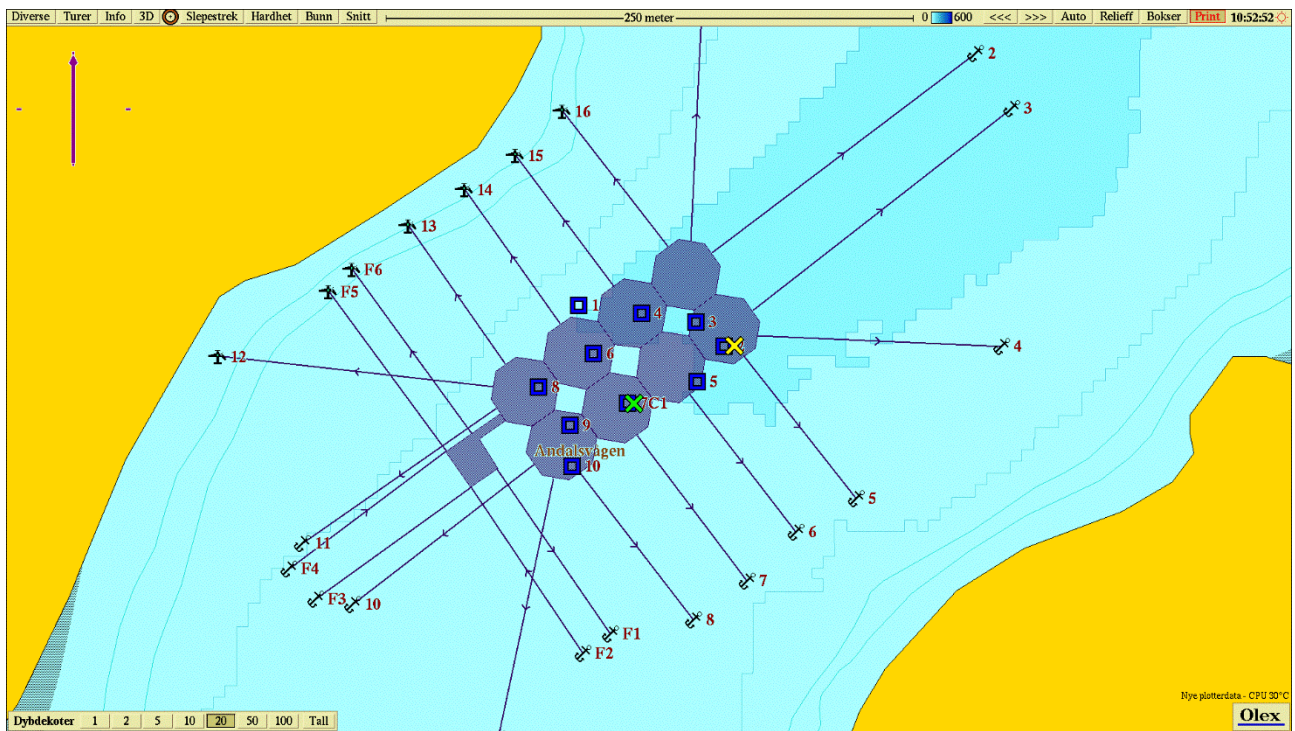
Samtlige kart er med kartdatum WGS84.



Figur 1: Oversiktskart som viser undersøkelsesområdet (rød prikk). Målestokk: 1:20 000. Kilde: fiskeridirektoratets karttjeneste.



Figur 2: Kartet viser anleggsplassering sammen med C-stasjoner og fortøyninger. Lilla pil i øverste venstre hjørne viser orientering av kart, strømrose viser vanntransport ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{døgn}$) for hver 15° sektor på 28 meters dyp (spredningsdyp) ved Andalsvågen i perioden 10.04.2017-08.05.2017 og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2017 ($65^\circ 34.961\text{N}$, $12^\circ 24.257\text{Ø}$). Kilde: Olex.



Figur 3: Sjøkart som viser anlegg og fortøyningslinjer sammen med prøvestasjoner fra forrige B-undersøkelse og C-undersøkelsens innerste stasjon (grønt kryss; C1). Gult kryss markerer strømmålinger i 2017. Kilde: Olex.

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 C**.

2.1.1 pH-, Eh og sensoriske registreringer

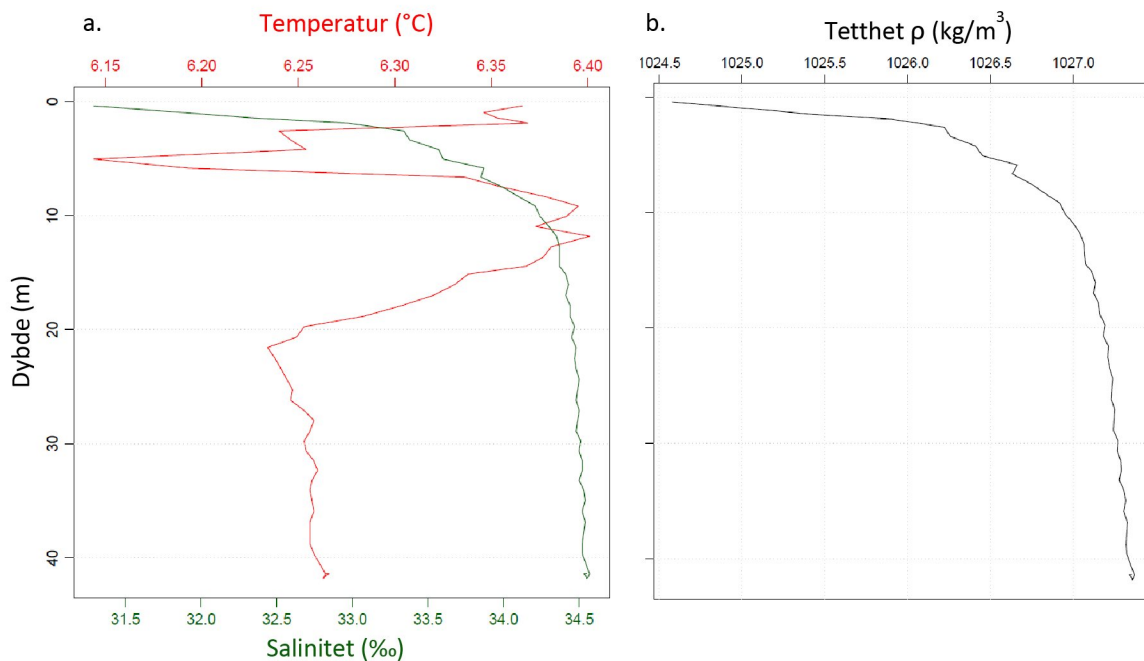
De elektrokjemiske målingene viste normale verdier ved alle fire stasjoner, med pH mellom 7,81 og 8,09 og positive Eh-målinger mellom 205 og 240 mV. Det ble ikke registrert misfargede sedimenter, lukt, slam eller gassbobler. Grabbinnholdet var under 12 cm på alle hugg, og sedimentet hadde fast konsistens. Sedimentet på stasjon C1, C2 og C3 besto av silt og sand. På grunn av grovt sediment og/eller stein- og fjellbunn (med noe innslag av fin sand) var det vanskelig å få gode grabbhugg på referansestasjonen. Et av huggene hadde grabbinnhold helt ned på 1 cm (hugg 1), noe som er mindre enn kvalitetskravet for å kunne godkjenne en prøve. Ved hugg 2 ble det registrert grabblekkasje på grunn av stein i grabbåpning, noe som gjør at uttaket er et avvik etter metodestandard (NS 16665). På grunn av vanskelige bunnforhold, og mangel på bedre alternativ til plassering av referansestasjon, ble innholdet tatt vare på (biologi uttak) og senere opparbeidet. Rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

2.2 Hydrografi

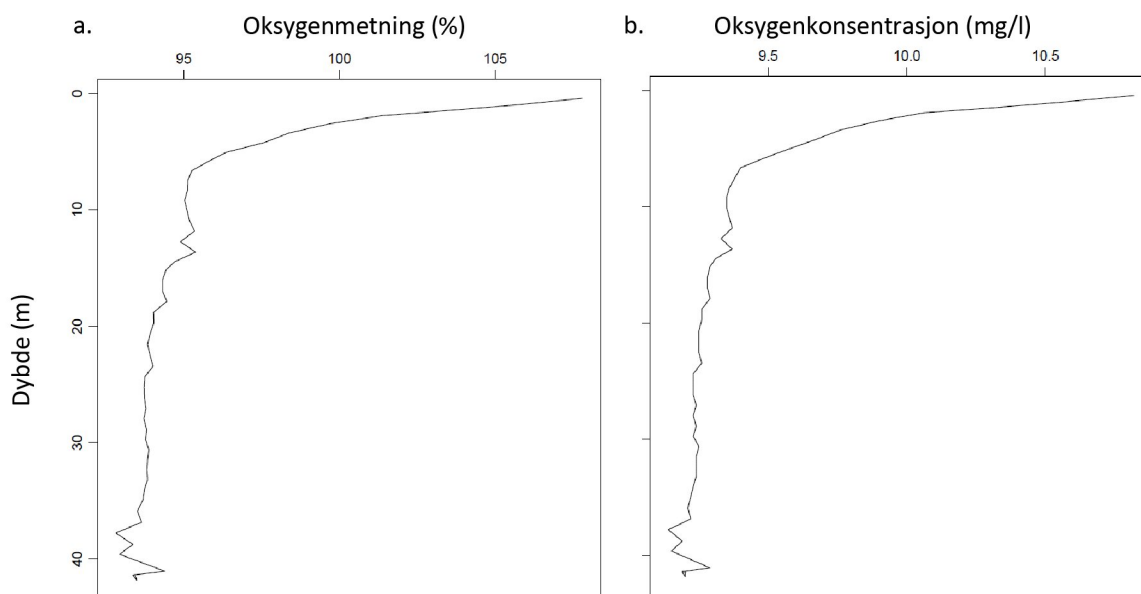
Saliniteten, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra bunnen og opp til overflaten i dypområdet ved lokaliteten (C3, **Figur 4** og **5**), samt fra referansestasjonen. Det var ikke store forskjeller mellom resultatene fra stasjon C3 og referansestasjonen og det er resultatene fra C3 som presenteres her. Resultatene for referansestasjonen presenteres i **Vedlegg B**.

Sjøtemperaturen er 6,37 °C i det øverste sjiktet av vannsøylen. Temperaturen viser tendens til små svingninger i de øverste 20 meterne. Fra 20 meter og ned til bunnen (42 meter) er temperaturen jevn på rundt 6,26 °C (**Figur 4a**). Saliniteten i overflaten er 31,3 ‰, og stiger med økende dybde. På 15 meters dyp er den steget til 34,4 ‰. Videre nedover i dypet ligger saliniteten forholdsvis stabil på 34 ‰, inkludert i bunnvannet (**Figur 4a**). Tettheten øker med 2,78 kg/m³ fra overflaten og ned til bunnen (**Figur 4b**).

Oksygenkonsentrasjonen i overflatevannet er 10,8 mg O₂/liter og oksygenmetningen er 107,8%. Ved 10 meters dyp er konsentrasjonen sunket til 9,35 mg O₂/liter, og metningen er 95,1 %. Ved bunnen på over 40 meters dyp er konsentrasjonen 9,22 mg O₂/liter, og metningen er 93,7 % (**Figur 5a** og **b**). Omregnet til milliliter gir det en konsentrasjon på 6,49 ml O₂/liter. Dette svarer til tilstanden I «Svært god» etter klassifiseringen for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 4**.



Figur 4: (a) Sjøtemperatur (°C ; rød) og salinitet (‰ ; grønn) og (b) tetthet (kg/m³) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 42 meters dyp ved stasjon C3 den 06.04.2017.



Figur 5: (a) Oksygenmetning (%) og (b) oksygenkonsentrasjon (mg/l) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 42 meters dyp ved stasjon C3 den 06.04.2017.

3 Oppsummering

Økologisk tilstandsklassifisering (basert på faunaindekser i Veileder 02:2013, se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg C**) klassifiserte anleggssonen (C1), C2 og referansestasjonen til klasse II «God». Stasjonen C3 ble klassifisert til klasse III «Moderat». Fordelingen av individer var noe skjev på C2 og C3, og noe jevnere fordeling på C1 og referansestasjonen. Dette betyr at bunndyrsamfunnet ikke er forstyrret i stor grad. Alle stasjonene hadde bløtbunnsamfunn dominert av opportunistiske og tolerante arter, men det ble også registrert forekomster av nøytrale og sensitive arter. På alle stasjonene var den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* mest tallrik (47 og 68 %). C1 ble klassifisert til miljøtilstand 1 «Meget god». For kriterier til miljøtilstand for anleggssonen og detaljer rundt bløtbunnsamfunn se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg C**.

Sedimentet på alle stasjonene viste lave nivåer av TOM (totalt organisk materiale) og TOC (totalt organisk karbon). TOC fikk tilstandsklasse I «Svært god» på alle stasjonene. TN (totalt nitrogen) var lavt og det lave C/N-forholdet indikerte at det organiske innholdet i sedimentene hadde marin opprinnelse. Kobberinnholdet fra anleggsstasjonen (C1) var på bakgrunnsnivå (klasse I). Sedimentene var noe grovkornet på tre av stasjonene og finkornet på en stasjon i overgangssonen (C3).

De elektrokjemiske målingene viste normale verdier ved alle fire stasjoner. Det ble ikke registrert misfargede sedimenter, lukt, slam eller gassbobler. Grabbinnholdet var under 12 cm på alle hugg, og sedimentet hadde fast konsistens. Sedimentet på stasjon C1, C2 og C3 besto av silt og sand, og referansestasjonen besto av grovere sediment og/eller stein- og fjellbunn (med noe innslag av fin sand).

Det ble registrert små endringer i salinitet, temperatur og oksygen i vannmassene ved Andalsvågen. Temperaturen var 6,37 °C i overflatevannet og på bunnvannet var temperaturen på 6,26 °C. Saliniteten i overflaten var 31,3 ‰, og steg med økende dybde. På bunnvannet var saliniteten steget til 34 ‰. Tettheten økte med 2,78 kg/m³ fra overflaten og ned til bunnen. I overflatevannet lå oksygenkonsentrasjonen på 10,8 mg O₂/liter med en oksygenmetning på 107,8 %. Ved bunnen var konsentrasjonen sunket til 9,22 mg O₂/liter (metning 93,7 %. Omregnet til milliliter ga det en konsentrasjon på 6,49 ml O₂/liter. Dette svarer til tilstanden I «Svært god».

Da denne undersøkelsen er en forundersøkelse skal ny C-undersøkelse tas etter første produksjonssyklus.

Referanser

Hagen, L. (2017) Vannstrømmåling ved Åndalsvågen, Vevelstad, april-mai 2017. Rapportnummer 121-5-17S levert av Aqua Kompetanse AS.

Kelley, D., Richards, C. & WG127 SCOR/IAPSO (2015) gsw: Gibbs Sea Water Functions. <http://CRAN.R-project.org/package=gsw>

Kelley, D. & Richards, C. (2016) oce: Analysis of oceanographic data. <http://CRAN.R-project.org/package=oce>

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 10523 (2012) Vannundersøkelse. Måling av pH (ISO 10523:2008). Standard Norge. NS-EN ISO 10523: 2012.

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.

Strøm, V. & Olsen, A. A. (2017) B-undersøkelse ved Andalsvågen, Vevelstad kommune, april 2017. Rapport 81-4-17C 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.

Vedlegg A - Bilder av sediment



Figur A-1: Bilde av sedimentet ved C1. Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 18,2 % (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg C**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur A-2: Bilde av sediment ved C2. Sedimentet besto av sand, og hadde en pelittandel på 9,6 % (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg C**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



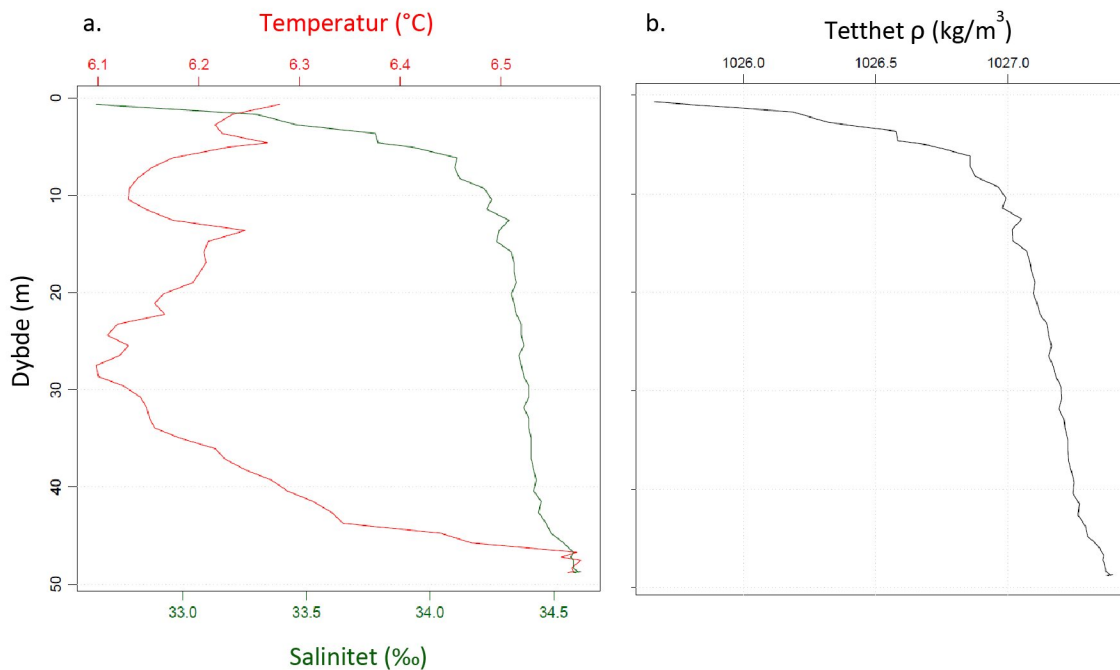
Figur A-3: Bilde av sediment ved C3. Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 88,2 % (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg C**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur A-4: Bilde av sediment ved referansestasjonen. Sedimentet besto av (fin)sand og stein, og hadde en pelittandel på 10,5 % (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg C**). Foto: Aqua Kompetanse AS.

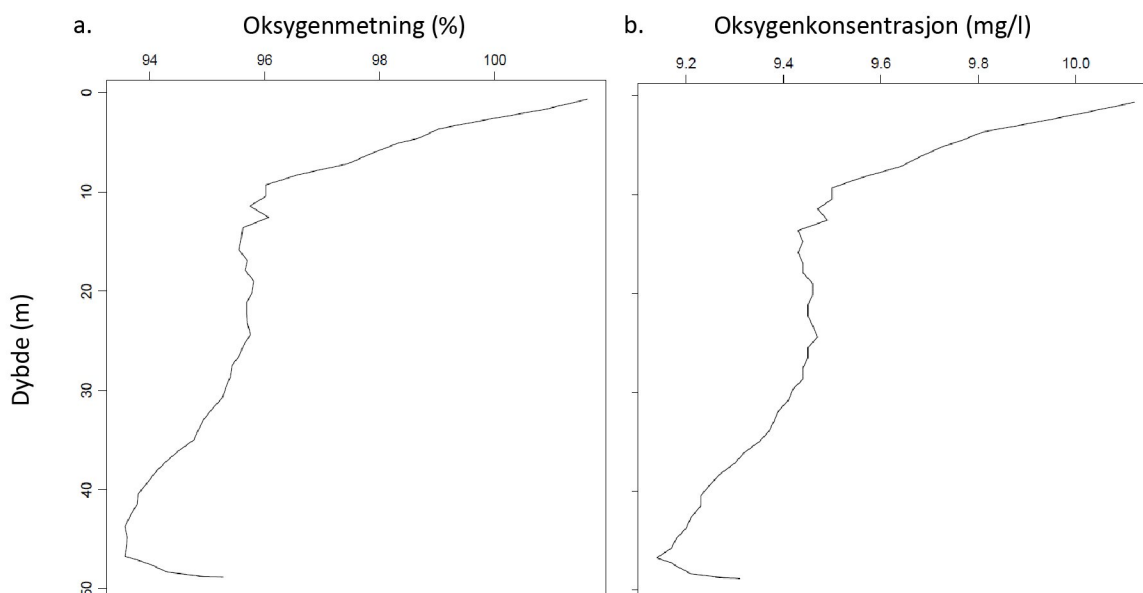
Vedlegg B - Hydrografi fra referansestasjonen

For referansestasjonen viste sjøtemperaturen 6,28°C i det øverste sjiktet av vannsøylen. Temperaturen varierer lite ned gjennom vannsøylen, men fra 30 meter viser temperaturen en jevn økning med økende dybde. Bunnvannet (48 m) holder en temperatur på 6,60 °C (**Figur B-1a**). Saliniteten i overflaten er 32,7 ‰, som stiger med økende dybde. På 10 meters dyp er den steget til 34,3 ‰. Videre nedover i dypet (helt ned til bunnvannet) ligger saliniteten forholdsvis stabil på 34 ‰ (**Figur B-1a**). Tettheten stiger med 1,72 kg/m³ fra overflatevannet til bunnvannet (**Figur B-1b**).



Figur B-1: (a) Sjøtemperatur (°C ; rød) og salinitet (‰ ; grønn) og (b) tetthet (kg/m³) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 48 meters dyp ved stasjon Ref den 06.04.2017.

Oksygenkonsentrasjonen for i overflatevannet er 10,1 mg O₂/liter og oksygenmetningen er 101,6%. Ved 15 meters dyp er konsentrasjonen sunket til 9,44 mg O₂/liter, og metningen er 95,6 %. Ved bunnen på over 45 meters dyp er konsentrasjonen 9,28 mg O₂/liter, og metningen er 95,0 % (**Figur B-2a og b**). Omregnet til milliliter gir det en konsentrasjon på 6,54 ml O₂/liter. Dette svarer til tilstanden I «Svært god» etter klassifiseringen for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 4**.



Figur B-2: (a) Oksygenmetning (%) og (b) oksygenkonsentrasjon (mg/l) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 48 meters dyp ved stasjon Ref den 06.04.2017.

Vedlegg C - Akvaplan-niva rapport

Aqua Kompetanse AS
C-undersøkelse på
oppdrettslokaliteten Andalsvågen,
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 på oppdrettslokaliteten Andalsvågen, 2017. Bløtbunn.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

8894.01

Dato / Date

11.08.2017

Antall sider / No. of pages

11 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Aina Olsen

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en miljøovervåking type C på oppdrettslokaliteten Andalsvågen etter NS 9410:2016 standard. Foreliggende delrapport presenterer resultatene fra bløtbunnundersøkelsen av overvåkingen 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

© 2017 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 Organisk innhold og kornfordeling	6
2.1.2 Kobber i sediment, St.1	6
2.2 Bunndyr	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	10
3.1 Sammenfatning.....	10
4 REFERANSER.....	11
5 VEDLEGG	12
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	12
Vedlegg 2. Analysebeviser	24

Forord

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

Følgende personer har deltatt:

Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Andrey Sikorski	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Vera Remen	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, Tsjeckia

 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, 11.08.2017



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 Andalsvågen, 2017. TOM = total organisk materiale. TOC = total organisk karbon, TN = total nitrogen, Cu = kobber, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type undersøkelse
St.1 (anleggssone C1)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu.
St.2 (overgangssone C2)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
St.3 (overgangssone C3)	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
St.4 (referanse)	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. *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.*
- SFT (nå Miljødirektoratet) veileder 97:03. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl., 1997) og M-608/2016 (Miljødirektoratet, 2016).*
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

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

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Andalsvågen 2017.

Stasjon	St.1 (C1)	St.2 (C2)	St.3 (C3)	St.4 (ref)
Dyp,m	38	43	41	47
GPS	65°34,946 N 12°24,194 Ø	65°34,725 N 12°23,962 Ø	65°35,129 N 12°24,588 Ø	65°34,500 N 12°23,499 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. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandardsediment 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 SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m. fl.*, 1997).

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment (fra SFT 97:03).

nTOC mg/g	< 20 I Meget god	20 - 27 II God	27 - 34 III Mindre god	34 - 41 IV Dårlig	> 41 V Meget 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)

Prøvene for metallanalyse ble frysetørket før de ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonene 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 (grenseverdier fra M-608/2016).

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 marine 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 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 under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) 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 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 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

2 Resultater

2.1 Geokjemiske analyser

2.1.1 Organisk innhold 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 generelt lave og varierte mellom 1,1 % og 4,6 %. TOC-nivået var lavt på alle stasjonene (tilstandsklasse I). TN-nivået var også generelt lavt ($< 0,2 - 1,1$ mg/g). C/N-forholdene var også relativt lave. Sedimentene var finkornet på St.3 med pelittandel på 88 %, og grovkornet på de øvrige stasjonene med pelittandeler mellom 9,6 og 18,2.

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

St.	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt
St.1 (C1)	2,0	4,3	19,0	I Meget god	0,7	6,1	18,2
St.2 (C2)	1,1	2,3	18,5	I Meget god	$< 0,2$	$> 11,4$	9,6
St.3 (C3)	4,6	11,3	13,4	I Meget god	1,1	10,4	88,2
St.4 (ref)	1,1	2,1	18,2	I Meget god	$< 0,2$	$> 10,7$	10,5

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) 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 + $18 \times (1-F)$, hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

2.1.2 Kobber i sediment, St.1

Kobbernivået er vist i Tabell 4.

Kobberkonsentrasjonen var lav på St.1 (klasse I).

Tabell 4. Metallanalyse. Cu (mg/kg TS), Andalsvågen, 2017.

St.	Cu	Klasse
S1.1 (C1)	5,12	Klasse I

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.

På st.1 (C1) ble det registrert 1299 individer og 94 arter. Faunaindeksene viste tilstandsklasse II og I. Samlet indeks nEQR ga økologisk klasse II. På st.2 (C2) ble det funnet 1749 individer fordelt på 84 arter. Faunaindeksene viste klasse I, II og III. Samlet indeks nEQR ga imidlertid økologisk tilstandsklasse II. På st.3 (C3) var det 1442 individer og 72 arter. De fleste indeksene, inklusiv nEQR, lå i klasse III med verdier like under grenseverdiene for klasse II. På st.4 (ref) ble det funnet 328 individer fordelt på 58 arter. Bortsett fra klasse I for faunaindeksen ISI_{2012} , lå indeksene i 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 noe skjev på st.2 og st.3

med indekser på 0,40 og 0,41. På de to andre stasjonene var fordelingen noe jevnere med indekser på 0,54 (st. 1) og 0,66 (st.4).

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES_{100} = Hurlberts diversitetsindeks. $NQI1$ = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI_{2012} = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. $AMBI$ = ømfintlighetsindeks (inngår i $NQI1$). $nEQR$ = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Andalsvågen 2017. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individtall	Ant arter	H'	ES_{100}	$NQI1$	ISI_{2012}	NSI	$nEQR$	DI	$AMBI$	J
St.1 (C1)	1299	94	3,32	26,8	0,67	10,07	20,40	0,688	0,76	3,447	0,54
St.2 (C2)	1749	84	2,34	18,5	0,62	9,75	19,39	0,614	0,86	3,848	0,40
St.3 (C3)	1442	72	2,31	19,1	0,63	8,93	19,22	0,599	0,72	3,659	0,41
St.4 (ref)	328	58	3,32	25,1	0,68	9,67	20,91	0,684	0,28	3,071	0,66

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

2.2.1.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen, st.1 (C1).

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 st.1 (C1). Data for antall arter og dominerende taksa er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter, hvorav ingen utgjør mer enn 65 % av det totale individtallet.

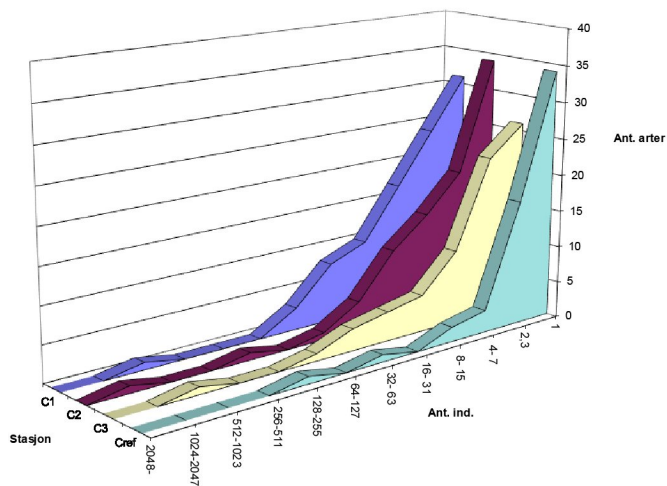
Tabell 6. NS 9410:2016 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet i anleggssonen St.1, Andalsvågen, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand - NS 9410
St.1 (C1)	Andalsvågen	94	Pseudopolydora paucibranchiata - 55 %	1 - Meget god

2.2.1.3 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.

Alle kurvene hadde naturlig høye startpunkter og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser. Ingen av kurveforløpene indikerte entydige faunaforstyrrelser.

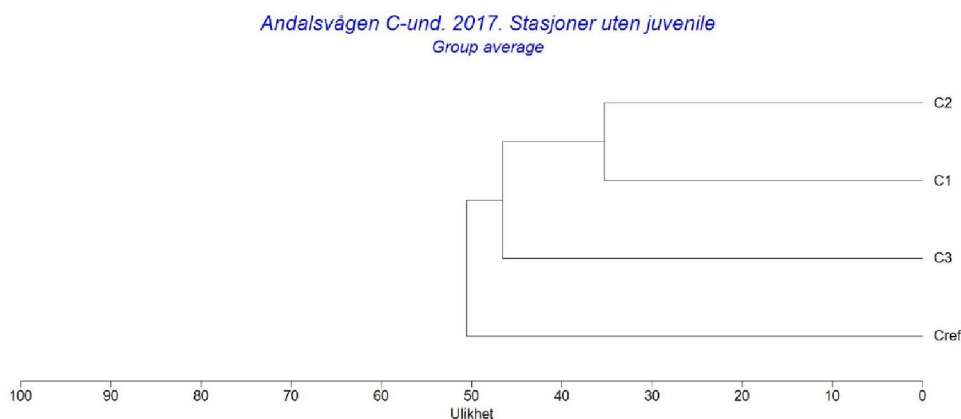


Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Andalsvågen, 2017 (pr. 0,2 m²).

2.2.1.4 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 aksene. 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 faunasammensetningen på st.1 (C1) og st.2 (C2) var 65 % lik. St.3 (C3) var 53 % lik de to førstnevnte stasjonene, mens st.4 (ref) var 50 % lik de øvrige stasjonene.



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

2.2.1.5 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 alle stasjonene var den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* mest tallrik, hvor den utgjorde mellom 47 og 68 % av individmengden. De fleste andre taksa var enten opportuniste eller tolerante, men det ble også registrert forekomster av nøytrale og sensitive arter. Det ble ikke funnet forurensningsindikatorer blant topp-ti på noen av stasjonene.

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

St.1 (C1)	Ant.	Kum.	EG	St.2 (C2)	Ant.	Kum.	EG
Pseudopolydora paucibranchiata	726	55 %	IV	Pseudopolydora paucibranchiata	1200	68 %	IV
Siboglinum sp.	53	59 %	ik	Spiophanes kroyeri	145	77 %	III
Terebellides sp.	51	63 %	ik	Siboglinum sp.	52	80 %	ik
Sabellides octocirrata	36	66 %	I	Galathowenia fragilis	29	81 %	I
Galathowenia fragilis	27	68 %	I	Thyasira flexuosa	27	83 %	III
Prionospio cirrifera	27	70 %	III	Prionospio cirrifera	23	84 %	III
Chaetozone sp.	24	72 %	III	Terebellides sp.	20	85 %	ik
Thyasira flexuosa	20	74 %	III	Heteromastus filiformis	15	86 %	IV
Heteromastus filiformis	18	75 %	IV	Thyasira gouldi	14	87 %	IV
Thyasira gouldi	18	76 %	IV	Chaetozone sp.	13	88 %	III
St.3 (C3)	Ant.	Kum.	EG	St.4 (ref)	Ant.	Kum.	EG
Pseudopolydora paucibranchiata	984	68 %	IV	Pseudopolydora paucibranchiata	157	47 %	IV
Diplocirrus glaucus	71	73 %	II	Spiophanes kroyeri	58	65 %	III
Terebellides sp.	50	77 %	ik	Siboglinum sp.	14	69 %	ik
Thyasira flexuosa	35	79 %	III	Terebellides sp.	10	72 %	ik
Chaetozone sp.	33	81 %	III	Galathowenia oculata	6	74 %	III
Heteromastus filiformis	31	83 %	IV	Parvicardium minimum	4	75 %	I
Trichobranchus roseus	18	85 %	I	Thyasira flexuosa	4	76 %	IV
Labidoplax buskii	16	86 %	II	Amphictene auricoma	3	77 %	II
Prionospio cirrifera	16	87 %	III	Euclymeninae indet.	3	78 %	I
Thyasira gouldi	13	88 %	IV	Exogone verugera	3	79 %	I

*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 (type C) ved lokaliteten Andalsvågen i 2017 kan sammenholdes som følger:

- TOC-nivået i sedimentet var lavt på alle undersøkte stasjoner (tilstandsklasse I). TOM- og TN-nivåene var også generelt lave. C/N-forholdet indikerte at det organiske innholdet i sedimentene hadde marin opprinnelse. Kobberinnholdet i sediment fra anleggssonen var på bakgrunnsnivå (klasse I). Sedimentene var noe grovkornet på tre av stasjonene og finkornet på en stasjon i overgangssonen (st.3).
- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse II "God" for bløtbunnsamfunnene på st.1, st.2 og st.4 (ref), mens bløtbunnsamfunnet på st.3 i overgangssonen ble klassifisert til klasse III "Moderat". Det må bemerkes at verdien av nEQR lå like under grenseverdien for klasse II. NS 9410:2016 klassifisering på st.1 ga miljøtilstand 1 "Meget god". Det ble registrert rike forekomster av opportunister og tolerante arter, men ingen forurensningsindikatorer blant topp-ti på noen av stasjonene.

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. 263 s.

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

ISO 16665, 2005. 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.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

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 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 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_{kj} = 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 trediegram (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-1: 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

individdettheter 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. $0,1 \text{ m}^2$.

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 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 Andalsvågen, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	Cref
no. ind.	4818	1299	1749	1442	328
no. spe.	154	94	84	72	58

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	Cref_01	Cref_02
no. ind.	4818	744	555	1186	563	1130	312	72	256
no. spe.	154	75	64	67	52	63	39	28	41
Shannon-Wiener:		3,3	3,4	2,3	2,4	2,5	2,1	3,8	2,9
Pielou		0,52	0,56	0,38	0,42	0,41	0,41	0,78	0,53
ES100		26	27	18	19	19	19	28	22
SN		2,29	2,26	2,15	2,14	2,12	2,10	2,29	2,17
ISI-2012		10,33	9,81	9,87	9,64	9,23	8,62	10,25	9,08
AMBI		3,498	3,395	3,893	3,803	3,604	3,713	2,614	3,527
NQI1		0,67	0,67	0,62	0,62	0,63	0,62	0,71	0,64
NSI		20,5	20,3	19,3	19,5	19,5	19,0	22,0	19,8
DI		0,822	0,694	1,024	0,701	1,003	0,444	0,193	0,358

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	Cref
Shannon-Wiener:	3,32	2,34	2,31	3,32
Pielou	0,54	0,40	0,41	0,66
ES100	26,8	18,5	19,1	25,1
SN	2,27	2,14	2,11	2,23
ISI-2012	10,07	9,75	8,93	9,67
AMBI	3,447	3,848	3,659	3,071
NQI1	0,67	0,62	0,63	0,68
NSI	20,40	19,39	19,22	20,91
DI	0,76	0,86	0,72	0,28

Tilstandsklasse nEQR *) 0,688 0,614 0,599 0,684

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	Cref
1	31	34	26	34
2,3	24	19	22	17
4- 7	17	14	10	3
8- 15	10	10	5	2
16- 31	8	4	4	0
32- 63	3	1	3	1
64-127	0	0	1	0
128-255	0	1	0	1
256-511	0	0	0	0
512-1023	1	0	1	0
1024-2047	0	1	0	0
2048-	0	0	0	0

Artsliste Andalsvågen C-und. 2017

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1		-1
CNIDARIA						
	Anthozoa					
			Cerianthus lloydii juv.	1	1	2
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	1	4	5
SIPUNCULIDA						
			Sipunculida indet. juv.		8	8
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos sp.	1		1
			Aricidea catherinae	2	2	4
			Aricidea sp.		1	1
			Paraonides myriamae		1	1
			Paraonides nordica	3	1	4
			Paradoneis lyra	3	6	9
		Spionida				
			Dipolydora quadrilobata	1		1
			Laonice cirrata	2	1	3
			Polydora sp.		1	1
			Prionospio cirrifera	14	13	27
			Prionospio sp.	2		2
			Pseudopolydora paucibranchiata	427	299	726
			Spiophanes kroyeri	3	7	10
			Poecilochaetus serpens		1	1
			Tharyx killariensis	5		5
			Chaetozone sp.	16	8	24
			Cirratulus caudatus		3	3
			Cirratulus cirratus		8	8
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	15	3	18
			Notomastus latericeus	1	1	2
			Rhodine gracilior	11	6	17
			Praxillura longissima	1	1	2
			Nicomache lumbricalis	1	1	2
			Petaloproctus tenuis		4	4
			Chirimia biceps	1		1
			Clymenura sp.		1	1
			Praxillella gracilis	1		1
			Praxillella praetermissa	6		6
			Euclymeninae indet.		2	2
		Opheliida				
			Scalibregma inflatum		2	2
		Phyllodocida				
			Phyllodoce groenlandica	2	2	4
			Harmothoe sp.	1		1
			Pholoe assimilis	1		1
			Pholoe baltica	2	7	9
			Nereimyra punctata	1	1	2
			Exogone verugera	6	1	7
			Glycera alba		1	1
			Glycera capitata	1	2	3
			Goniada maculata	1	1	2
			Nephtys caeca		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Nephtys pente	2		2
		Amphinomida	Paramphinode jeffreysii	1		1
		Oweniida	Galathowenia fragilis	27		27
			Galathowenia oculata	5	3	8
			Myriochele danielsseni	4		4
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	5	1	6
		Terebellida	Amphictene auricoma	5	5	10
			Anobothrus gracilis		1	1
			Ampharete falcata	1		1
			Ampharete lindstroemi	1		1
			Amythasides macroglossus	1		1
			Glyphanostomum pallescens	1		1
			Melinna elisabethae		1	1
			Mugga wahrbergi	1	1	2
			Sabellides octocirrata	17	19	36
			Lanassa nordenskioldi	1		1
			Lanassa venusta		1	1
			Phisidia aurea	1		1
			Terebellides sp.	30	21	51
			Trichobranchus roseus	8	8	16
		Sabellida	Fabricia sp.	1		1
			Chone sp.	1	1	2
			Euchone analis	2		2
			Jasmineira candela	3	2	5
			Jasmineira caudata	5	8	13
			Siboglinum sp.	21	32	53
CHELICERATA						
		Pycnogonida	Pycnogonida indet.	1		1
CRUSTACEA						
		Copepoda				
		Calanoida	Calanoida indet.		1	1
		Malacostraca				
		Cumacea	Eudorella sp.	6	3	9
			Diastylis sp.	1	1	2
			Diastylodes biplicatus	1		1
		Amphipoda	Byblis gaimardi	5	1	6
			Haploops sp.	1	1	2
			Hippomedon sp.	2		2
			Lysianassidae indet.		1	1
			Cheirocratus sundevalli		3	3
			Westwoodilla caecula	2	1	3
			Harpinia antennaria	1	6	7
			Harpinia sp.	1	1	2
		Isopoda	Gnathia sp.		1	1
MOLLUSCA						
		Caudofoveata	Caudofoveata indet.	2	1	3
		Opisthobranchia				
		Cephalaspidea	Cylichnina sp.	4		4
		Bivalvia				
		Ostreoidea	Similipecten similis	1		1
		Veneroida	Thyasira flexuosa	8	12	20
			Thyasira gouldi	12	6	18

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Thyasira sarsii	2		2
			Thyasiridae indet.	1		1
			Astarte sulcata	1		1
PHORONIDA			Parvicardium minimum		4	4
			Phoronis sp.	2	6	8
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida	Amphiura filiformis	2	4	6
			Ophiuroidea indet. juv.	1		1
	Holothuroidea					
		Apodida	Labidoplax buskii	5	4	9
TUNICATA						
	Ascidacea					
		Stolidobranchiata				
			Polycarpa fibrosa	2		2
			Ascidacea indet. (solit)	5	2	7
Maks:				427	299	726
Antall:				78	67	99
Sum:						1310
Stasjonsnr.: C2						
CNIDARIA						
	Anthozoa					
			Edwardsia sp.	5		5
			Cerianthus lloydii juv.	2		2
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	3	1	4
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus	1		1
			Sipunculida indet. juv.		2	2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos sp.	3	2	5
			Paraonides myriamae	1		1
			Paraonides nordica	4	2	6
			Paradoneis lyra	4	4	8
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	17	6	23
			Prionospio sp.	1		1
			Pseudopolydora paucibranchiata	813	387	1200
			Spiophanes kroyeri	105	40	145
			Tharyx killariensis	1	2	3
			Chaetozone sp.	8	5	13
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	9	6	15
			Notomastus latericeus	1		1
			Rhodine gracilior	10	3	13
			Petaloproctus tenuis	2		2
			Clymenura sp.	1		1
			Praxillella praetermissa	1		1
			Euclymeninae indet.	5		5
		Opheliida				
			Ophelina cylindrica data	1	1	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Phyllodocida				
			Eumida sanguinea		1	1
			Phyllodoce groenlandica	1	1	2
			Phyllodoce rosea		1	1
			Pholoe baltica	4		4
			Nereimyra punctata	2		2
			Ophiodromus flexuosus		1	1
			Exogone verugera	1	3	4
			Syllis cornuta		2	2
			Goniada maculata	3	1	4
			Nephtys longosetosa		1	1
			Nephtys pente	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	1		1
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis	16	13	29
			Galathowenia oculata	1	2	3
			Myriochele danielsseni	4	2	6
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1	1	2
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	7	2	9
			Lagis koreni		1	1
			Anobothrus gracilis	2		2
			Ampharete finmarchica	1		1
			Amythasides macroglossus	1		1
			Sabellides octocirrata	1	1	2
			Samytha sexcirrata	2		2
			Polycirrus norvegicus		1	1
			Terebellides sp.	8	12	20
			Trichobranchus roseus	5	2	7
		Sabellida				
			Chone sp.	2		2
			Euchone analis	3	1	4
			Jasmineira candela	4	2	6
			Jasmineira caudata	4	5	9
			Ditrupa arietina		1	1
			Hydroides norvegicus		2	2
			Siboglinum sp.	47	5	52
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	1		1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Diastylis sp.	1		1
		Amphipoda				
			Ampelisca odontoplax	1		1
			Byblis gaimardi	4		4
			Haploops sp.	1		1
			Cheirocratus sp.		2	2
			Harpinia antennaria	6	2	8
			Gammaridea indet.		1	1
		Decapoda				
			Galathea sp.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	2	1	3
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.	1		1
			Cylichna cylindracea	1		1
			Scaphander lignarius		1	1
	Bivalvia					
		Ostreoida				
			Similipecten similis	1		1
		Veneroida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Mendicula sp.	1		1
			Axinulus croulinensis	1		1
			Thyasira flexuosa	16	11	27
			Thyasira gouldi	7	7	14
			Thyasiridae indet.	1	1	2
			Parvicardium minimum	3	5	8
			Acanthocardia echinata		2	2
			Gari fervensis	1		1
			Timoclea ovata		1	1
		Myoida				
			Hiatella sp.	1		1
		Pholadomyoida				
BRYOZOA			Cochlodesma praetenu		1	1
PHORONIDA			Bryozoa indet.	-1		-1
ECHINODERMATA			Phoronis sp.	9	2	11
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis	1		1
			Ophiocten affinis	1	1	2
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Echinocardium flavescens		1	1
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	2		2
TUNICATA						
	Ascidacea					
			Ascidacea indet. (solit)	6		6
			Maks:	813	387	1200
			Antall:	70	53	88
			Sum:			1753
Stasjonsnr.: C3						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.		-1	-1
CNIDARIA						
	Anthozoa					
			Actiniaria indet. juv.		1	1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	2	1	3
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos sp.	2	1	3
			Paradoneis lyra	3		3
			Paraonidae indet.	1		1
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	4		4
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	15	1	16
			Prionospio fallax	1		1
			Pseudopolydora paucibranchiata	757	227	984

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Spiophanes kroyeri	1		1
			Chaetozone sp.	28	5	33
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	27	4	31
			Rhodine gracilior	7	3	10
			Praxillura longissima	1		1
			Nicomache minor	1		1
			Chirimia biceps	4	1	5
			Praxillella gracilis	1		1
			Praxillella praetermissa	9	3	12
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	2	1	3
			Phyllodoce groenlandica	1		1
			Phyllodoce maculata	1		1
			Pholoe assimilis	1		1
			Pholoe baltica	5	6	11
			Ophiodromus flexuosus		1	1
			Exogone verugera	1		1
			Parexogone hebes	1		1
			Syllis cornuta	2		2
			Nephtys ciliata		3	3
			Nephtys incisa	2		2
			Nephtys pente	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	5	2	7
		Eunicida				
			Nothria hyperborea	1		1
			Abyssoninoe scopa	1	1	2
			Scoletoma sp.	2		2
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	6	1	7
			Owenia sp.	1		1
		Flabelligerida				
			Brada villosa	4	1	5
			Diplocirrus glaucus	64	7	71
		Terebellida				
			Anobothrus gracilis		1	1
			Mugga wahrbergi	3		3
			Sabellides octocirrata	9		9
			Samytha sexcirrata	1		1
			Lanassa venusta		1	1
			Laphania boeckii	2		2
			Phisidia aurea	1		1
			Terebellides sp.	39	11	50
			Trichobranchus roseus	17	1	18
		Sabellida				
			Chone sp.	2		2
			Euchone analis	1		1
			Jasmineira candela	4	2	6
			Jasmineira caudata	2		2
			Siboglinum sp.		4	4
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Diastylodes biplicatus		1	1
		Amphipoda				
			Tryphosites longipes	1		1
			Cheirocratus sundevalli	1	1	2
			Westwoodilla caecula	1		1
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui	2	1	3
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.	2		2
			Philina sp.	2	1	3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Bivalvia	Nuculoida	Ennucula tenuis	1	1	2
		Veneroida	Thyasira flexuosa	30	5	35
			Thyasira gouldi	11	2	13
			Thyasira sarsii	5		5
			Thyasiridae indet.	1	1	2
			Parvicardium minimum	3		3
			Macoma calcarea	2	1	3
			Abra nitida	5	1	6
		Pholadomyoida	Thracia devexa	1		1
PHORONIDA						
			Phoronis sp.	3	1	4
ECHINODERMATA						
	Echinoidea	Spartangoida	Echinocardium flavescens		1	1
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii	13	3	16
TUNICATA						
	Ascidacea		Ascidacea indet. (solit)		2	2
Maks:				757	227	984
Antall:				63	41	74
Sum:						1442
Stasjonsnr.: Cref						
PORIFERA						
			Porifera indet.		-1	-1
CNIDARIA						
	Anthozoa		Cerianthus lloydii		1	1
SIPUNCULIDA						
			Phascolion strombus	1		1
ANNELIDA						
	Polychaeta	Orbiniida	Scoloplos sp.		1	1
			Aricidea catherinae		1	1
			Paraonides myriamae	1		1
		Spionida	Prionospio cirrifera	2	1	3
			Pseudopolydora paucibranchiata	22	135	157
			Spiophanes kroyeri	13	45	58
			Chaetozone sp.		1	1
		Capitellida	Heteromastus filiformis		2	2
			Mediomastus fragilis		1	1
			Rhodine loveni		1	1
			Petaloproctus tenuis	1		1
			Praxillella praetermissa	1	1	2
			Euclymeninae indet.	1	2	3
		Opheliida	Ophelina cylindricaudata	1		1
		Phyllodocida	Phyllodoce groenlandica		1	1
			Phyllodoce rosea	1		1
			Laetmonice filicornis		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Pholoe assimilis	2		2
			Nereimyra punctata	1		1
			Exogone verugera	1	2	3
			Glycera capitata		1	1
			Nephtys hombergii		1	1
			Nephtys pente	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii		1	1
		Eunicida				
			Nothria hyperborea	2		2
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis		2	2
			Galathowenia oculata	2	4	6
			Myriochele danielsseni	1	1	2
			Owenia sp.	1		1
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	1	2	3
			Terebellides sp.	5	5	10
			Trichobranchus roseus		2	2
		Sabelliida				
			Chone sp.	1	1	2
			Euchone analis		1	1
			Euchone sp.		1	1
			Jasmineira candela		3	3
			Jasmineira caudata	2		2
			Ditrupa arietina		1	1
			Siboglinum sp.		14	14
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.		2	2
		Amphipoda				
			Westwoodilla caecula		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis		1	1
		Mytiloida				
			Crenella decussata	1		1
			Musculus sp. juv.	1		1
		Ostreoidea				
			Similipecten similis	3		3
		Veneroida				
			Thyasira equalis		1	1
			Thyasira flexuosa		4	4
			Thyasira gouldi		3	3
			Thyasiridae indet.		1	1
			Astarte sp. juv.		1	1
			Astarte sulcata	1		1
			Parvicardium minimum		4	4
			Timoclea ovata	1		1
		Pholadomyoida				
			Cochlodesma praetenuae	1		1
	Scaphopoda					
		Dentaliida				
			Antalis sp.		1	1
PHORONIDA						
			Phoronis sp.		1	1
ECHINODERMATA						
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Spartangoida indet. juv.	1		1
	Holothuroidea					
		Dendrochirotida				
			Psolus sp. juv.	1		1
		Apodida				
			Labidoplax buskii		1	1
TUNICATA						
	Ascidacea					
			Ascidacea indet. (solit)	1		1
			Maks:	22	135	157
			Antall:	31	43	63
			Sum:			331
				TOTAL:	Maks:	1200
					Sum:	4836

Vedlegg 2. Analysebeviser

Analyserapport C-und_130717

Redigert av: LTO
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: Akvaplan-niva
Kunde referanse: 80-4-17C Andalsvågen
Kontaktperson: Roger Velvin
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted: 9296 Tromsø
Tel:
E-post: rv@apn.no **Dato:** 11.08.2017

Rapport nr.: 8894
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN og Cu
Kontaktperson:

Analyseansvarlig: *Ingar H. Wastetten* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Kenneth Jostad* (sign.)

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen nedenfor.

Prøve id. Lab	Kundens id.	Materiale	Prøvens beskaffenhets ved mottak	Mottatt lab	Analyse-periode
8894/1	C 1	Sediment	Frossent	06.06.2017	09.06.17-11.08.17
8894/2	C 2	Sediment	Frossent	06.06.2017	09.06.17-11.08.17
8894/3	C 3	Sediment	Frossent	06.06.2017	09.06.17-11.08.17
8894/4	Referanse	Sediment	Frossent	06.06.2017	09.06.17-11.08.17

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

Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Side 1 av 2

Resultater

Kundens id.:		C 1	C 2	C 3	Referanse
Parameter	Enhet	8894/1	8894/2	8894/3	8894/4
> 0,063 mm	vekt %	81,8	90,4	11,8	89,5
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	18,2	9,6	88,2	10,5
TOC	mg/g TS	4,3	2,3	11,3	2,1
TOC, normalisert**	mg/g TS	19,0	18,5	13,4	18,2
TOM	% TS	2,0	1,1	4,6	1,1
Total-N **	mg/g TS	0,7	< 0,2	1,1	< 0,2
C/N **		6,1	> 11,4	10,4	> 10,7
Cu *	mg/kg TS	5,12			

* 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 $F = \text{andel finstoff (pellitt) gitt ved \%pellitt/100}$.

