



2017

# C-undersøkelse ved Ånholmen i Fosnes kommune, juli 2017

Emilsen Fisk AS

**Etter Norsk Standard NS 9410: 2016**

AQUA KOMPETANSE AS



Aqua Kompetanse AS  
Storlavika 7  
7770 Flatanger

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



Rapportens tittel:

### C-undersøkelse ved Ånholmen i Fosnes kommune, juli 2017

Feltdato: 10.07.2017 Toktleder: Aina Alice Olsen	Rapportdato: 28.12.2017 Rapportnummer: 180-7-17C	Antall sider uten vedlegg: 14 Antall sider totalt: 49
Oppdragsgiver: Emilsen Fisk AS	Kontaktperson: Per Anthonisen	Driftsleder: Ole Danielsen
Lokalitet: Ånholmen	Lokalitetsnummer: 32017	Koordinater: 64°43.188N, 11°27.701Ø
Kommune: Fosnes	Fylke: Nord-Trøndelag	MTB tillatelse: 3 900 tonn
Bakgrunn for undersøkelse: oppfølgende undersøkelse		Antall merder og omkrets: 14*120 m
<b>Sammendrag</b> <p>Aqua Kompetanse AS har gjennomført en akkreditert C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS 9410:2016. Akvaplan-niva har utført akkreditert opparbeiding og akkrediterte og uakkrediterte analyser av prøvematerialet. ALS Laboratory Group har utført akkrediterte kobberanalyser. Faunaundersøkelsen viste økologisk tilstandsklasse (TK) V for undersøkte bløtbunnsamfunn ved C1, TK III ved C3, og TK II ved C2, C4 og C5. 9410-klassifiseringen ga miljøtilstand 3 på anleggssonestasjonen C1. Faunaen på C1 var dominert av forurensningsindikatoren <i>Capitella capitata</i>, og det ble registrert <i>Malacoceros fuliginosus</i>. Den kjemiske undersøkelsen viste lavt nivå av TOC ved alle stasjonene, og fikk TK I. Nivået av TOM, TN og C/N-forholdet var lavt på alle stasjonene. Nivået av kobber ved C1 var lavt og havnet i TK I. Sedimentet ble karakterisert som forholdsvis grovkornet. De elektrokjemiske målingene var gode, og de sensoriske registreringene viste ingen tegn til påvirkning på sedimentet, med unntak av litt lukt på to stasjoner. Den hydrografiske undersøkelsen viste endringer i temperatur, salinitet og oksygenmengde fra overflaten og ned til bunnvannet, og bunnvannet ble vurdert til TK I. Miljøutviklingen fra 2014 til 2017 viser ingen store endringer. Den ytre sonen (C2) ved Ånholmen er klassifisert til å være god, og overgangssonene (C3, C4 og C5) er klassifisert til god. Undersøkelsesfrekvensen videre skal derfor være mellom hver tredje produksjonssyklus.</p>		
Emneord: miljøanalyse; sediment; C- undersøkelse; prøvetaking; tilstand; overvåkning		ID 401-12 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
<b>Rapportansvarlig:</b>  Aina Alice Olsen	<b>Kvalitetssikrer:</b>  Marthe Austad	

© 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.

## Forord

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

**Tabell 1:** Standarder og veiledere benyttet for denne undersøkelsen.

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

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



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

## Innholdsfortegnelse

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

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

Stasjoner		C1 (Anleggs- sone)	C2 (Ytre sone)	C3 (Overgangs- sone)	C4 (Overgangs- sone)	C5 (Overgangs- sone)
<b>Kjemi:</b>	pH/Eh	7,94/61	7,98/104	7,97/65	7,97/62	7,98/145
<b>Oksygen:</b>	Målt verdi (mL): O <sub>2</sub> , tilstandsklasse:					5,33 I
<b>*Fauna</b> Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013)	Antall arter (S):	12	105	42	93	90
	Antall ind. (N):	1656	1713	452	2145	1737
	NQI1:	0,278	0,702	0,591	0,688	0,677
	Shann.Wien. (H <sup>+</sup> ):	0,69	4,32	3,31	3,86	4,17
	Hurl.ind. (ES <sub>n=100</sub> ):	4,3	28,9	20,4	24,7	25,7
	AMBI:	5,94	3,09	3,81	2,97	3,14
	ISI:	5,31	9,84	7,20	8,80	9,38
	NSI:	7,3	22,8	18,2	22,0	21,9
	nEQR:	0,190	0,738	0,580	0,691	0,708
	J, Jevnhet (0-1):	0,23	0,68	0,68	0,64	0,70
	DI:	0,82	0,88	0,30	0,96	0,88
	<b>Miljøtilstand:</b>	3 (dårlig)				
<b>**SFT 97:03</b>	N-TOC (mg/g): N-TOC, tilstandsklasse:	18,4 I	17,2 I	17,7 I	17,0 I	16,8 I
<b>Tot. nitrogen</b>	TN (mg/g): Kommentar:	0,6 (Lav)	0,5 (Lav)	<0,2 (Lav)	0,23 (Lav)	0,3 (Lav)
<b>Tot. Org. materiale</b>	TOM (%): Kommentar:	2,4 (Lav)	1,8 (Lav)	0,7 (Lav)	1,5 (Lav)	1,9 (Lav)
<b>Forhold</b>	C/N: Kommentar:	9,4 (Lav)	9,6 (Lav)	lb**	10,9 (Lav)	10,4 (Lav)
<b>Pelitt</b>	Pelittandel (%)	29,7	27,9	9,8	19,3	24,5
<b>***Veileder 2229:2007</b>	Cu (mg/kg): Cu, tilstandsklasse:	9,6 I				
<b>****02:2013</b>	<b>Økologisk tilstand:</b>	V	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.

lb\*\* = kan ikke beregnes ettersom TN er under deteksjonsgrensen.

**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

Ånholmen startet produksjon med nåværende plassering i 2011, og **Tabell 4** viser produksjon og fôrforbruk ved anlegget for de tre foregående generasjonene. Tidligere C-undersøkelser og deres resultat er presentert i **Tabell 5**.

**Tabell 4:** *Produksjonsdata og fôrforbruk for de tre foregående generasjonene ved Ånholmen (tall hentet fra Emilsen Fisk AS v/Per Anthonisen).*

Utsett	Generasjon:	Produsert mengde (tonn)	Utfôret mengde (tonn)	Utslakt
12.05.2011	V -11	4 793	5 457	21.11.2012
21.03.2013	V -13	5 041	5 955	29.10.2014
11.08.2015	H -15	5 388	6 435	13.03.2017

**Tabell 5:** *Tidligere C-undersøkelser ved Ånholmen (Strøm, 2014). Nederste rad viser resultatene fra denne undersøkelsen.*

Dato feltarbeid	Generasjon	Biomasse ved undersøkelse (t)	Utfôret mengde (t)	Produsert mengde (t)	Økologisk tilstand:	Miljøtilstand for stasjon C1
13.08.2014	V -13	3 360	5 941	5 130	Åhn1: ikke foretatt Åhn2: II Åhn3: II	3 (dårlig)
10.07.2017	Brakklagt	0	0	0	C1: V C3: III C2, C4, C5: II	3 (dårlig)

# 1. Materiale og metode

## 1.1 Utstyr og metode

Akkreditert prøveinnsamling ble gjort fra oppdretters båt den 10. juli 2017. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS 9410:2016 av Aina Alice Olsen og Eskil Bendiksen 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 m<sup>2</sup> Van Veen-grabb, og på hver prøvestasjon ble det foretatt tre grabbhugg. Makrofaunaprøver tas ut av to av huggene, og 100-300 ml geologi- og kjemiprøver tas ut av ett. For makrofauna ble sedimentet skylt over en 1 mm sikt, gjenværende innhold i sikt lagt på glass og tilsatt 4% formalin bufret med borax og iblandet bengalrose. Geologi- og kjemiprøvene fryses ned frem til analyse. Prøvene ble tatt i henhold til metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410 av Aqua Kompetanse, og Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser og tolkning av innsamlet materiale. For videre beskrivelse av metodikk og indekser for analyser av makrofauna, geologi og kjemi se rapport fra Akvaplan-niva AS i **Vedlegg B**.

### 1.1.2 Elektrokjemiske målinger

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

Ved hver stasjon har Aqua Kompetanse AS utført elektrokjemiske målinger i sedimentet i henhold til Norsk Standard NS 9410:2016. Apparatet som ble brukt er av typen Hach, modell HQ40]. Resultatet fra de elektrokjemiske målingene kan leses av i **Tabell 2**. Rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

### 1.1.3 Hydrografi

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

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

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

				Tilstandsklasser				
				I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat/ Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Parameter	Veileder	Måleenhet						
Dypvann	Oksygen	97:03	ml O <sub>2</sub> / 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/m<sup>3</sup>, eventuelt g/cm<sup>3</sup>), 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 («C5», nord for lokaliteten; **Figur 2**) av Aqua Kompetanse AS. Målingene ble utført med en CTD av typen SAIV SD204 påmontert en SAIV205 oksygensensor. Instrumentet målte annethvert sekund ned og opp igjennom vannsøylen. Registrerte data ble bearbeidet ved bruk av SAIV AS eget dataprogram for instrumentet, MiniSoft SD200W og figurer er produsert i 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 Fosnes kommune, Nord-Trøndelag. Anlegget er plassert i en skråning som skrår i nordlig retning fra land og ut mot Follafjorden (**Figur 1-3**). I tillegg er det en helning på sjøbunnen under anlegget som skrår mot en dypere grop i nordøstlige del av anlegget. Sør for anlegget skrår sjøbunnen oppover mot land, og nord for anlegget skrår sjøbunnen brått ned til rundt 350 meter. Dybden under selve anlegget varierer fra rundt 60 meter på det grunneste (nærmest land) til rundt 150 på det dypeste. Bunn sedimentet under anlegget besto i hovedsak av silt, sand og fjellbunn, med noe innslag av grus og stein (Olsen, 2017).

Lokaliteten er vurdert etter en C-undersøkelse i henhold til NS 9410:2016. Økende maksimal tillatt biomasse (MTB) gir økende antall prøvestasjoner, og med en MTB på 3 900 tonn ved Ånholmen er veiledende antall prøvestasjoner 5 (jamfør **Tabell 7**).

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

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



### 1.2.1 Vannstrøm

Spredningsstrømmen (75 m) beveger seg mot sørvest med en mindre returstrøm mot nordøst, med hyppigste strømmetninger mot 195, 210, 15 og 90 grader (Pedersen & Hagen, 2016). Strømhastighetene er vist i **Tabell 8**, og retningen på spredningsstrømmen er markert i **Figur 2**.

**Tabell 8:** Strømmålinger ved Ånholmen. Overflatestrøm (perioden 06.10.2012-08.11.2012) og dimensjoneringsstrøm (perioden 14.04.2012-31.05.2012) er målt med Nortek profilerende doppler (64°43.285N, 11°27.866Ø) (Andersen, 2012). Spredningsstrøm (75 m, perioden 20.05.2016-22.06.2016) og bunnstrøm (perioden 06.08.2010-07.09.2010) er målt med SD 6000 rotormålere (64°43.268N, 11°27.879Ø; Pedersen og Hagen, 2016) (64°43.230N, 11°27.682Ø; Andersen, 2010).

Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimalhastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5	6,9	36,8	12,4	0,9
15	9,5	36,2	15,3	0,9
75	1,6	7,0	2,5	48,2
92	1,2	6,6	1,6	81,4

### 1.2.2 Stasjonsplassering

Det er utført C-undersøkelser ved Ånholmen tidligere, og den siste var utført i august 2014. På bakgrunn av nye retningslinjer for stasjonsplassering jmfør NS9410:2016 ble det gjort endringer på stasjonsplasseringene ved foreliggende undersøkelse. Ingen av stasjonene fra 2014 kunne brukes ved årets undersøkelse. Stasjonene er plassert med hensyn til fremherskende strømmetning og bunntype. Under planleggingsfasen ble opprinnelig anleggssonestasjon, «C1 opprinnelig», plassert i overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen, like innenfor anleggsramma sør i anlegget. Ved selve feltarbeidet viste det seg at anleggsrammen var noe avvikende, og det ble derfor satt en ny anleggssonestasjon, «C1 ny» (**Figur 2** og **3**). I ytterkant av overgangssonen ligger stasjon «C2», omtrent 460 meter vest for anleggsrammen. Overgangsstationene «C3», «C4» og «C5» ble plassert henholdsvis 160 meter sørvest, 140 meter og 250 meter nord for anleggsrammen.

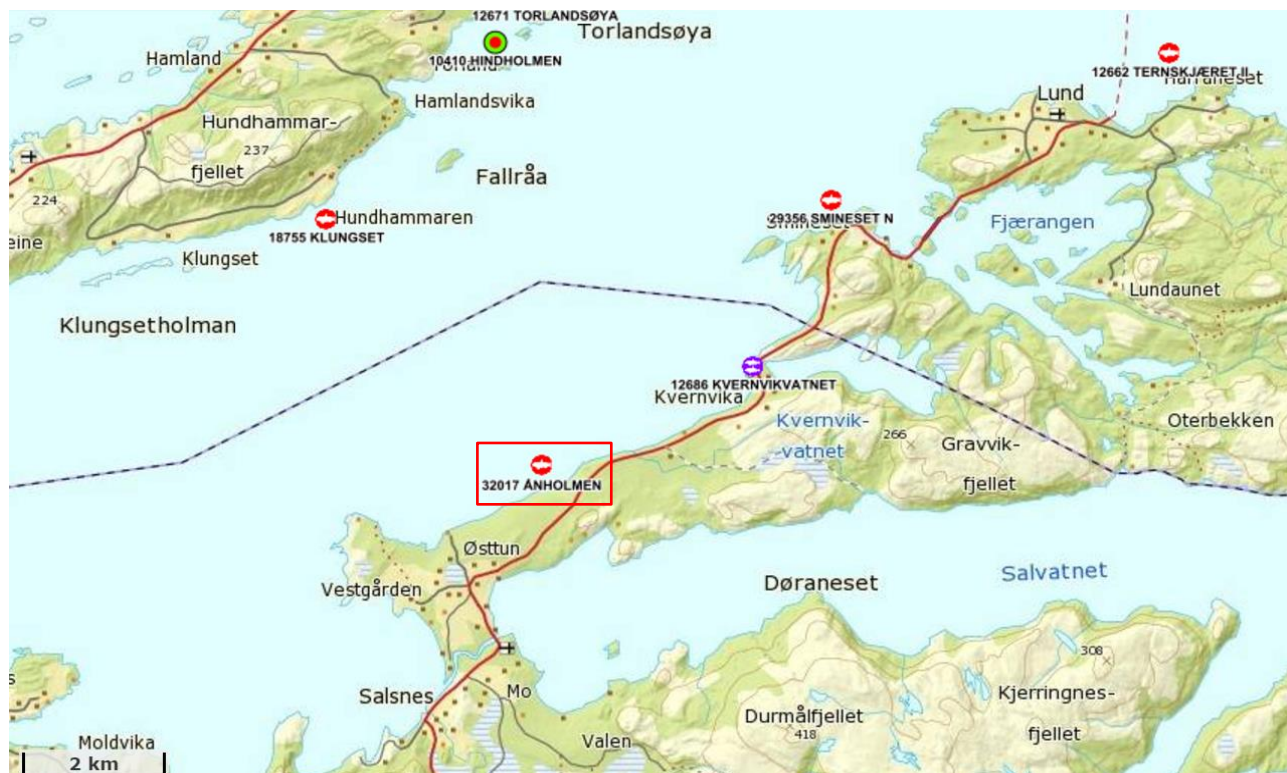
Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 9**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinat som ved denne undersøkelsen.

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

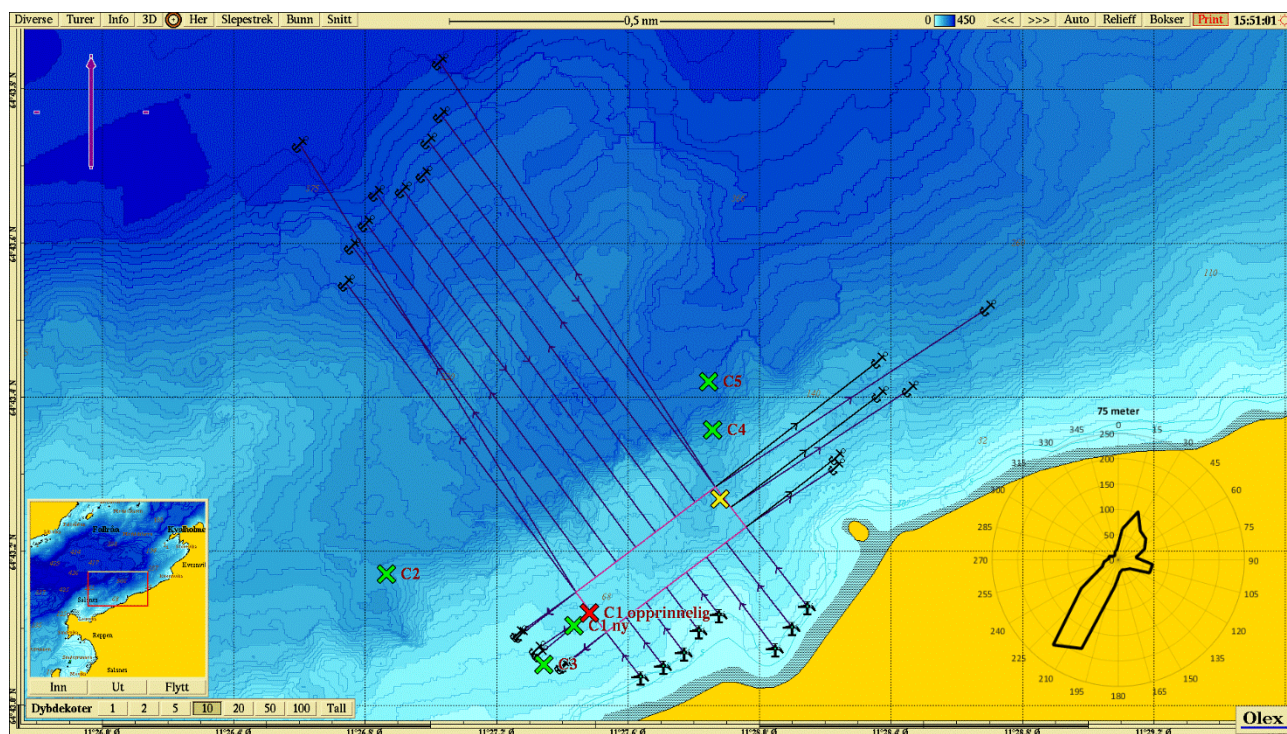
Stasjoner	C1 (Anleggssone)	C2 (Ytre sone)	C3 (Overgangssone)	C4 (Overgangssone)	C5 (Overgangssone)
Koordinater:	64°43.103 N 11°27.435 Ø	64°43.169 N 11°26.864 Ø	64°43.052 N 11°27.343 Ø	64°43.357 N 11°27.858 Ø	64°43.420 N 11°27.845 Ø
Dybde (m)	67	215	50	274	314

### 1.2.3 Kartbilder: Stasjonsplassering og anleggslokalisering

Samtlige kart er med kartdatum WGS84.

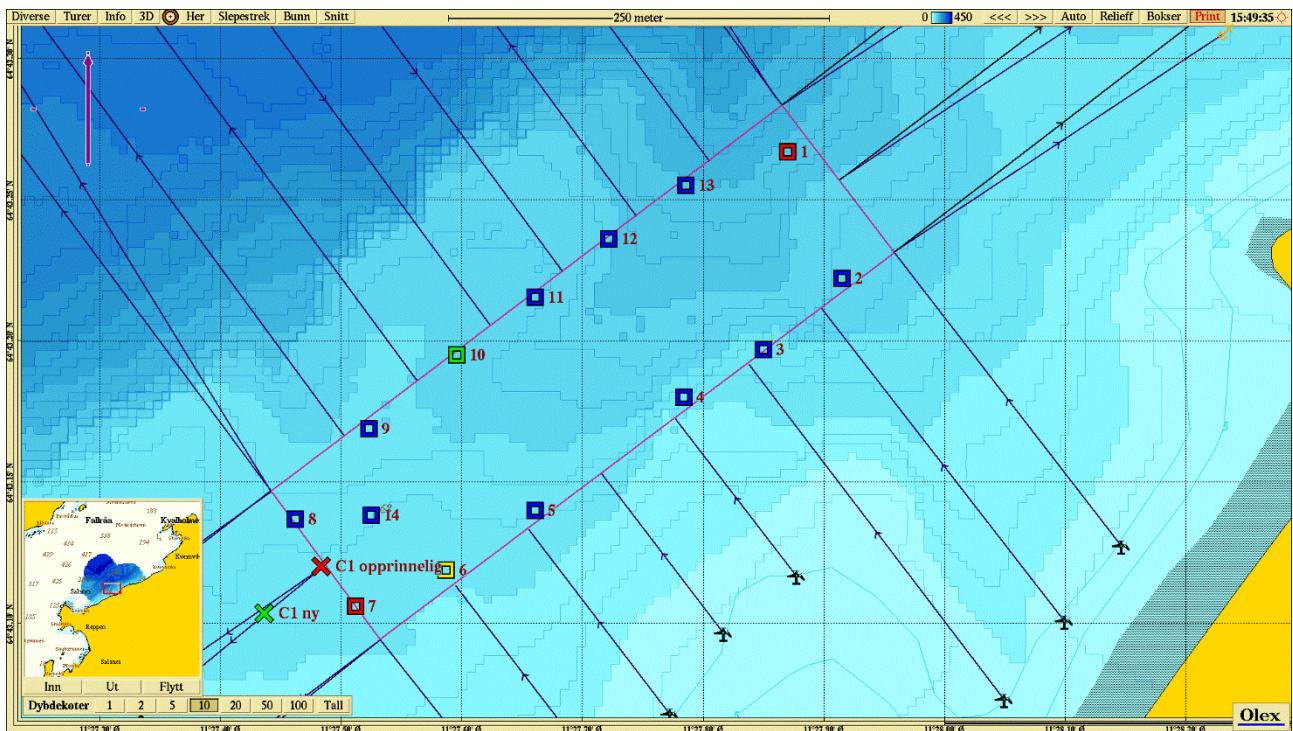


Figur 1: Oversiktskart med plasseringen av anlegget (rød firkant) i forhold til andre anlegg. Målestokk 1:80 000. Kilde: Fiskeridirektoratets kartløsning.



Figur 2: Kartet viser anleggs plassering sammen med C-stasjoner og forføyningslinjer. Lilla pil viser orientering av kart, strømrøse viser vanntransport ( $m^3/m^2/døgn$ ) for hver 15° sektor på 75 meters dyp (spredningsdyp), og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2016 ( $64^{\circ}43.268N$ ,  $11^{\circ}27.879\text{Ø}$ ; Pedersen & Hagen, 2016). Rødt kryss markerer opprinnelig plassering av stasjon C1 Kilde: Olex.





**Figur 3:** Sjøkart som viser bunndata fra Ånholmen i 5,6 meters oppløsning, anleggsplassering og fortøyningslinjer sammen med prøvestasjoner fra forrige B-undersøkelse (Olsen, 2017) og C-undersøkelsens innerste stasjon (grønt kryss; C1). Rødt kryss markerer opprinnelig plassering av stasjon C1. Kilde: Olex.

### 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.

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

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

## 2. Resultat

### 2.1 Makrofauna og kjemiske analyser

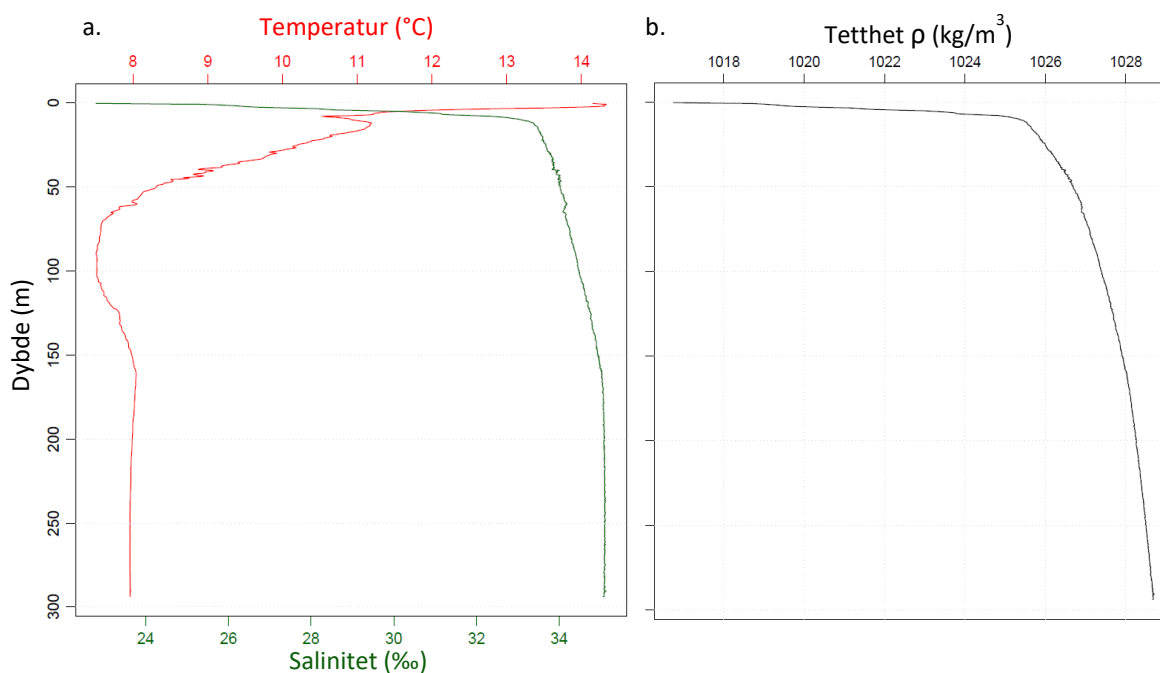
For fullstendig rapport på resultatene fra analysene av makrofauna og geologi/kjemi, se rapport fra Akvaplan-niva i **Vedlegg B**.

#### 2.1.1 Elektrokjemiske målinger og sensoriske registreringer

De elektrokjemiske målingene viste normale verdier ved alle fem stasjoner (**Tabell 2**), med pH mellom 7,94 og 7,98, og positive Eh-målinger mellom 61 og 145mV. Det ble ikke registrert misfargede sedimenter, slam eller gassbobler på noen av stasjonene. «C1» og «C3» ble registrert med litt lukt, og de resterende tre stasjonene hadde ingen lukt. Fyllingsgraden varierte mellom stasjonene, men også mellom huggene på hver stasjon; «C1» og «C3» med 6-10 cm, «C2» med 11-15 cm (¾ full), «C4» med 7-15 cm, og «C5» med 9-15 cm full. Sedimentet besto av sand og silt på «C1» og «C3», sand og leire på «C2», silt, sand og grus på «C4», og leire, silt og grus på «C5».

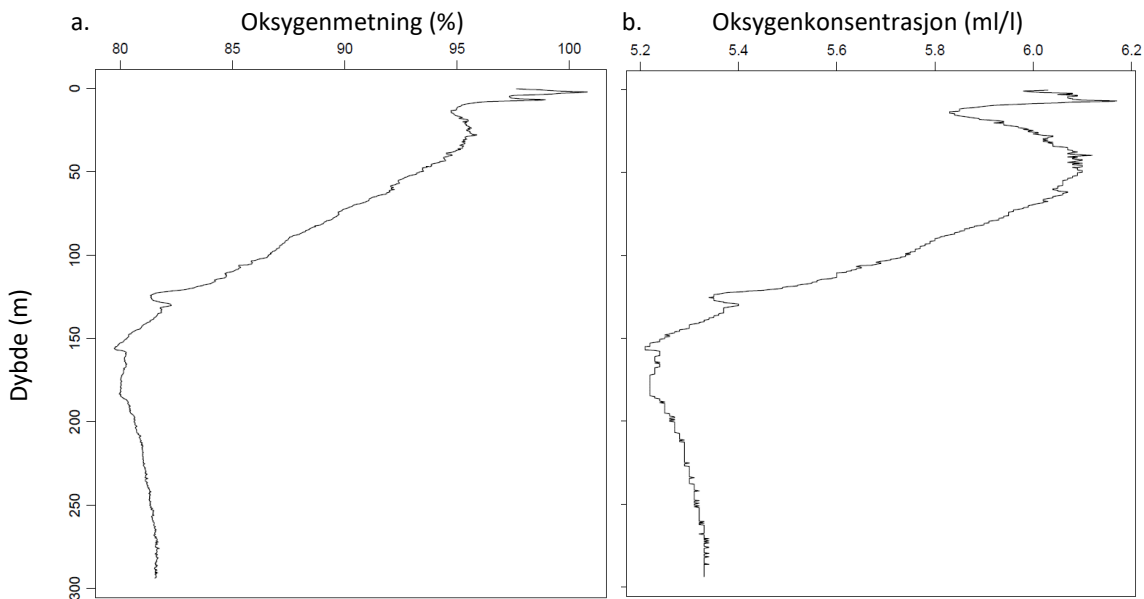
### 2.2 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) i dypområdet ved lokaliteten («C5»; **Figur 3**). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i **Figur 4** og **5**.



**Figur 4:** (a) Sjøtemperatur (°C; rød) og salinitet (‰; grønn) og (b) tetthet (kg/m<sup>3</sup>) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 300 meters dyp ved stasjon «C5» den 10.07.2017.

Sjøtemperaturen var 14,3°C i overflatevannet ved undersøkelsestidspunktet, og på 10 meter var temperaturen 10,9°C. Fra 10 meter synker temperaturen med økende dybde, og stabiliserer seg på rundt 60 meters dyp (8,0°C). Temperaturen på bunnvannet på rundt 300 meter er 8,0°C (**Figur 4a**). Saliniteten var 24,5‰ i overflatevannet, og øker nokså raskt i det øverste vannlaget. På rundt 10 meter er saliniteten økt til 33‰, og stabiliserer seg på rundt 40-50 meter (34‰). Bunnvannet har en salinitet på 35‰ (**Figur 4a**). Tettheten øker med 10,6 kg/m<sup>3</sup> fra overflaten og ned til bunnen (**Figur 4b**). Tetthetsgrafen følger salinitetsgrafen, med økende verdier med økende dybde.



**Figur 5:** (a) Oksygenmetning (%) og (b) oksygenkonsentrasjon (ml/l) fra bunnen og opp til overflaten (up-cast) på 300 meters dyp ved stasjon «C5» den 10.07.2017.

I overflatevannet er oksygennivået på 6,0 ml/l med en oksygenmetning på 98,3%, som reduseres med økende dyp. På rundt 150 meter er konsentrasjonen 5,24 O<sub>2</sub> ml/l (metning 80,2%), og er relativt stabilt ned til bunnvannet på 300 meters dyp (5,3 ml/l og 81,5% metning). En oksygenkonsentrasjon på 5,33 ml/l på bunnvannet tilsvarer tilstand I «Svært god» etter klassifisering for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 6**.

Hydrografien viste relativt lav salinitet ved Ånholmen på undersøkelsestidspunktet. Lokaliteten er plassert ganske nær land, og flere steder er det tilførsel av ferskvann i nærheten.

### 3. Oppsummering

Faunaundersøkelsen viste økologisk tilstandsklasse V (svært dårlig) for undersøkte bløtbunnsamfunn ved «C1», tilstandsklasse III (moderat) ved «C3», og tilstandsklasse II (god) ved «C2», «C4» og «C5». En samlet tilstandsklassifisering for overgangsstasjonene «C3», «C4» og «C5» ga tilstandsklasse II (god). Anleggssonestasjonen «C1» fikk miljøtilstand 3 (dårlig) etter NS 9410:2016-klassifiseringen for stasjoner i anleggssonen. Individfordelingen (J) var ujevn for «C1» og moderat jevn for de resterende stasjonene. Faunaen på «C1» var dominert av forurensingsindikatoren *Capitella capitata*, og det ble registrert *Malacoceros fuliginosus*. På de resterende stasjonene var faunaen dominert av opportunistiske og tolerante arter.

Den kjemiske undersøkelsen viste lavt nivå av total organisk karbon (TOC) ved alle stasjonene, og fikk tilstandsklasse I (svært god). Nivået av total organisk materiale (TOM) og total nitrogen (TN) var lavt på alle stasjonene, og C/N-forholdet var også lavt. Nivået av kobber ved «C1» var lavt og havnet i tilstandsklasse I. Sedimentet ble karakterisert som forholdsvis grovkornet. De elektrokjemiske målingene viste normale pH-verdier på samtlige stasjoner, og positive Eh-verdier. De sensoriske registreringene viste ingen tegn til påvirkning på sedimentet, med unntak av litt lukt ved «C1» og «C3».

Den hydrografiske undersøkelsen viste at temperaturen sank med økende dybde, og saliniteten økte med økende dybde. Oksygenmengden reduseres med økende dyp, der oksygenkonsentrasjonen på bunnvannet er 5,33 ml/l, som tilsvarer tilstandsklasse I (svært god). Det er relativt lav salinitet på overflaten (24,5‰), som skyldes ferskvannsavrenning fra land. Tetthetsprofilen (**Figur 4b**) viser en tydelig sjikting av vannlaget på rundt 15 meters dyp.

Miljøutviklingen fra 2014 til 2017 viser ingen store endringer. Stasjonsplasseringene ved foreliggende undersøkelse er ikke lik stasjonsplasseringene i 2014, slik at sammenligningen gjøres på et generelt grunnlag. Nivåene av TOC og kobber er lik i 2014 som ved foreliggende undersøkelse. Faunavurderingen på nærstasjonen i 2014 ble utført semikvantitativt, og fikk miljøtilstand 3, som er den samme tilstanden ved nærstasjonen ved foreliggende undersøkelse. Faunatilstanden i nærsoneen synes å være lik for begge undersøkelsene, med en fauna som var dominert av forurensingsindikatorerne *C. capitata* og *M. fuliginosus*. Faunaen i overgangssonen fikk TK II i både 2014 og 2016, men en ny overgangsstasjon i 2017 fikk TK III.

Den ytre sonen ved Ånholmen er klassifisert til å være god, og en samlet tilstandsklassifisering for overgangssonene ble klassifisert til å være god. Undersøkelsesfrekvensen videre skal derfor være mellom hver tredje produksjonssyklus (jmfør **Tabell 10**).

#### 4. Referanser

Andersen, P. (2010) Lokalteten: Ånholmen, Fosnes. Strømmålinger. Bunnstrøm. Rapport levert av Marin Konsulent i Nord-Trøndelag.

Andersen, P. (2012) Lokalteten: Ånholmen, Fosnes. Strømmålinger. Overflate- og dimensjoneringsstrøm. Rapport levert av Marin Konsulent i Nord-Trøndelag. Revidert rapport.

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 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) Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge. NS 9410:2016.

Olsen, A. A. (2017) B-undersøkelse ved Ånholmen i Fosnes kommune, juli 2017. Rapportnummer 181-7-17B levert av Aqua Kompetanse AS.

Pedersen, A. & Hagen, L. (2016) Måling av vannstrøm ved Ånholmen, Fosnes, mai-juni 2016. (Spredningsstrøm.) Rapport 107-6-16S levert av Aqua Kompetanse AS.

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

Strøm, V. (2014) MOM C-undersøkelse ved oppdrettslokalitet Ånholmen i Fosnes kommune, Nord-Trøndelag. August 2014. Rapportnummer 110-8-14C levert av Aqua Kompetanse AS.



## Vedlegg A – Bilder av sediment



**Figur A-1:** Bilde av sedimentet ved «C1». Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 29,7% (se Akvoplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



**Figur A-2:** Bilde av sedimentet ved «C2». Sedimentet besto av leire og sand, og hadde en pelittandel på 27,9% (se Akvoplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.





**Figur A-3:** Bilde av sedimentet ved «C3». Sedimentet besto av silt og sand, og hadde en pelittandel på 9,8% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



**Figur A-4:** Bilde av sedimentet ved «C4». Sedimentet besto av silt, sand og grus, og hadde en pelittandel på 19,3% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.





**Figur A-5:** *Bilde av sedimentet ved «C5». Sedimentet besto av leire, silt og grus, og hadde en pelittandel på 24,5% (se Akvaplan-niva rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.*

## **Vedlegg B – Akvaplan-niva rapport**

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

**Forfatter(e) / Author(s)**

Hans-Petter Mannvik

**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

9034.01

**Dato / Date**

02.11.2017

**Antall sider / No. of pages**

11 + Vedlegg

**Distribusjon / Distribution**

Gjennom oppdragsgiver

**Oppdragsgiver / Client**

Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger

**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Aina Alice Olsen

**Sammendrag / Summary**

Det er gjennomført en miljøovervåking type C på oppdrettslokaliteten Ånholmen 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 black ink.

Roger Velvin

**Kvalitetskontroll / Quality control**

Handwritten signature of Roger Velvin in black ink.

Roger Velvin

© 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 TOC, TOM, TN, C/N og kornfordeling .....	6
2.1.2 Kobber i sediment, C1 .....	6
2.2 Bunndyr .....	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser .....	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER .....	10
3.1 Sammenfatning.....	10
3.2 Sammenligning med resultater fra 2014.....	10
4 REFERANSER.....	11
5 VEDLEGG .....	12
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister .....	12
Vedlegg 2. Analysebeviser .....	26

# Forord

---

Akvaplan-niva har gjennomført geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunn-samfunnene ved oppdrettslokaliteten Ånholmen. 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	Prosjektleder (Akvaplan-niva). Identifisering bunndyr (Varia). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). 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, Tsjekkia

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

Tromsø, 02.11.2017



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

Stasjon	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN. Cu
C2	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C3	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C4	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.
C5	Kvantitativ bunndyranalyse. TOM, TOC. Korn. TN.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665:2014. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreakt. *KvalitetsMåndbok 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 Ånholmen er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Ånholmen 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5
Dyp (m)	67	215	50	274	314
GPS	64°43,103 N 11°27,435 Ø	64°43,169 N 11°26,864 Ø	64°43,052 N 11°27,343 Ø	64°43,357 N 11°27,858 Ø	64°43,420 N 11°27,845 Ø

## 1.2 Geokjemiske analyser

### 1.2.1 Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekttape etter forbrenning ved 495 °C. Vekttape i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduerbarheten 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 bunndyrlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunndyrartene 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 Direktoratets gruppen

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

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

## 2 Resultater

### 2.1 Geokjemiske analyser

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

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

TOM- og TN-nivåene var lave. TOC-nivåene var lave på alle stasjonene og i tilstandsklasse I. C/N-forholdene var lave på stasjonene. Sedimentene var forholdsvis grovkornet med pelittandeler mellom 9,8 og 29,7 %.

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

St.	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt
C1	2,4	5,8	18,4	I – Meget god	0,6	9,4	29,7
C2	1,8	4,3	17,2	I – Meget god	0,5	9,6	27,9
C3	0,7	1,5	17,7	I – Meget god	< 0,2	Ib**	9,8
C4	1,5	2,5	17,0	I – Meget god	0,23	10,9	19,3
C5	1,9	3,2	16,8	I – Meget god	0,3	10,4	24,5

\* 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 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

Ib\*\* = Kan ikke beregnes ettersom TN er under deteksjonsgrensen.

#### 2.1.2 Kobber i sediment, C1

Kobbernivået i sedimentet på C1 er vist i Tabell 4. Nivået var lavt og i tilstandsklasse I.

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

St.	Cu	Klasse
C1	9,6	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.

Antall individ varierte fra 452 (C3) til 2145 (C4) og antall arter fra 12 (C1) til 105 (C2). På C1 viste de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, økologisk tilstandsklasse V "Svært dårlig". På C2, C4 og C5 lå de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, i klasse II "God". For C3 viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse III "Moderat".

En samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen viste tilstandsklasse II for alle indeksene.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en skjev individfordeling mellom artene og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Individfordelingen var ujevn for C1 (0,23) og moderat jevn for de andre stasjonene (0,64 – 0,70).

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m<sup>2</sup>, H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES<sub>100</sub> = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI<sub>2012</sub> = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Ånholmen 2017. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individer	Ant arter	H'	ES <sub>100</sub>	NQI1	ISI <sub>2012</sub>	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	1656	12	0,69	4,3	0,278	5,31	7,3	0,190	0,82	5,94	0,23
C2	1713	105	4,32	28,9	0,702	9,84	22,8	0,738	0,88	3,09	0,68
C3	452	42	3,31	20,4	0,591	7,20	18,2	0,580	0,30	3,81	0,68
C4	2145	93	3,86	24,7	0,688	8,80	22,0	0,691	0,96	2,97	0,64
C5	1737	90	4,17	25,7	0,677	9,38	21,9	0,708	0,88	3,14	0,70
C3, C4, C5	-	-	3,78	23,6	0,652	8,46	20,7	0,66	0,71	3,30	0,67

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

### 2.2.1.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på innerste stasjon (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 Må1. Data for antall arter og dominerende taksa er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 3 "Dårlig". Kriteriet for miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 - 19 arter, hvorav ingen utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet. Forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) utgjør mer enn 90 % av individene og skrives derfor ned til tilstand 3.

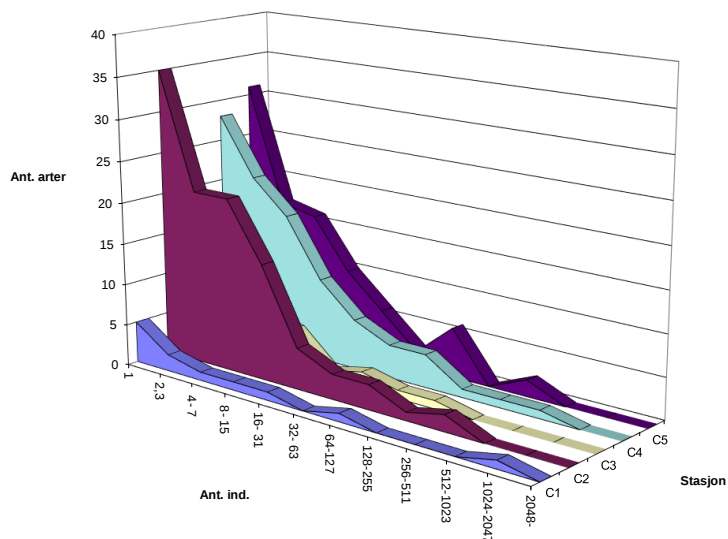
Tabell 6. NS 9410:2016 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet i anleggssonen C1, Ånholmen, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand - NS 9410
C1	Ånholmen	12	Capitella capitata – 90,3 %	3 - Dårlig

### 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.

Kurven for C1 startet lavt og strakk seg lengst ut mot høyere klasser, noe som indikerer faunapåvirkning på stasjonen. De andre kurvene startet moderat (C3) til naturlig høyt og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser og kortest for C3. Disse kurvene ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

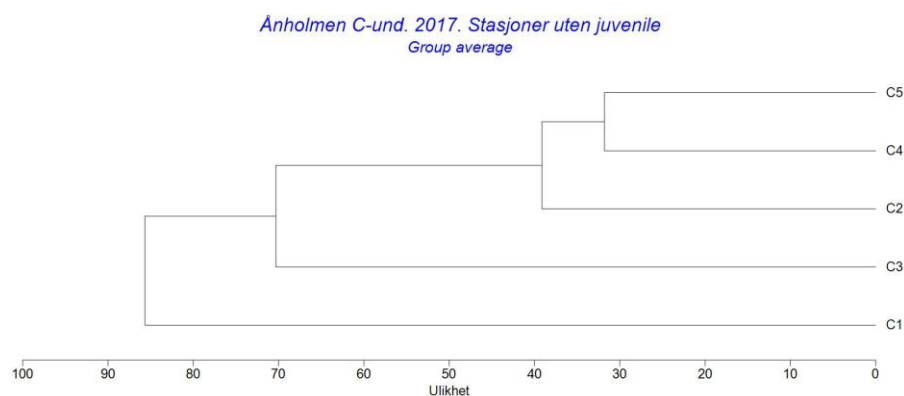


Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Ånholmen, 2017 (pr. 0,2 m<sup>2</sup>).

#### 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 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.

Stasjonene ble skilt i tre hovedgrupper med C2, C4 og C5 i den ene gruppen. For disse hadde faunasammensetningen mer enn 60 % likhet. C3 var 30 % lik disse og C1 bare 14 % lik de øvrige stasjonene.



Figur 2. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Ånholmen, 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 C1 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med 90,3 % av individene. En annen forurensningsindikator, børstemarken *Malacoceros fuliginosus*, var også representert, men med færre individer. De øvrige artene blant topp-10 var hovedsakelig tolerante og opportunistiske arter.

På C2 og C4 dominerte den tolerante muslingen *Abra nitida* med hhv. 20 og 35 % av individene. De øvrige artene blant topp-10 var hovedsakelig nøytrale og tolerante arter, men også med forekomst av en opportunistisk art på begge stasjonene.

På C3 dominerte den tolerante børstemarken *Chaetozone* sp. med 34 % av individene. Forurensningsindikatoren *C. capitata* var også godt representert her. Ellers var arter fra de andre økologiske gruppene til stede her.

På C5 dominerte den tolerante børstemarken *Paramphinome jeffreysii* med 19 % av individene. De øvrige artene blant topp-10 var en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter, men ingen forurensningsindikatorer var blant disse.

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

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Capitella capitata</i>	1497	90,3 %	V	<i>Abra nitida</i>	358	20 %	III
<i>Prionospio plumosa</i>	116	97 %	Ik	<i>Dipolydora</i> sp.	306	38 %	Ik
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	19	98 %	V	<i>Thyasira equalis</i>	191	49 %	III
<i>Lagis koreni</i>	9	99 %	IV	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	118	56 %	III
<i>Nemertea</i> indet.	4	99 %	III	<i>Tharyx killariensis</i>	85	60 %	II
<i>Chaetozone</i> sp.	3	99 %	III	<i>Chaetozone</i> sp.	67	64 %	III
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	3	100 %	IV	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	49	67 %	IV
<i>Cerianthus lloydii</i> juv.	2	100 %	III	<i>Aphelochaeta</i> sp.	45	70 %	II
<i>Glyphohesionia klatti</i>	1	100 %	II	<i>Galathowenia oculata</i>	43	72 %	III
<i>Lucinoma borealis</i>	1	100 %	I	<i>Ophiuroidea</i> indet. juv.	35	74 %	II
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Chaetozone</i> sp.	155	34 %	III	<i>Abra nitida</i>	761	35 %	III
<i>Capitella capitata</i>	72	50 %	V	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	288	48 %	III
<i>Prionospio plumosa</i>	43	59 %	Ik	<i>Dipolydora</i> sp.	130	54 %	Ik
<i>Thyasira flexuosa</i>	38	67 %	III	<i>Thyasira sarsii</i>	116	60 %	IV
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	23	72 %	IV	<i>Thyasira equalis</i>	109	65 %	III
<i>Pholoe baltica</i>	15	76 %	III	<i>Tharyx killariensis</i>	83	68 %	II
<i>Goniada maculata</i>	13	78 %	II	<i>Chaetozone</i> sp.	65	71 %	III
<i>Sthenelais</i> sp.	10	81 %	I	<i>Aphelochaeta</i> sp.	52	74 %	II
<i>Edwardsia</i> sp.	9	83 %	II	<i>Diplocirrus glaucus</i>	51	76 %	II
<i>Amphictene auricoma</i>	8	84 %	II	<i>Diastylis cornuta</i>	40	78 %	I
C5	Ant.	Kum.	EG				
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	340	19 %	III				
<i>Abra nitida</i>	317	38 %	III				
<i>Chaetozone</i> sp.	121	44 %	III				
<i>Thyasira equalis</i>	119	51 %	III				
<i>Dipolydora</i> sp.	107	57 %	Ik				
<i>Tharyx killariensis</i>	104	63 %	II				
<i>Aphelochaeta</i> sp.	98	69 %	II				
<i>Thyasira sarsii</i>	71	73 %	IV				
<i>Diplocirrus glaucus</i>	38	75 %	II				
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	35	77 %	IV				

\*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 Ånholmen i 2017 kan sammenholdes som følger:

- TOM- og TN-nivåene var lave. TOC-nivåene var lave på alle stasjonene og i tilstandsklasse I. C/N-forholdene var også lave på stasjonene. Sedimentene var forholdsvis grovkornet. Kobbernivået var lavt på C1 og i klasse I.
- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse V på C1, klasse III på C3 og klasse II på de tre andre stasjonene. NS 9410:2016 klassifisering på C1 ga miljøtilstand 3. Faunaen på C1 var dominert av forurensningsindikatoren *Capitella capitata*. På denne stasjonen var det også en annen forurensningsindikator tilstede, børstemarken *Malacoceros fuliginosus*. På de andre stasjonene var faunaen dominert av opportunistiske og tolerante arter.

### 3.2 Sammenligning med resultater fra 2014

Det ble utført en miljøundersøkelse på lokaliteten i 2014 der konklusjonene var: "*Nivåene av organisk karbon (TOC) i sedimentet var lave på alle tre stasjonene med tilstandsklasse II i nærsonen og klasse I i overgangs- og fjernsonen. Sedimentene var ikke belastet med fosfor, kobber eller sink. Nivåene for de to sistnevnte parametere ble klassifisert i tilstandsklasse I på alle stasjonene. Bløtbunnsamfunnet i nærsonen var forstyrret, vist ved lav artsrikdom og dominans av forurensningsindikatoren Capitella capitata. Klassifisering i henhold til NS 9410 ga miljøtilstand 3 "Dårlig". Faunaindeksene fra overgangssonen viste økologisk tilstandsklasse I og II, med nEQR i klasse II. Samtlige av faunaindeksene i fjernsonen, inkludert nEQR, viste økologisk tilstandsklasse II.*"

Posisjonene for de tre stasjonene som var med i 2014, Ånh1, Ånh2 og Ånh3, er ikke helt lik de som er brukt i årets undersøkelse og sammenligningen med årets undersøkelse kan da bare gjøres på generelt grunnlag. Nivåene av TOC og kobber er lik i de to undersøkelsene. På nærstasjonen Ånh1 ble det bare utført en semikvantitativ faunavurdering der faunaen fikk miljøtilstand 3. Faunaen var også da dominert av de to forurensningsindikatorerne *C. capitata* og *M. fuliginosus*, slik at faunatilstanden synes å være lik i de to undersøkelsene. Faunaen i overgangssonen var i tilstandsklasse II i begge undersøkelsene, men en ny stasjon i overgangssonen i 2017, C3, hadde faunatilstand III.



## 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, 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.

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.

Velvin, R., 2015. Aqua Kompetanse. C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Ånholmen, 2014. Bløtbunn. APN-rapport 7299.01, 11 s + vedlegg.

# 5 Vedlegg

## Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister

### Diversitetsmål

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

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

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

der  $n_i$  = antall individer av art  $i$  i prøven

$N$  = totalt antall individer

$s$  = antall arter

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

### Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

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

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

### Hurlberts diversitetskurver

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

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

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

der  $N$  = totalt antall individ i prøven

$N_i$  = antall individ av art  $i$

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

$s$  = totalt antall arter i prøven

### Plott av antall arter i forhold til antall individer

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

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

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

### Faunaens fordelingsmønster

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

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

### Clusteranalyse

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

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

der  $n$  = antall arter sammenlignet

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

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

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

### **Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)**

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-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:

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

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

### **Tetthetsindeks (Density index, DI)**

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

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

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

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

### Normalisert EQR (nEQR)

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

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

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

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

Klasseintervallet er 0,2 for alle klassene.

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

### Referanser:

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

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

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

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

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

## Statistikk resultater Ånholmen, 2017:

### Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	7703	1656	1713	452	2145	1737
no. spe.	172	12	105	42	93	90

### Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	7703	448	1208	892	821	215	237	722	1423	717	1020
no. spe.	172	9	7	88	74	32	27	54	83	60	68
Shannon-Wiener:		0,9	0,4	4,3	4,3	3,4	3,3	3,8	3,9	4,0	4,3
Pielou		0,30	0,15	0,67	0,70	0,67	0,68	0,67	0,61	0,68	0,71
ES100		6	3	30	28	23	18	24	26	24	27
SN		1,21	0,99	2,34	2,26	2,06	1,94	2,12	2,23	2,17	2,18
ISI-2012		5,84	4,78	9,96	9,73	7,56	6,84	8,64	8,96	9,55	9,22
AMBI		5,896	5,986	2,948	3,236	3,677	3,935	3,115	2,826	3,139	3,131
NQI1		0,30	0,26	0,72	0,69	0,61	0,57	0,67	0,71	0,68	0,68
NSI		7,5	7,0	23,1	22,5	17,8	18,6	21,9	22,1	21,8	22,1
DI		0,601	1,032	0,900	0,864	0,282	0,325	0,809	1,103	0,806	0,959

### Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	0,69	4,32	3,31	3,86	4,17
Pielou	0,23	0,68	0,68	0,64	0,70
ES100	4,3	28,9	20,4	24,7	25,7
SN	1,10	2,30	2,00	2,17	2,18
ISI-2012	5,31	9,84	7,20	8,80	9,38
AMBI	5,941	3,092	3,806	2,971	3,135
NQI1	0,28	0,70	0,59	0,69	0,68
NSI	7,27	22,81	18,23	22,03	21,94
DI	0,82	0,88	0,30	0,96	0,88
Tilstandsklasse nEQR *)	0,190	0,738	0,580	0,691	0,708

\*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

### Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	5	35	18	28	31
2,3	2	21	8	21	17
4-7	1	21	6	17	16
8-15	1	14	5	10	10
16-31	1	5	1	6	6
32-63	0	3	2	4	2
64-127	1	3	1	4	6
128-255	0	1	1	1	0
256-511	0	2	0	1	2
512-1023	0	0	0	1	0
1024-2047	1	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

# Artliste

## Ånholmen C-und. 2017

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<b>Stasjonsnr.: C1</b>						
CNIDARIA	Hydrozoa					
	Anthozoa		Hydrozoa indet.	-1		-1
			Cerianthus lloydii juv.		2	2
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4		4
ANNELIDA	Polychaeta					
		Spionida				
			Malacoceros fuliginosus	3	16	19
			Prionospio plumosa	57	59	116
			Pseudopolydora paucibranchiata	3		3
			Chaetozone sp.	3		3
		Capitellida				
			Capitella capitata	369	112	1497
		Phyllodocida				
			Phyllodoce mucosa		1	1
			Glyphohesionia klatti		1	1
			Syllis cornuta	1		1
		Terebellida				
			Lagis koreni	7	2	9
CRUSTACEA	Malacostraca					
		Euphausiacea				
			Euphausiacea indet.		1	1
MOLLUSCA	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Philine sp.	1		1
	Bivalvia					
		Veneroida				
			Lucinoma borealis		1	1
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1	-1	-2
			<b>Maks:</b>	369	1128	1497
			<b>Antall:</b>	11	10	16
			<b>Sum:</b>			1656
<b>Stasjonsnr.: C2</b>						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.		-1	-1
CNIDARIA	Anthozoa					
			Edwardsia sp.		1	1
			Actiniaria indet.	2		2
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	3	5	8
NEMATODA						
			Nematoda indet.	4	3	7
ECHIURIDA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
SIPUNCULIDA			Echiurus echiurus	1		1
			Golfingia margaritacea	1		1
			Golfingiidae indet.		1	1
			Onchnesoma steenstrupii	8	4	12
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Phylo grubei	1		1
			Levinsenia gracilis		4	4
		Spionida				
			Apistobranchnus tenuis		1	1
			Dipolydora sp.	159	147	306
			Laonice sarsi	1		1
			Prionospio cirrifera	2	3	5
			Prionospio dubia	5	1	6
			Pseudopolydora paucibranchiata	24	25	49
			Scolelepis korsuni	3	1	4
			Spiophanes kroyeri	8	7	15
			Spiophanes wigleyi	3	2	5
			Spiochaetopterus sp.	4	1	5
			Tharyx killariensis	42	43	85
			Aphelochaeta sp.	11	34	45
			Chaetozone sp.	19	48	67
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	2	4	6
			Notomastus latericeus	12	6	18
			Lumbriclymene cylindricauda		1	1
			Chirimia biceps		1	1
			Praxillella praetermissa		3	3
		Opheliida				
			Ophelina sp.		1	1
			Asclerocheilus intermedius	1		1
			Scalibregma inflatum	1	4	5
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa		1	1
			Phyllodoce groenlandica	1		1
			Sige fusigera	1	5	6
			Polynoidae indet.	1		1
			Panthalis oerstedii	1		1
			Parasthenelais hibernica	1	1	2
			Pholoe assimilis	2	1	3
			Pholoe baltica	9	3	12
			Pholoe pallida	8	2	10
			Glyphohesione klatti	1		1
			Exogone verugera	2	2	4
			Syllis cornuta	1	1	2
			Nereis zonata	2		2
			Glycera capitata	13	6	19
			Goniada maculata	1	3	4
			Aglaophamus pulcher	1		1
			Nephtys hombergii	1	1	2
			Nephtys hystricis	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	51	67	118
		Eunicida				
			Paradiopatra quadricuspis	2	2	4
			Abyssoninoe scopa	1	1	2
			Augeneria algida	1		1
			Lumbrineris mixochaeta	1	1	2
			Drilonereis filum	2	3	5
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	21	22	43
		Flabelligerida				
			Brada villosa	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Terebellida	Diplocirrus glaucus	12	14	26
			Amphictene auricoma	5	3	8
			Amythasides macroglossus	22	5	27
			Eclysippe vanelli	4		4
			Melinna albicincta	3	3	6
			Mugga wahrbergi	1		1
			Sabellides octocirrata		1	1
			Amaeana trilobata	3	1	4
			Lanice conchilega		1	1
			Pista mediterranea	2		2
			Pista sp.	1		1
			Polycirrus norvegicus		1	1
			Polycirrus sp.	3	9	12
			Streblosoma intestinale	3	1	4
			Terebellides sp.	8	3	11
			Trichobranchus roseus	2		2
		Sabellida	Chone sp.	3		3
			Euchone sp.	1		1
			Siboglinidae indet.	9	10	19
CRUSTACEA						
	Ostracoda		Ostracoda indet.	1		1
	Malacostraca					
		Cumacea	Eudorella sp.	2		2
			Diastylis cornuta	6	1	7
			Diastylodes serratus	1	2	3
		Tanaidacea	Tanaidacea indet.		2	2
		Amphipoda	Tryphosites longipes	2		2
			Harpinia sp.	2	9	11
			Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata		Caudofoveata indet.	3	7	10
	Prosobranchia	Heterogastropoda	Haliella stenostoma		1	1
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Philine sp.		1	1
			Cylichna sp.	1		1
	Bivalvia	Nuculoida	Yoldiella lucida	1		1
		Veneroida	Lucinoma borealis	1		1
			Adontorhina similis	6	7	13
			Mendicula ferruginosa	2	8	10
			Thyasira equalis	96	95	191
			Thyasira flexuosa	3	2	5
			Thyasira obsoleta	2	4	6
			Thyasira sarsii	7	3	10
			Kurtiella tumidula	1	1	2
			Abra nitida	217	141	358
			Kelliella miliaris	2		2
		Pholadomyoidea	Tropidomya abbreviata		1	1
			Cuspidaria obesa	3		3
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					



<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Asteroidea indet. juv.		2	2
	Ophiuroidea					
		Ophiurida	Amphiura chiajei	7	7	14
			Amphiura filiformis	1	4	5
			Ophiocten affinis		1	1
			Ophiura carnea	1	1	2
			Ophiuroidea indet. juv.	20	15	35
	Echinoidea					
		Echinoidea	Echinus sp.	1	1	2
		Spartangoida	Brisaster fragilis	1		1
			Spartangoida indet. juv.	1	1	2
			<b>Maks:</b>	217	147	358
			<b>Antall:</b>	91	80	111
			<b>Sum:</b>			1759

**Stasjonsnr.: C3**

CNIDARIA

Hydrozoa

Hydrozoa indet.

-1

-1

Anthozoa

Edwardsia sp.

5

4

9

Cerianthus lloydii  
Cerianthus lloydii juv.

2

1

3

4

4

NEMERTINI

Nemertea indet.

2

2

4

NEMATODA

Nematoda indet.

1

2

3

ANNELIDA

Polychaeta

Orbiniida

Scoloplos armiger

1

1

Aricidea cerrutii

1

1

Spionida

Prionospio cirrifera

1

3

4

Prionospio fallax

1

1

2

Prionospio plumosa

43

43

Pseudopolydora paucibranchiata

4

19

23

Spio armata

1

1

Spiophanes kroyeri

2

2

Tharyx killariensis

1

1

Chaetozone sp.

76

79

155

Capitellida

Capitella capitata

49

23

72

Heteromastus filiformis

1

3

4

Phyllodocida

Eumida bahusiensis

1

1

Sige fusigera

2

2

Gattyana cirrhosa

1

1

Polynoidae indet.

2

2

Pholoe baltica

10

5

15

Sthenelais sp.

5

5

10

Nereimyra punctata

1

1

Ophiodromus flexuosus

1

1

Exogone verugera

1

1

Glycera alba

1

1

Goniada maculata

6

7

13

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Eunicida	Nephtys hombergii	2		2
		Oweniida	Parougia eliasoni		1	1
		Terebellida	Owenia sp.	3	1	4
			Amphictene auricoma	6	2	8
			Lagis koreni	2	5	7
CRUSTACEA	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae indet.		1	1
MOLLUSCA	Prosobranchia	Mesogastropoda	Euspira montagui	1		1
			Euspira nitida	3		3
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Cylichna cylindracea	2		2
	Bivalvia	Veneroida	Thyasira equalis	1		1
			Thyasira flexuosa	15	23	38
			Thyasira sarsii		1	1
			Dosinia lupinus	1		1
		Pholadomyoidea	Tropidomya abbreviata	1		1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Ophiurida	Amphiura filiformis	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii	6	1	7
			<b>Maks:</b>	76	79	155
			<b>Antall:</b>	35	30	46
			<b>Sum:</b>			460
<b>Stasjonsnr.: C4</b>						
FORAMINIFERA						
CNIDARIA	Anthozoa		Foraminifera indet.	-1		-1
NEMERTINI			Cerianthus lloydii		1	1
NEMATODA			Nemertea indet.	5	3	8
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	6	5	11
ANNELIDA	Polychaeta		Onchnesoma steenstrupii		3	3
		Orbiniida	Scoloplos armiger	4	1	5
			Levinsenia gracilis		4	4
		Spionida	Dipolydora sp.	37	93	130
			Prionospio cirrifera	1	10	11

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Prionospio plumosa		1	1
			Pseudopolydora paucibranchiata	13	11	24
			Scolelepis korsuni		3	3
			Spiophanes kroyeri		3	3
			Spiophanes wigleyi	3	3	6
			Poecilochaetus serpens		1	1
			Spiochaetopterus sp.	4		4
			Tharyx killariensis	47	36	83
			Aphelochaeta sp.	29	23	52
			Chaetozone sp.	36	29	65
	Capitellida		Capitella capitata		1	1
			Heteromastus filiformis	14	7	21
			Notomastus latericeus	15	20	35
			Lumbriclymene cylindricauda	1	2	3
			Maldanidae indet.		1	1
	Opheliida		Ophelina sp.		1	1
			Polyphysia crassa		5	5
			Scalibregma inflatum	1	1	2
			Scalibregmatidae indet.		1	1
	Phyllodocida		Eteone flava/longa		2	2
			Sige fusigera	1	2	3
			Polynoidae indet.		1	1
			Parasthenelais hibernica	1	2	3
			Pholoe baltica	3	12	15
			Pholoe pallida		4	4
			Nereimyra punctata	3		3
			Exogone verugera		1	1
			Syllis cornuta	1	1	2
			Nereis zonata	8	3	11
			Glycera capitata	13	17	30
			Glycera unicornis		1	1
			Goniada maculata	9	18	27
			Aglaophamus pulcher	1		1
			Nephtys hystricis		1	1
	Amphinomida		Paramphinome jeffreysii	101	187	288
	Eunicida		Lumbrineris mixochaeta		1	1
			Drilonereis filum	3	9	12
			Parougia eliasoni		1	1
	Oweniida		Galathowenia oculata		5	5
			Owenia sp.	1		1
	Flabelligerida		Diplocirrus glaucus	10	41	51
			Pherusa plumosa		9	9
	Terebellida		Amphictene auricoma	4	16	20
			Lagis koreni	2	13	15
			Amythasides macroglossus	3		3
			Mugga wahrbergi	6	3	9
			Amaeana trilobata		1	1
			Paramphitrite birulai	2	2	4
			Pista mediterranea	2	1	3
			Pista sp.	1		1
			Polycirrus medusa	1		1
			Polycirrus norvegicus		1	1
			Polycirrus sp.		4	4
			Terebellides sp.	2	4	6
			Trichobranchus roseus		3	3
	Sabellida		Chone sp.	1	1	2
CRUSTACEA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.	1	1	2
	Malacostraca	Cumacea	Eudorella sp.		1	1
			Campylaspis costata		3	3
			Brachydiastylis resima	1	1	2
			Diastylis cornuta	1	39	40
			Diastylis sp.		4	4
			Diastylis serratus		3	3
		Amphipoda	Nicippe tumida		1	1
			Harpinia antennaria	3	6	9
			Harpinia sp.	1		1
			Crustacea indet. juv.	1		1
MOLLUSCA	Caudofoveata		Caudofoveata indet.		5	5
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Cylichnina sp.	2	3	5
			Retusa sp.		1	1
			Philine sp.	1	2	3
	Bivalvia	Nuculoida	Yoldia hyperborea	1		1
		Mytiloida	Mytilus edulis		1	1
		Veneroida	Mendicula ferruginosa		1	1
			Thyasira equalis	41	68	109
			Thyasira flexuosa		6	6
			Thyasira sarsii	33	83	116
			Thyasira sp.		1	1
			Thyasiridae indet.		2	2
			Parvicardium minimum		1	1
			Abra nitida	233	528	761
			Kelliella miliaris	4		4
ECHINODERMATA	Asteroidea		Asteroidea indet. juv.	2	6	8
	Ophiuroidea	Ophiurida	Amphiura chiajei	1	9	10
			Ophiocten affinis	2	3	5
			Ophiura carnea	1	5	6
			Ophiura sarsii	1	1	2
			Ophiuroidea indet. juv.	3	19	22
	Echinoidea	Spartangoida	Brisaster fragilis	1	1	2
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii	6	13	19
			<b>Maks:</b>	233	528	761
			<b>Antall:</b>	60	87	99
			<b>Sum:</b>			2188

**Stasjonsnr.:** C5

CNIDARIA

Anthozoa

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
NEMERTINI			Cerianthus lloydii	1		1
NEMATODA			Nemertea indet.	6	8	14
ECHIURIDA			Nematoda indet.	2	2	4
SIPUNCULIDA			Echiurus echiurus	2	2	4
			Golfingia sp.	1		1
ANNELIDA			Sipunculida indet. juv.		1	1
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos armiger	3		3
		Spionida				
			Dipolydora sp.	46	61	107
			Prionospio cirrifera	2		2
			Prionospio fallax		5	5
			Prionospio plumosa		1	1
			Pseudopolydora paucibranchiata	2	33	35
			Scolecipis korsuni	1	1	2
			Spiophanes kroyeri	1	4	5
			Spiophanes wigleyi	2	5	7
			Spiochaetopterus sp.	11	8	19
			Tharyx killariensis	31	73	104
			Aphelochaeta sp.	57	41	98
			Chaetozone sp.	51	70	121
			Cirratulus cirratus		1	1
			Raricirrus beryli		1	1
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	12	17	29
			Notomastus latericeus	8	10	18
			Maldanidae indet.		1	1
		Opheliida				
			Ophelina modesta		1	1
			Scalibregma inflatum	1		1
		Phyllodocida				
			Eulalia sp.		1	1
			Sige fusigera	2	3	5
			Gattyana cirrhosa		1	1
			Pholoe baltica	6	6	12
			Sthenelais limicola	1	1	2
			Sigalionidae indet.		2	2
			Ophiodromus flexuosus	3	1	4
			Exogone verugera		2	2
			Nereis zonata	4	7	11
			Glycera capitata	5	14	19
			Goniada maculata		8	8
			Nephtys pente	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	180	160	340
		Eunicida				
			Lumbrineris cingulata	5		5
			Lumbrineris mixochaeta	1		1
			Drilonereis filum	21	6	27
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	1	1	2
		Flabelligerida				
			Brada villosa	2		2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Terebellida	Diplocirrus glaucus	15	23	38
			Amphictene auricoma	5	9	14
			Lagis koreni	4	3	7
			Amythasides macroglossus		4	4
			Melinna cristata	1		1
			Melythasides laubieri		1	1
			Mugga wahrbergi	1	17	18
			Samytha sexcirrata	1		1
			Pista sp.	2	1	3
			Polycirrus norvegicus		2	2
			Polycirrus sp.	4	6	10
			Terebellides sp.	1	8	9
			Trichobranchus roseus		1	1
		Sabellida	Chone sp.		1	1
CRUSTACEA		Ostracoda	Ostracoda indet.		1	1
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.	2	2	4
	Malacostraca	Cumacea	Bodotria sp.	1		1
			Eudorella sp.	1	4	5
			Campylaspis costata		1	1
			Diastylis cornuta		6	6
			Diastylodes biplicatus		5	5
			Diastylodes serratus	1		1
			Leptostylis sp.		1	1
		Amphipoda	Westwoodilla caecula		2	2
			Nicippe tumida	1		1
			Harpinia antennaria	2		2
			Gammaridea indet.	1	1	2
MOLLUSCA		Caudofoveata	Caudofoveata indet.		9	9
	Prosobranchia	Neogastropoda	Nassarius sp. juv.		1	1
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Cylichnina sp.		7	7
			Philina sp.	1		1
	Bivalvia	Nuculoida	Nucula tumidula		1	1
			Yoldiella lucida		4	4
			Yoldiella nana		1	1
		Ostreoida	Similipecten similis	1		1
		Veneroida	Adontorhina similis	1		1
			Thyasira equalis	55	64	119
			Thyasira sarsii	32	39	71
			Thyasiridae indet.		7	7
			Tellimya tenella	1		1
			Abra nitida	98	219	317
			Kelliella miliaris	1	1	2
		Pholadomyoidea	Cuspidaria obesa	1		1
ECHINODERMATA		Asteroidea	Asteroidea indet. juv.	1	4	5



<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura chiajei	4	6	10
			Amphilepis norvegica	3		3
			Ophiocten affinis		1	1
			Ophiura carnea		2	2
			Ophiura sarsii	1	3	4
			Ophiuroidea indet. juv.		7	7
	Echinoidea					
		Echinoida				
			Echinoida indet. juv.	1		1
		Spartangoida				
			Brisaster fragilis	2		2
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	5	3	8
			<b>Maks:</b>	180	219	340
			<b>Antall:</b>	64	74	97
			<b>Sum:</b>			1760
					<b>TOTAL:</b>	<b>Maks:</b> 1497
						<b>Sum:</b> 7823

## Vedlegg 2. Analysebeviser

Analyserapport C-und\_111017

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 AS  
**Kunde referanse:** Ånholmen C-undersøkelse 2017  
**Kontaktperson:** Roger Velvin  
**Adresse:** Framsenteret  
**Postnr./sted:** 9007 Tromsø

**Tel:**

**E-post:**

**Dato:**

26.10.2017

**Rapport nr.:** 9034  
**Analyseparameter(e):** Korn, TOC, TN, TOM, Cu  
**Kontaktperson:** Ingar H. Wasbotten

**Analyseansvarlig:**

*Lina Tordis*

(sign.)

**Underskriftsberettiget:**

*Tranne Jensen*

(sign.)

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

#### 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 (målesikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

Side 1 av 2

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
9034/C1	C1	Sediment	Frossent	20.07.2017	Korn, TOC, TN, TOM, Cu	01.09. - 27.09.2017
9034/C2	C2	Sediment	Frossent	20.07.2017	Korn, TOC, TN, TOM,	01.09. - 27.09.2017
9034/C3	C3	Sediment	Frossent	20.07.2017	Korn, TOC, TN, TOM,	01.09. - 27.09.2017
9034/C4	C4	Sediment	Frossent	20.07.2017	Korn, TOC, TN, TOM,	01.09. - 27.09.2017
9034/C5	C5	Sediment	Frossent	20.07.2017	Korn, TOC, TN, TOM,	01.09. - 27.09.2017

## 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
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 15936:2012, Annex C.
Kobber-Cu (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

## Resultater

Kundens id.:		C1	C2	C3	C4	C5
Parameter	Enhet	9034/C1	9034/C2	9034/C3	9034/C4	9034/C5
> 0,063 mm	vekt %	70,3	72,1	90,2	80,7	75,5
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	29,7	27,9	9,8	19,3	24,5
TOC	mg/g TS	5.8	4,27	1,51	2,45	3,21
TOC, normalisert**	mg/g TS	18.4	17.2	17.7	17.0	16.8
TOM	% TS	2.4	1.8	0.7	1.5	1.9
Total-N **	mg/g TS	0.61	0.45	< 0.2	0.23	0.31
C/N **		9.4	9.6	ikke beregnet	10.9	10.4
Cu *	mg/kg TS	9.63				

\* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harčě 9/336, Praha, Tsjekkia  
Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

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

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