

C-undersøkelse ved Sandskjæret i Sømna kommune, mai 2018

**Marine Harvest Norway ASA
Region nord**

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 Sandskjæret i Sømna kommune, mai 2018

Forfatter: Marthe Austad

Feltdato: 11.05.2018

Toktleder: Vidar Strøm

Rapportdato: 10.12.2018

Rapportnummer: 104-5-18C

Antall sider uten vedlegg: 19

Antall sider totalt: 46

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway ASA
Region nord

Kontaktperson: Knut Håvard Krokstrand

Lokalitet: Sandskjæret

Lokalitetsnummer: -

Driftsleder: Einar Brattland

Koordinater: 65°18.639N
12°19.596Ø

Fylke: Nordland
Kommune: Sømna

Omsøkt MTB-tillatelse: 4680 tonn
Antall merder: -
Merdomkrets: -

Bakgrunn for undersøkelse: Ny lokalitet (forundersøkelse)

Sammendrag

Aqua Kompetanse AS har gjennomført en akkreditert C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS9410:2016. Akvaplan-niva har utført akkreditert opparbeiding og akkrediterte og uakkrediterte analyser av prøvematerialet. ALS Laboratory Group har utført akkrediterte kobberanalyser. Denne undersøkelsen ble utført som en del av forundersøkelsen ved lokaliteten, og sier noe om miljøtilstanden i nærområdet til oppdrettslokaliteten før produksjonsstart.

Individfordelingen var relativt jevn på alle stasjonene, og det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp ti ved noen av stasjonene. Diversitetsindeksene var også relativt like for alle stasjoner og indekser, og lå mellom tilstand II «god» og tilstand III «moderat». Samlet tilstandsklassifisering for overgangssonen (C3 – C5) ga økologisk tilstandsklasse II «god». Da det ikke var mulig å ta ut prøver fra anleggssonen foreligger det ikke vurdering av miljøtilstand i dette området. Det ble målt gode pH- og redoks-verdier ved alle stasjonene, og det ble ikke registrert misfargede sedimenter eller lukt. Sedimentet var veldig finkornet ved alle stasjonene og besto av silt og leire. Innholdet av organisk karbon ble klassifisert til tilstand II «god» ved C2, C3, C5 og referansestasjonen, og tilstandsklasse III «moderat» ved C4. I dypvannet ved Sandskjæret var oksygeninnholdet på 3,48 ml O₂/l, som svarer til tilstand III «moderat» etter klassifisering for oksygen i dypvann. Da denne undersøkelsen er en forundersøkelse skal ny C-undersøkelse tas etter første produksjonssyklus.

Emneord: C-undersøkelse; forundersøkelse; miljøtilstand; miljøanalyse; miljøovervåking; sediment; prøvetaking; tilstand; elektrokjemi; sensoriske registreringer; makrofauna

ID 487-10

Rapporten er tilgjengelig
ved forespørsel

Rapportansvarlig:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marthe Austad'.

Marthe Austad

Kvalitetssikrer:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Christine Klykken'.

Christine Klykken

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

Forord

Aqua Kompetanse AS har gjennomført akkreditert feltarbeid for å innhente prøvemateriale og akkrediterte målinger av pH og redoks for oppdragsgiver Marine Harvest Norway ASA – Region nord. I tillegg har Aqua Kompetanse AS utført ikke-akkreditert hydrografisk profil av vannsøylen ved lokaliteten. Akkreditert tilstandsklassifisering av oksygen i dypvann er utført av Aqua Kompetanse 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 A**). Det er Akvaplan-niva som står for faglig vurdering og fortolkning i sin rapport, og av analysene av det materialet Aqua Kompetanse har samlet inn. Denne rapporten sammenfatter analyserapportene fra underleverandør sammen med hydrografiske, elektrokjemiske og sensoriske vurderinger gjort av Aqua Kompetanse. Innhenting av prøvemateriale er gjort i henhold til NS 9410:2016, og standarder og veiledere som er benyttet i denne undersøkelsen er listet i **Tabell 1**.

Tabell 1: Standarder og veiledere benyttet for denne undersøkelsen.

Standard/Veileder	Tittel	Bruksområde
NS 9410: 2016	Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg	Stasjonsplassering, prøvetakning, rapport
Veileder 02:2013	Klassifisering av miljøtilstand i vann	Klassifiseringstabeller til analyser
NS-EN ISO 16665: 2013	Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna	Prøvetaking
NS-EN ISO 5667: 2004	Vannundersøkelse – Prøvetaking- Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder	Prøvetaking
Veileder 97:03	Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.	Klassifisering av N-TOC
Veileder M-608	Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota	Klassifisering av kobber

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.



NORSK
AKKREDITERING
TEST 303

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
1. Materiale og metode	6
1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering	7
1.2 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning.....	10
1.2.1 Elektrokjemiske målinger, miljøtilstand i sediment (nTOC) og C/N-forhold.....	10
1.2.2 Hydrografi	11
2. Resultat.....	13
2.1. Makrofauna og kjemiske analyser	13
2.2 Elektrokjemiske målinger, sensoriske registreringer, miljøtilstand i sediment (nTOC) og C/N-forhold	13
2.3 Hydrografi	14
2.4 Bilder av sediment	15
3. Oppsummering	18
4. Referanser	19
Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport.....	20
Vedlegg B – Eurofins Environmental Testing Norway AS rapport	44

Tabell 2: Hovedresultater fra C-undersøkelsen. Aqua Kompetanse AS (AQK) har stått for akkreditert prøveuttak, samt oksygen- og pH/Eh-målinger. Akvaplan-niva AS (APN) har utført akkreditert analyse av makrofauna, TOC, TOM og pelitt, samt uakkreditert analyse av N-TOC, TN og C/N. Deres underleverandør ALS Laboratory Group har utført akkreditert analyse av kobber (Cu). Se **Vedlegg A for rapport med tegnforklaring. Redokspotensial (E_h) bestemmes ut fra observert hvilepotensial i prøven (målt verdi; E_{obs}) og referansepotensial (E_{ref}): $E_h = E_{obs} + E_{ref}$. Faunaklassifiseringer og økologisk tilstandsklassifisering er gjort av APN etter Veileder 02:2013, og miljøtilstand på C1 er beregnet av APN etter NS9410:2016. Klassifisering av organisk innhold er gjort av APN etter SFT 97:03, og klassifisering av oksygentilstand i dypvann er gjort av AQK etter Veileder 02:2013. Kobberklassifisering er gjort av APN etter Veileder M-608.**

Stasjonsplassering etter NS 9410:2016		Anleggs- sone	Ytre sone	Overgangssone			Referanse- stasjon
Parameter:	Stasjoner:	C1	C2	C3	C4	C5	Cref
Elektrokjemi:	pH:		8,23	7,82	8,22	8,01	7,89
	E_h :		444	633	498	522	671
Oksygen:	Målt verdi (mL):			3,48			
	O ₂ , tilstandsklasse:			III			
Makrofauna Bunndyranalyser	Antall arter (S):		20	18	25	28	24
	Antall ind. (N):		192	169	259	210	230
	J, Jevnhet (0-1):		0,75	0,70	0,61	0,77	0,68
	DI:		0,07	0,13	0,06	0,06	0,14
	NQI1:		0,61	0,60	0,63	0,65	0,60
	Shann.Wien. (H')		3,01	2,69	2,58	3,31	2,70
	Hurl.ind. (ES _{n=100}):		16,0	14,5	16,7	18,9	14,5
	AMBI:		2,941	3,030	2,776	2,658	2,990
	ISI:		9,07	8,36	9,04	8,67	8,87
	NSI:		20,13	19,64	19,63	20,75	19,58
	nEQR:		0,620	0,579	0,610	0,644	0,590
	Økologisk tilstand:		II	III	II	II	III
	Miljøtilstand:						
Kjemi Kobber, organisk karbon, organisk materiale og nitrogen	Cu (mg/kg):						
	Cu, tilstandsklasse:						
	N-TOC (mg/g):		26,54	24,67	29,14	24,75	20,66
	N-TOC, tilstandsklasse:		II	II	III	II	II
	TN (mg/g):		5,3	2,6	3,3	3,1	3,0
Geologi	TOM (%):		10,7	9,6	10,6	10,2	9,5
	C/N:		4,70	8,85	8,24	7,61	6,63
	Pelittandel (%):		90,9	90,7	89,2	93,6	95,8

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
---	----	-----	----	---

1. Materiale og metode

Akkreditert prøveinnsamling ble gjort fra oppdretters båt den 11.05.2018. Undersøkelsen ble gjennomført i henhold til NS9410:2016 av Vidar Strøm og Marthe Austad fra Aqua Kompetanse AS. Akvaplan-niva AS har stått for akkrediterte analyser av makrofaunamaterialet og akkreditert faglige vurderinger og fortolkninger (**Vedlegg A**) av dette. Eurofins Environmental Testing Norway AS har stått for akkrediterte analyser av total organisk karbon, nitrogen (Kjeldahl), total organisk materiale (TOM; glødetap) og pelitt (kornfordeling). Aqua Kompetanse AS ved Marthe Austad har utført utregning av normalisert TOC og karbon-nitrogen forhold, samt akkreditert faglig vurdering og fortolkning av nTOC. En oversikt over stasjonene og det faglige programmet for hver stasjon er gitt i **Tabell 4**.

Tabell 4: Oversikt over stasjoner, plassering av stasjoner etter NS9410:2016 med koordinater, dybde ved prøvestasjon, avstand mellom prøvestasjon og anlegg, og målte parametere ved Sandskjæret. Bio = kvantitativ opparbeiding av makrofaunaprøver; Geo = geologiske analyser av kornfordeling (pelitt); Kjemi = kjemiske analyser av TOC, TOM og TN; EK = elektrokjemiske målinger av pH og E_h; Cu = kobberanalyse; CTD = hydrografisk måling av salinitet, temperatur og oksygen.

Stasjoner	C1	C2	C3	C4	C5	Cref
Plassering etter NS9410	Anleggssone	Ytre sone	Overgangssone			Referanse-stasjon
Parametere		Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK – CTD	Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK	Bio – Geo – Kjemi – EK
Koordinater		65°18.824N 12°20.537Ø	65°18.206N 12°19.468Ø	65°18.625N 12°20.022Ø	65°18.521N 12°19.906Ø	65°17.970N 12°19.078Ø
Dybde (m)		541	550	542	543	546
Avstand til anlegg (m)		500	500	190	220	990

I henhold til Fylkeskommunene i Nordland, Troms og Finnmark & Fiskeridirektoratet region Nord og region Nordland skal antall og plassering av prøvestasjoner ved C-undersøkelse i forbindelse med forundersøkelse utføres etter samme metodikk som ved ordinære C-undersøkelser i henhold til NS9410:2016, med bakgrunn i omsøkt MTB. I tillegg til prøvestasjonene i overgangssonen og anleggssonen skal det, med samme metodikk, tas en referansestasjon minst 1 km fra anlegget i et område med tilsvarende bunntype som ved de øvrige prøvestasjonene i overgangssonen og anleggssonen. Referansestasjonen inngår ikke i ordinær overvåking. Det er omsøkt en MTB på 4 680 tonn ved Sandskjæret, og veiledende antall prøvestasjoner er derfor 5, jmfør **Tabell 5**. I tillegg er det tatt en referansestasjon, slik at totalt antall stasjoner er 6.

Tabell 5: Veiledende antall prøvestasjoner som skal tas per anlegg ut fra MTB og veiledende avstand fra anlegg til ytre sone, stasjon C2. Gjengitt etter NS 9410:2016.

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

1.1 Undersøkellesområde og stasjonsplassering

Undersøkellesområdet ligger i Ursfjorden i Sømna kommune (**Figur 1**). Ursfjorden er en dyp terskelfjord, største dyp er på ca. 550 meter rett øst for planlagt anleggs plassering. Anlegget er planlagt å følge fjordens retning, orientert nordøst/sørøst (**Figur 2**). Det er meget bratt under det planlagte anlegget, og dybden varierer mellom 70 meter på det grunneste og 450 meter på det dypeste (se **Figur 4** for tverrsnitt av bunnen under anlegget fra vest-nordvest til øst-sørøst). På grunn av den bratte topografien under anlegget er det lite sedimentering, og bunnen består stort sett av fjellbunn med innslag av silt og sand enkelte steder (Klykken, 2018).



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

Vannstrømmen ved Sandskjæret er moderat, og strømmens retning er hovedsakelig styrt av tidevannsdynamikken og følger Ursfjordens retning. Spredningsstrømmen ble målt på 80 meters dyp, og har hovedretning mot sør-sørvest med en nesten like betydelig sekundærkomponent mot nordøst (hyppigste strømretninger mot 210 – 225, 195 – 210, 30 – 45 og 15 – 30 grader) (Sivertsen, 2018). Strømhastighetene er vist i **Tabell 6**, og retningen spredningsstrømmen går mot er markert i **Figur 2**.

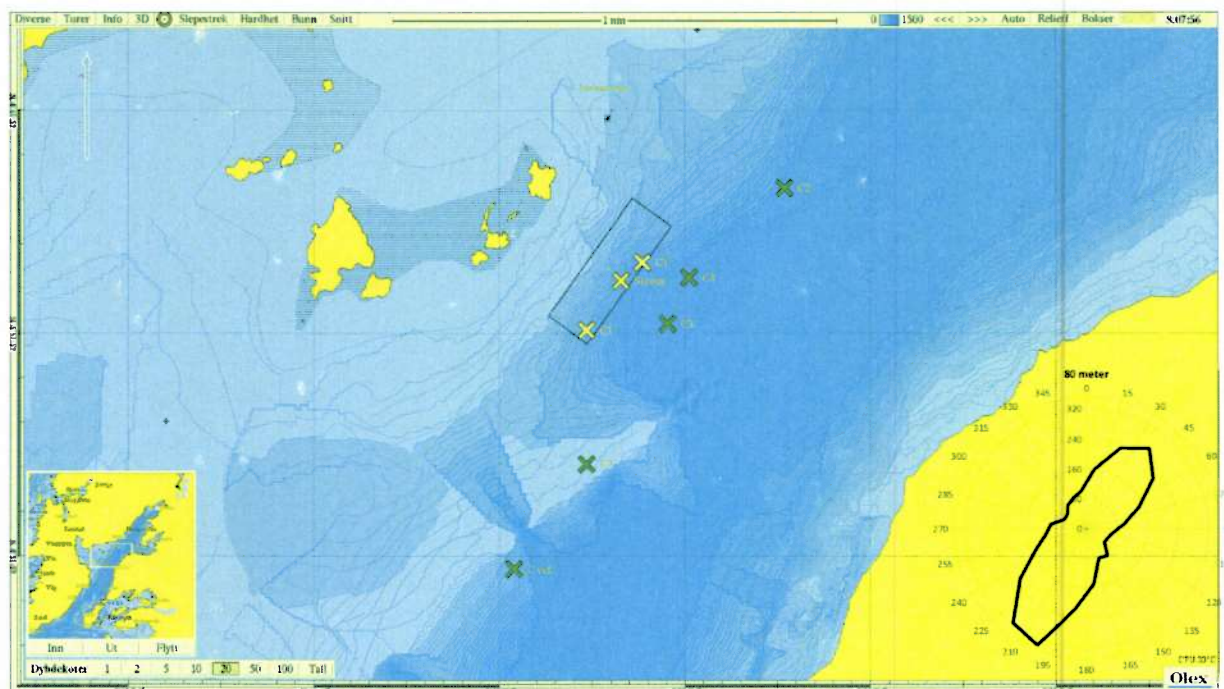
Tabell 6: Strømmålinger ved Sandskjæret. Målingene er utført med to 400 kHz profilerende strømmålere og en 2000 kHz punktmåler, begge produsert av Nortek AS. Målingene utført med profilerende strømmålere er fra perioden 07.12.2017 – 14.01.2018 (5, 80 og 122 meter) og målingene utført med punktmåler er fra perioden 14.02.2018 – 19.03.2018 (15 meter) (Sivertsen, 2018).

Dyp (m)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Maksimalhastighet (cm/s)	Signifikant maksimal-hastighet (cm/s)	Nullstrøm (% mellom 0-1 cm/s)
5	8,2	32,3	14,1	2,1
15	5,8	18,7	8,3	0,6
80	4,0	19,3	6,9	5,5
122	3,8	15,8	6,3	6,0

Fremherskende strømretning og bunntype ligger til grunn for plassering av prøvetakingsstasjonene (**Figur 3** og **4**). To stasjoner, C4 og C5, ble plassert hhv. 190 og 220 meter øst for anlegget i dypområdet. Ettersom spredningsstrømmen har tidevannsstyrte komponenter mot både sør-sørvest og nordøst ble C3 plassert 500 meter sør for anlegget og C2 500 meter nordøst for anlegget. Begge kan derfor sies å representere ytre sone av overgangssonen, mens C4 og C5 representerer overgangssonen. Referansestasjonen, Cref, ble plassert 990 meter sør for anlegget i et område med omtrent samme dyp og bunnsediment som i undersøkelsesområdet.

På grunn av sterkt skrånende bunn under anlegget (**Figur 3** og **4**) var det ikke mulig å få ut prøvemateriale fra anleggssonen, tross flere forsøk flere steder. Resultatene fra B-undersøkelsen ble brukt for å identifisere områder i anleggssonen hvor det kunne være mulig å få ut, men det viste seg å ikke være tilstrekkelig sedimentering til å få ut prøvemateriale. Med bakgrunn i disse erfaringene, samt resultatene fra B-undersøkelsen og områdets topografi må oppfølgende undersøkelser etter produksjonsstart utføres med alternativ undersøkelsesmetodikk tilpasset hardbunn i anleggssonen.

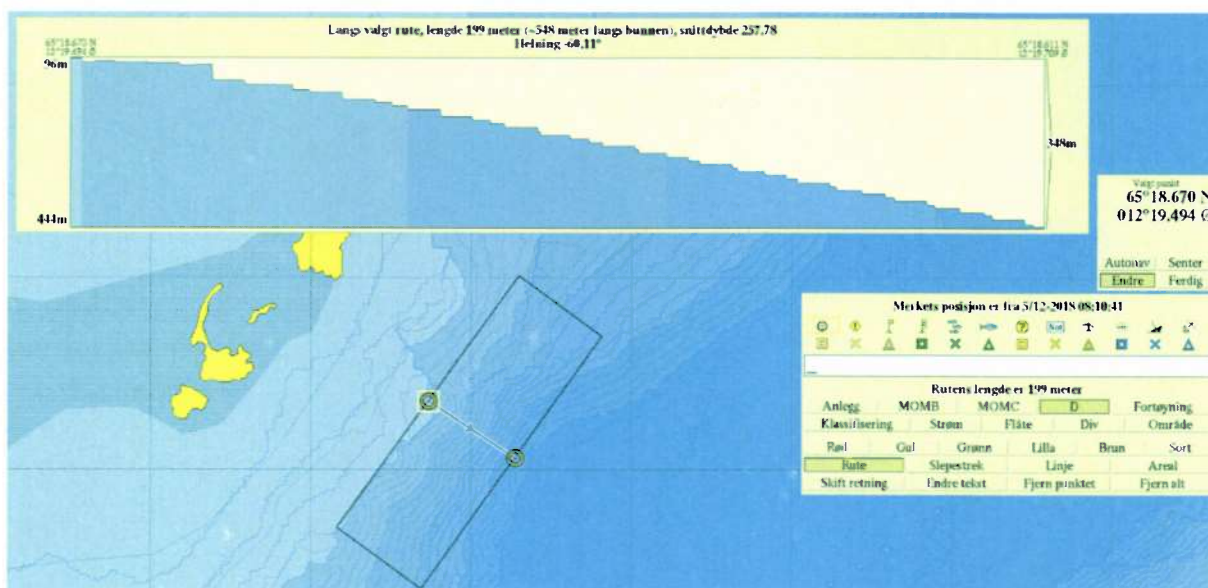
Alle stasjoner er avmerket på kartet i **Figur 2**. Posisjonen for stasjonene leses av i **Tabell 4**, slik at seinere prøver kan legges til de samme koordinat som ved denne undersøkelsen.



Figur 2: Kartet viser anleggsplassering sammen med C-stasjoner. Lilla pil viser orientering av kart, strømrose viser vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 80 meters dyp (spredningsdyp), og gult kryss markerer posisjon for strømmålingene i 2017-2018 ($65^\circ 18.618' N$ $12^\circ 19.657' Ø$; Sivertsen, 2018). Røde kryss markerer posisjoner der det ble forsøkt å ta ut prøvemateriale til anleggssonestasjon C1. Kilde: Olex.



Figur 3: Sjøkart som viser anleggsplassering sammen med prøvestasjoner fra forrige B-forundersøkelse (Klykken, 2018) og C-undersøkelsens innerste stasjoner (grønne kryss). Røde kryss markerer posisjoner der det ble forsøkt å ta ut prøvemateriale til anleggssonestasjon C1 Kilde: Olex.



Figur 4: Tverrsnitt av bunnen under den planlagte anleggsramma. Ramma er ca. 200 meter lang, og dybden under anlegget øker med 348 meter i løpet av 200 meter.

1.2 Makrofauna og kjemisk/geologisk sedimentsammensetning

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

1.2.1 Elektrokjemiske målinger, miljøtilstand i sediment (nTOC) og C/N-forhold

pH (syre-baselikevekter) og E_h (redokspotensial; reduksjons-oksidasjonslikevekter) ble målt i overflatesedimentet (ca. 1 cm ned) ved bruk av HQ40d multimeter og tilhørende pH- og redokselektroder (hhv. PHC201 og MTC101). Det ble også målt pH og E_h i overflatevannet ved lokaliteten.

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

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

Tabell 7: Standardpotensiale til referanseelektrode. Tilpasset fra MTC101 brukermanual (Hach Company, 2014).

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

Miljøtilstanden i sedimentet klassifiseres basert på normalisert TOC (nTOC; **Tabell 8**) i henhold til SFT (nå Miljødirektoratet) veileder 97:03 (Molvær et. al. 1997), og forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelittandel % <0,063 mm) i henhold til formelen

$$nTOC = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

hvor F er andel av finstoff (Aure et. al., 1993).

Tabell 8: Tilstandsklassifisering for organisk innhold (nTOC) i marine sedimenter. Gjengitt etter SFT 97:03.

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

Forholdet mellom sedimentets karboninnhold og nitrogeninnhold kalkuleres ved å dele karboninnholdet på nitrogeninnholdet.

1.2.2 Hydrografi

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

Mengden oppløst oksygen i vann blir formidlet på to hovedmåter – konsentrasjon i enten milligram eller milliliter, og metningsgrad i %. Oksygenkonsentrasjonen gir hvor mange mg/ml/mikromol oksygen som er løst i en liter av den aktuelle vannmassen. Metningsgraden gir forholdet mellom den aktuelle konsentrasjonen og den konsentrasjonen som ville blitt målt ved 100% metning, det vil si når konsentrasjonen oppløst oksygen er lik oksygenets løselighet. Videre er oksygenets løselighet avhengig av vannmassenes temperatur, salinitet og trykk. Med økende trykk øker løseligheten, og med økende temperatur og salinitet synker løseligheten. En vannmasse med høyere temperatur og salinitet vil derfor nå 100% metning ved lavere oksygenkonsentrasjon enn en vannmasse på samme dyp med lavere temperatur og salinitet. Oksygenkonsentrasjonen i dypvann er viktig for den helhetlige tilstanden i et område, og klassifiseringen av oksygenet i slike vannmasser er gitt i **Tabell 9**.

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

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

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

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

Det ble utført målinger av salinitet, temperatur og oksygen ved dypeste prøvestasjon (C3) av Aqua Kompetanse AS. Målingene ble utført med en CTD av typen SAIV SD204 påmontert en SAIV205 oksygensensor. Instrumentet målte annethvert sekund ned og opp igjennom vannsøylen. Registrerte data ble bearbeidet ved bruk av SAIV AS eget dataprogram for instrumentet, MiniSoft SD200W. Data presentert i figurer er hentet fra overflaten og ned til bunnen (down-cast). All rådata er lagret hos Aqua Kompetanse AS.

2. Resultat

2.1. Makrofauna og kjemiske analyser

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

2.2 Elektrokjemiske målinger, sensoriske registreringer, miljøtilstand i sediment (nTOC) og C/N-forhold

Det ble målt gode pH- og redoks-verdier ved alle stasjonene. Men, høy pH kan indikere at det er blitt noe komprimerte resultater på grunn av lang og muligens turbulent opphenting fra sjøbunnen. Da det er svært dypt på lokaliteten var det lite å gjøre med, og viser en svakhet i metodikken på store dyp.

Tabell 10 viser pH, observert hvilepotensiale (målt verdi; E_{obs}) og redokspotensiale (E_h) basert på E_{obs} og E_{ref} ved alle stasjonene, og **Tabell 11** viser resultater fra elektrokjemiske målinger i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur (jmfør **Tabell 7**).

Tabell 10: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_h , samt resultater fra analyser av innhold av nitrogen og total organisk karbon (TOC) i sedimentet med utregnet normalisert TOC (nTOC) og karbon-nitrogen forhold (C/N) ved Sandskjæret. E_{obs} = observert hvilepotensial i prøven (målt verdi); E_h = redokspotensial, bestemt ut fra E_{obs} og E_{ref} ($E_h = E_{obs} + E_{ref}$).

	C1	C2	C3	C4	C5	ASC ref
pH		8,23	7,82	8,22	8,01	7,89
E_{obs} (mV)		223	412	277	301	450
E_h ($E_{obs} + E_{ref}$)		444	633	498	522	671
Nitrogen (g/kg TS)		5,3	2,6	3,3	3,1	3,0
TOC		24,9	23,0	27,2	23,6	19,9
TOC (g/kg TS)		26,54	24,67	29,14	24,75	20,66
N-TOC tilstandsklasse		II	II	III	II	II
C/N		4,7	8,85	8,24	7,61	6,63

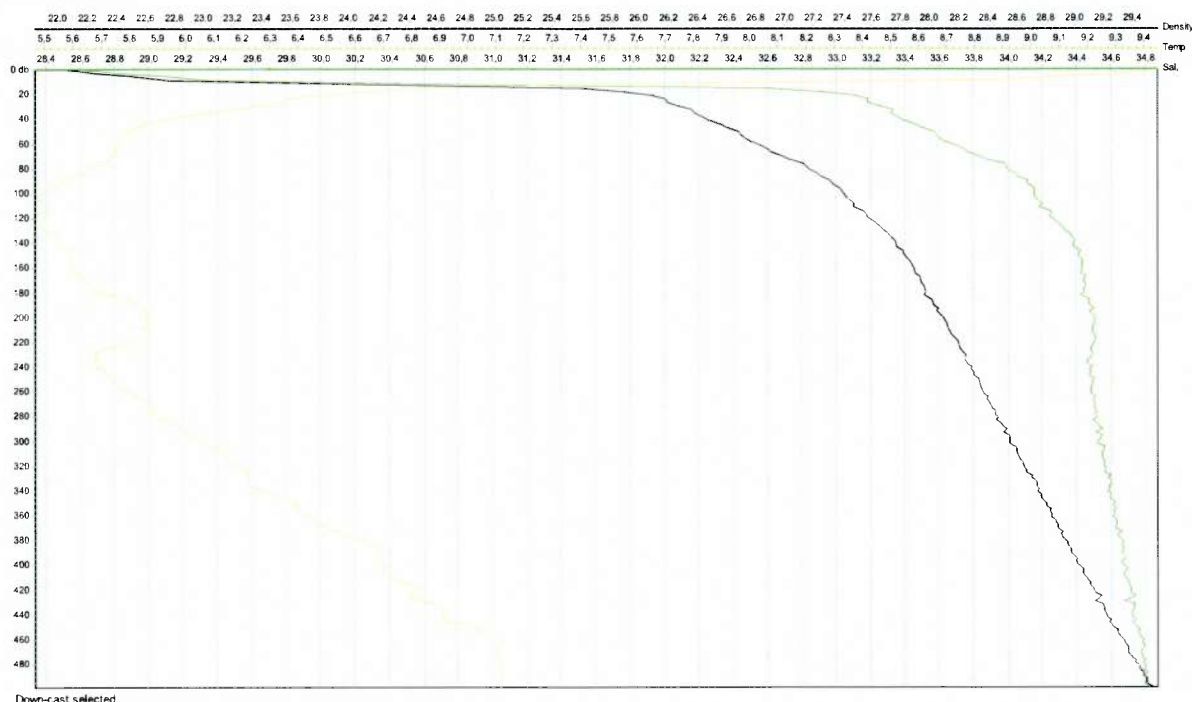
Tabell 11: Resultater fra elektrokjemiske målinger av pH og E_{obs} i overflatevannet, buffertemperatur, sedimenttemperatur og standardpotensiale (E_{ref}) basert på sedimenttemperatur ved Sandskjæret. E_h i sjø er ikke kalkulert.

Buffertemperatur:	12,4°C	pH sjø:	8,07
Sjøtemperatur:	10,0°C	E_{obs} sjø:	360
Sedimenttemperatur:	8,0°C	E_{ref} sediment:	221

Det ble ikke registrert misfargede sedimenter eller lukt ved noen stasjoner, og sedimentet besto av silt og leire ved alle stasjonene. Geologiske analyser utført av Eurofins Environmental Testing Norway AS viste også et veldig finkornet sediment, med pelittandeler (kornfordeling, % < 0,063µm) mellom 89,2 og 95,8 % (se **Vedlegg B**). Alle grabbene var fulle (fyllingsgrad > ¾), og det ble registrert overfylling ved C2 hugg 1 (uttak til makrofauna) og C5 hugg 1 (uttak til makrofauna), samt noe overfylling ved C4 hugg 1 (uttak til makrofauna) og hugg 3 (uttak til geologiske og kjemiske analyser).

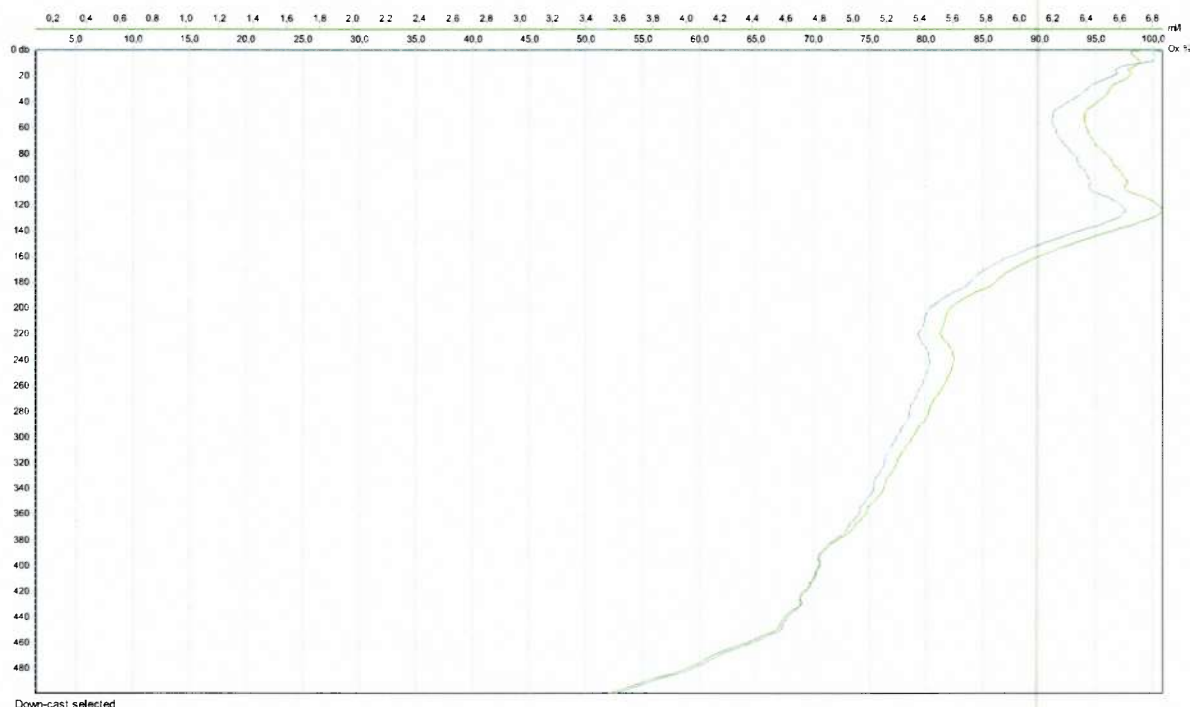
2.3 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) i dypområdet ved lokaliteten (C3; **Figur 3**). Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i **Figur 5** og **6**.



Figur 5: Sjøtemperatur (°C ; rød), salinitet (‰ ; grønn) og tetthet (-1000 kg/m^3) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 499 meters dyp ved stasjon C3 den 11.05.2018.

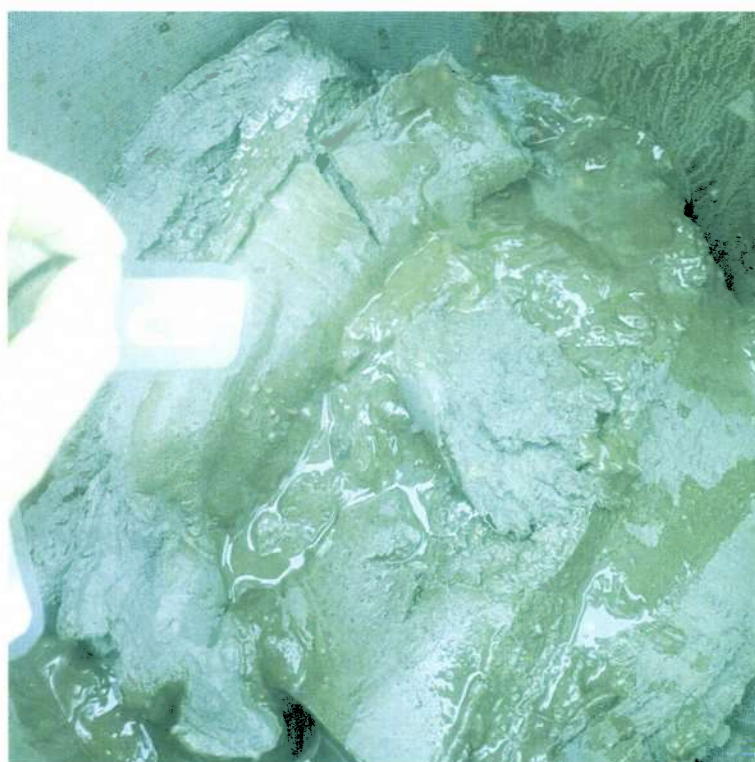
Vannsøyla ved Sandskjæret viste et overflatelag de øverste 20 meterne med varmere og ferskere vannmasser. Saliniteten steg jevnt nedover i dypet, men avtok noe ved ca. 140 meters dyp og sank fra 34,4 til 34,8 i bunnvannet på 499 meters dyp. Temperaturen fluktuerte noe nedover i dypet, og sank fra 9,4°C i overflatevannet til 5,5°C ved 100 – 120 meters dyp. Deretter steg temperaturen jevnt, og i bunnvannet lå temperaturen på ca. 7,1°C.



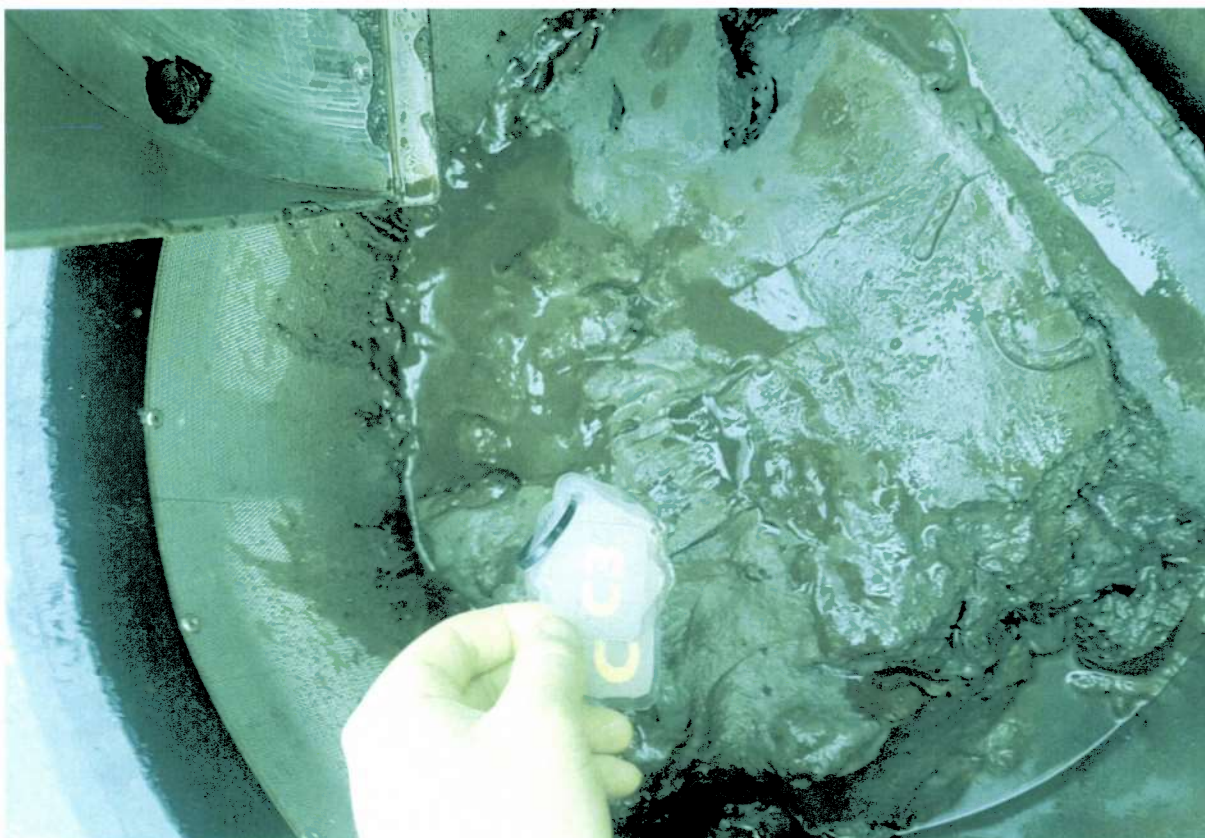
Figur 6: Oksygenmetning (%) (lilla) og oksygenkonsentrasjon (mg/l; grønn) fra overflaten og ned til bunnen (down-cast) på 499 meters dyp ved stasjon C3 den 11.05.2018.

Oksygeninnholdet sank jevnt nedover hele vannsøyla, fra 6,6 – 6,8 ml O₂/l (97-100% metning) i overflatevannet til 3,48 ml O₂/l (52% metning) i bunnvannet på 499 meters dyp, som svarer til tilstand III «moderat» etter klassifisering for oksygen i dypvann, gjengitt i **Tabell 9**.

2.4 Bilder av sediment



Figur 5: Bilde av sedimentet ved C2. Sedimentet besto av leire og silt og hadde en pelittandel på 90,9% (se Eurofins Environmental Testing Norway AS sin rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 6: Bilde av sedimentet ved C3. Sedimentet besto av leire og silt, og hadde en pelittandel på 90,7% (se Eurofins Environmental Testing Norway AS sin rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 7: Bilde av sedimentet ved referansestasjonen. Sedimentet besto av silt og leire og hadde en pelittandel på 89,2 (se Eurofins Environmental Testing Norway AS sin rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 8: Bilde av sedimentet ved referansestasjonen. Sedimentet besto av silt og leire og hadde en pelittandel på 93,6% (se Eurofins Environmental Testing Norway AS sin rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.



Figur 9: Bilde av sedimentet ved referansestasjonen. Sedimentet besto av silt og leire og hadde en pelittandel på 95,8% (se Eurofins Environmental Testing Norway AS sin rapport i **Vedlegg B**). Foto: Aqua Kompetanse AS.

3. Oppsummering

Individfordelingen var relativ jevn på alle stasjonene, med indekser mellom 0,61 og 0,77. En lav indeksverdi for jevnhet viser en skjev individfordeling og indikerer et forstyrret bunndyrssamfunn. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp ti ved noen av stasjonene, og antallet arter var jevnt mellom 18 og 28 arter. Også individtallet var relativt likt for alle stasjonene, mellom 169 og 259 arter. Diversitetsindeksene var også relativt like for alle stasjoner og indekser, og lå mellom tilstand II «god» og tilstand III «moderat». Ved C2 lå de fleste indeksene, inkludert nEQR, i tilstand II. Ved C3 og Cref lå de fleste indeksene, inkludert nEQR, i tilstand III. Ved C4 lå halvparten av indeksene i tilstand III og halvparten i tilstand II, sistnevnte inkluderte nEQR. Ved C5 viste alle indeksene tilstandsklasse II. Samlet tilstandsklassifisering for overgangssonen (C3 – C5) ga økologisk tilstandsklasse II «god».

Det var de opportunistiske børstemarkene *Heteromastus filiformis* og *Spiochaetopterus typicus* som hadde høyest individtall ved alle stasjonene, men ellers var det flest tolerante og noen sensitive taksa på stasjonene. Da det ikke var mulig å ta ut prøver fra anleggssonen foreligger det ikke vurdering av miljøtilstand i dette området.

Det ble målt gode pH- og redoks-verdier ved alle stasjonene, og det ble ikke registrert misfargede sedimenter eller lukt. Sedimentet var veldig finkornet ved alle stasjonene og besto av silt og leire. Innholdet av organisk karbon ble klassifisert til tilstand II «god» ved C2, C3, C5 og referansestasjonen, og tilstandsklasse III «moderat» ved C4.

I dypvannet ved Sandskjæret var oksygeninnholdet på 3,48 ml O₂/l, som svarer til tilstand III «moderat» etter klassifisering for oksygen i dypvann.

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

4. Referanser

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

Klykken, C. (2018) B-undersøkelse ved Sandskjæret i Sømna, januar 2018. Rapportnummer 320-12-17B levert av Aqua Kompetanse AS.

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.

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.

Sivertsen, K. F. (2018) Vannstrømmåling ved Sandskjæret, Sømna, desember 2017 - mars 2018. Rapportnummer 12-1-18S levert av Aqua Kompetanse AS. Endringsrapport av 05.04.2018.

Aqua Kompetanse AS
C-undersøkelse Sandskjæret, 2018.
Bløtbunnsfauna



Akvaplan-niva AS Rapport: 60367.01

Rapporttittel / Report title Aqua Kompetanse. C-undersøkelse Sandskjæret, 2018. Bløtbunnsfauna.	
Forfatter(e) / Author(s) Roger Velvin	Akvaplan-niva rapport nr / report no 60367.01
	Dato / Date 03.12.2018
	Antall sider / No. of pages 9 + Vedlegg
	Distribusjon / Distribution Gjennom oppdragsgiver
Oppdragsgiver / Client Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger	Oppdragsg. referanse / Client's reference Vidar Strøm
Sammendrag / Summary Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Sandskjæret. Foreliggende delrapport presenterer resultatene fra faunaundersøkelsen og inkluderer økologisk tilstandsklassifisering av bløtbunnsamfunn.	
Prosjektleder / Project manager  Roger Velvin	Kvalitetskontroll / Quality control  Hans-Petter Mannvik

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

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 MATERIALE OG METODE.....	3
1.1 Faglig program - bløtbunnsfauna	3
1.2 Bløtbunnsfauna.....	3
1.2.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	3
1.2.2 Kvantitative bunndyrsanalyser	4
2 RESULTATER.....	5
2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	5
2.1.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet	5
2.1.2 Geometriske klasser.....	5
2.1.3 Clusteranalyser	6
2.1.4 Artssammensetning	6
3 SAMMENFATNING	8
4 REFERANSER.....	9
5 VEDLEGG	10
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	10

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført karakterisering av bløtbunnsamfunnene ved lokaliteten Sandskjæret. Oppdragsgiver har vært Aqua Kompetanse AS. Resultatene inngår i selskapets rapportering fra en C undersøkelse ved lokaliteten.

Følgende personer har deltatt:

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

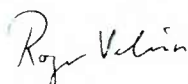
Aqua Kompetanse har gjennomført alle feltinnsamlingene.

Akkreditert virksomhet:

Analysene er utført av Akvaplan-niva AS.

	Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for analyser av makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
--	---

Tromsø, 03.12.2018



Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva

1 Materiale og metode

1.1 Faglig program - bløtbunnsfauna

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

Tabell 1. Faglig program for faunaundersøkelsen ved Sandskjæret, 2018.

Stasjon	Type analyse
C2 overgangssone ytre	Kvantitativ bunndyranalyse.
C3 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse.
C4 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse.
C5 overgangssone	Kvantitativ bunndyranalyse.
Cref referansestasjon	Kvantitativ bunndyranalyse.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 16665:2014. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreark. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- Veileder 02:2013 (rev. 2015). *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

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

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Sandskjæret 2018.

Stasjon	Dyp, m	Posisjon
C2	541	N 65°18,824 – Ø 12°20,537
C3	550	N 65°18,206 – Ø 12°19,468
C4	542	N 65°18,625 – Ø 12°20,022
C5	543	N 65°18,521 – Ø 12°19,906
Cref	546	N 65°17,970 – Ø 12°19,078

1.2 Bløtbunnsfauna

1.2.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrerter/fekalier) fra oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt 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 arts mangfold. Endringer i arts mangfold kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold i sedimentet.

1.2.2 Kvantitative bunndyrsanalyser

Det ble innsamlet to prøver (replikater) på hver av stasjonene iht. retningslinjene i NS 9410:2016. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis arts nivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative arts listene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 1 for beskrivelse av analysemetoder. For økologisk tilstandsklassifisering er Direktoratgruppens veileder 02:2013 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnets struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

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

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

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

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

Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen iht. kap. 8.7 i NS 9410:2016. Stasjonene C2 og Cref er ikke med i denne beregningen.

2 Resultater

2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser

2.1.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 3. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individer varierte fra 169 (C3) til 259 (C4) og antall arter fra 18 (C3) til 28 (C5). På C2, C4 og C5 viste faunaindeksene klasse II og III, men samlet indeks nEQR ga økologisk tilstandsklasse II "God". På C3 og Cref ga de fleste de fleste faunaindeksene, inklusiv samlet indeks nEQR, økologisk tilstandsklasse III "Moderat".

Samlet klassifisering for C3, C4 og C5 i overgangssonen ga økologisk tilstandsklasse II.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en skjev individfordeling mellom artene og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Individfordelingen var relativ jevn på stasjonene med indekser mellom 0,61 og 0,77.

Tabell 3. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Sandskjæret 2018. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individer	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C2	192	20	3,01	16,0	0,61	9,07	20,13	0,620	0,07	2,941	0,75
C3	169	18	2,69	14,5	0,60	8,36	19,64	0,579	0,13	3,030	0,70
C4	259	25	2,58	16,7	0,63	9,04	19,63	0,610	0,06	2,776	0,61
C5	210	28	3,31	18,9	0,65	8,67	20,75	0,644	0,06	2,658	0,77
Cref	230	24	2,70	14,5	0,60	8,87	19,58	0,590	0,14	2,990	0,68

Samlet klassifisering for overgangssonen (C2 og Cref er ikke med)

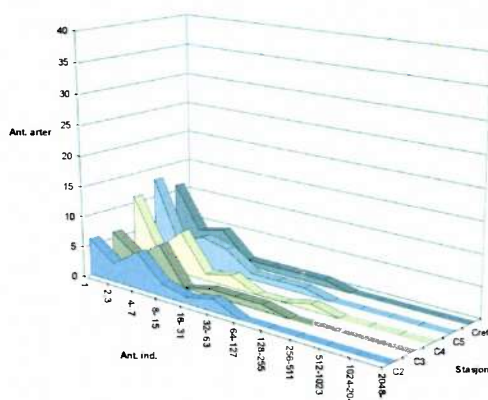
C3,C4,C5	-	-	2,86	16,7	0,63	8,69	20,01	0,611	0,08	2,821	0,69
----------	---	---	------	------	------	------	-------	-------	------	-------	------

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

2.1.2 Geometriske klasser

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

Alle kurvene hadde lave startpunkter, men strakk seg ikke nevneverdig langt ut mot høyere klasser. Kurveforløpene ga ingen entydige indikasjoner på faunatilstanden.

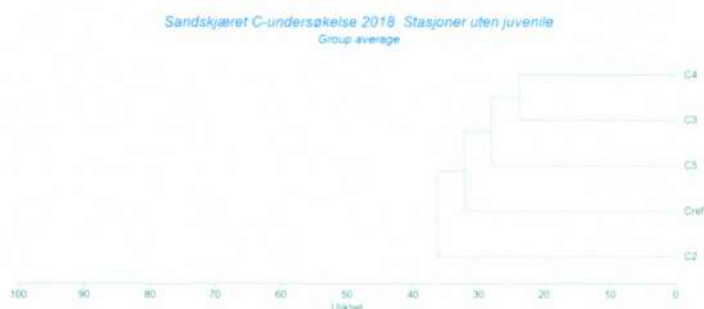


Figur 1. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Sandskjæret, 2018 (pr. 0,2 m²).

2.1.3 Clusteranalyser

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

Clusterplottet viser at de undersøkte stasjonene var mer enn 64 % lik i faunasammensetning. C3 og C4 var mest lik med 78 % likhet.



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

2.1.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en "topp-ti" artsliste fra hver stasjon i Tabell 4. 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).

De to opportunistiske børstemarkene *Spiochaetopterus typicus* og *Heteromastus filiformis* dominerte på alle fem stasjonene, hvor de til sammen utgjorde mellom 26 og 54 % av individmengden. Det var ellers flest tolerante, men også sensitive taksa på flere av stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-ti på noen av stasjonene.

Tabell 4. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Sandskjæret, 2018.

C2	Ant.	Kum.	EG	C3	Ant.	Kum.	EG
Heteromastus filiformis	52	26 %	IV	Spiochaetopterus typicus	69	41 %	IV
Spiochaetopterus typicus	51	52 %	IV	Heteromastus filiformis	38	63 %	IV
Thyasira equalis	29	67 %	III	Thyasira equalis	19	75 %	III
Ceratocephale loveni	12	73 %	III	Ceratocephale loveni	6	78 %	III
Kelliella miliaris	8	77 %	III	Levinsenia gracilis	6	82 %	II
Crustacea indet. juv.	5	79 %	ik	Kelliella miliaris	5	85 %	III
Levinsenia gracilis	5	82 %	II	Abra nitida	4	87 %	III
Lumbrineris aniara	5	84 %	I	Nemertea indet.	4	89 %	III
Onchnesoma steenstrupii	4	86 %	I	Paramphinoe jeffreysii	4	92 %	III
Paramphinoe jeffreysii	4	88 %	III	Eriopisa elongata	3	93 %	II
C4	Ant.	Kum.	EG	C5	Ant.	Kum.	EG
Spiochaetopterus typicus	141	54 %	IV	Spiochaetopterus typicus	69	32 %	IV
Heteromastus filiformis	27	65 %	IV	Heteromastus filiformis	32	47 %	IV
Thyasira equalis	25	74 %	III	Thyasira equalis	25	59 %	III
Ceratocephale loveni	8	77 %	III	Ceratocephale loveni	14	66 %	III
Abra nitida	7	80 %	III	Kelliella miliaris	9	70 %	III
Kelliella miliaris	7	83 %	III	Lumbrineris aniara	9	74 %	I
Levinsenia gracilis	6	85 %	II	Onchnesoma steenstrupii	8	78 %	I
Nemertea indet.	6	87 %	III	Levinsenia gracilis	6	81 %	II
Eriopisa elongata	5	89 %	II	Abra nitida	5	83 %	III
Onchnesoma steenstrupii	5	91 %	I	Paramphinoe jeffreysii	5	85 %	III
Cref	Ant.	Kum.	EG				
Spiochaetopterus typicus	100	43 %	IV				
Heteromastus filiformis	48	64 %	IV				
Thyasira equalis	25	75 %	III				
Ceratocephale loveni	10	80 %	III				
Abra nitida	7	83 %	III				
Kelliella miliaris	7	86 %	III				
Nemertea indet.	6	88 %	III				
Eudymeninae indet.	4	90 %	I				
Onchnesoma steenstrupii	4	92 %	I				
Aglaophamus pulcher	2	93 %	II				

*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 Sammenfatning

Resultatene fra faunaundersøkelsen ved lokaliteten Sandskjæret i 2018 kan sammenholdes som følger:

- Økologisk tilstandsklassifisering, basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013, ga tilstandsklasse II "God" for bløtbunnsamfunnet på C2, C4 og C5. Bløtbunnsamfunnet på C3 og Cref lå i økologisk tilstandsklasse III "Moderat". Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant de ti mest forekommende artene på noen av stasjonene.
- En samlet klassifisering av bløtbunnsamfunnene på C3, C4 og C5 i overgangssonen ga økologisk tilstandsklasse II, som betyr undersøkelse ved hver tredje produksjonssyklus. Den første undersøkelsen på ny lokalitet skal tas etter den første produksjonssyklusen iht. Kap. 8.7 i NS 9410:2016.

4 Referanser

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

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

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 individtall og få arter med høyt individtall, 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 ordinasjonsanalyser (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
 $X_{Mā}$ = antall individ av art k i prøve nr. j

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

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marine Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

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

Sammensatte indekser (NQ11 og NQ12)

Sammensatte indekser NQ11 og NQ12 bestemmes både ut fra artsmangfold og ømfintlighet. NQ11 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQ11 og NQ12.

NQ11 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$\text{NQ11 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 * (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 * (\text{SN}/2.7)^* (\text{N}/(\text{N}+5))]$$

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:

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

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

Normalisert EQR (nEQR)

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

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

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

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

Klasseintervallet er 0,2 for alle klassene.

nEQR gir altså en tallverdi på en skala fra 0 til 1. Tallverdien viser ikke bare statusklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger fordi verdiene følger en kontinuerlig skala. F. eks. viser verdien 0,75 at tilstanden ligger tre firedeler opp i tilstand God (God = 0,6 – 0,8). nEQR muliggjør en harmonisert sammenligning av 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 Sandskjæret, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C2	C3	C4	C5	Cref
no. ind.	1060	192	169	259	210	230
no. spe.	47	20	18	25	28	24

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02
no. ind.	1060	91	101	100	69	145	114
no. spe.	47	16	16	15	14	19	18
Shannon-Wiener:		3,0	3,0	2,7	2,7	2,6	2,5
Pielou		0,76	0,75	0,68	0,71	0,62	0,61
ES100		16	16	15	14	17	17
SN		1,84	1,81	1,77	1,83	1,83	1,86
ISI-2012		9,02	9,12	8,63	8,09	9,47	8,61
AMBI		2,867	3,015	3,06	3	2,79	2,761
NQI1		0,62	0,60	0,59	0,60	0,63	0,63
NSI		20,0	20,2	19,7	19,6	19,9	19,4
DI		0,091	0,046	0,050	0,211	0,111	0,007

st.nr.		C5_01	C5_02	Cref_01	Cref_02
no. ind.		119	91	152	78
no. spe.		17	22	20	13
Shannon-Wiener:		3,0	3,6	2,6	2,8
Pielou		0,74	0,80	0,60	0,76
ES100		16	22	16	13
SN		1,81	2,05	1,86	1,74
ISI-2012		8,86	8,47	8,66	9,07
AMBI		2,581	2,735	2,9	3,079
NQI1		0,64	0,66	0,63	0,58
NSI		20,6	20,9	19,5	19,7
DI		0,026	0,091	0,132	0,158

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C2	C3	C4	C5	Cref
Shannon-Wiener:		3,01	2,69	2,58	3,31	2,70
Pielou		0,75	0,70	0,61	0,77	0,68
ES100		16,0	14,5	16,7	18,9	14,5
SN		1,83	1,80	1,85	1,93	1,80
ISI-2012		9,07	8,36	9,04	8,67	8,87
AMBI		2,941	3,030	2,776	2,658	2,990
NQI1		0,61	0,60	0,63	0,65	0,60
NSI		20,13	19,64	19,63	20,75	19,58
DI		0,07	0,13	0,06	0,06	0,14
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}		0,620	0,579	0,610	0,644	0,590

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

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

Geometriske klasser

int.	C2	C3	C4	C5	Cref
1	6	6	11	13	11
2,3	3	3	3	3	4
4- 7	6	6	7	5	5
8- 15	2	0	1	4	1
16- 31	1	1	2	1	1
32- 63	2	1	0	1	1
64-127	0	1	0	1	1
128-255	0	0	1	0	0
256-511	0	0	0	0	0

Artsliste

Sandskjæret C-undersøkelse 2018

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<i>Stasjonsnr.: C2</i>						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.		-1	-1
PORIFERA						
			Porifera indet.		-1	-1
CNIDARIA						
	Hydrozoa					
			Hydrozoa indet.		-1	-1
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma steenstrupii	3	1	4
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Phyto norvegicus	1		1
			Levinsonia gracilis	3	2	5
		Spionida				
			Spiochaetopterus typicus	28	23	51
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	21	31	52
			Euclymeninae indet.		4	4
		Phyllodocida				
			Ceratocephale loveni	6	6	12
		Amphinomida				
			Paramphinoe jeffreysii	3	1	4
		Eunicida				
			Lumbrineris aniana	2	3	5
			Lumbrineris mixochaeta	3		3
		Terebellida				
			Ampharete sp.	1		1
		Sabellida				
			Siboglinidae indet.	1	1	2
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	3	8	11
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Diastylis rathkei	1		1
		Amphipoda				
			Eriopisa elongata	1	2	3
		Euphausiacea				
			Euphausiacea indet.		1	1
		Decapoda				
			Natantia indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.	1	4	5
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Yoldiella nana		1	1
		Veneroida				
			Thyasira equalis	13	16	29
			Macoma calcarea		1	1
			Abra nitida	1	3	4
			Kelliella milians	3	5	8
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1
	Echinoidea					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Spartangoida				
			Brisaster fragilis		1	1
			<i>Maks:</i>	28	31	52
			<i>Antall:</i>	20	22	28
			<i>Sum:</i>			208
<i>Stasjonsnr.: C3</i>						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
PORIFERA						
			Ponifera indet.	-1		-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4		4
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma steenstrupii	2	1	3
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	4	2	6
		Spionida				
			Spiochaetopterus typicus	44	25	69
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	18	20	38
			Euclymeninae indet.	1		1
		Phyllodocida				
			Neoleanira tetragona	1	1	2
			Ceratocephale loveni	2	4	6
			Aglaophamus pulcher		1	1
		Amphinomida				
			Paramphionome jeffreysii	3	1	4
		Eunicida				
			Lumbrineris aniara	1		1
		Sabellida				
			Siboglinidae indet.	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	3	6	9
	Malacostraca					
		Amphipoda				
			Eriopisa elongata	1	2	3
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.		1	1
	Bivalvia					
		Veneroida				
			Thyasira equalis	14	5	19
			Abra nitida	3	1	4
			Kelliella miliaris	1	4	5
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					
		Paxillosida				
			Psilaster andromeda		1	1
			<i>Maks:</i>	44	25	69
			<i>Antall:</i>	18	16	21
			<i>Sum:</i>			175
<i>Stasjonsnr.: C4</i>						
FORAMINIFERA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
PORIFERA			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
CNIDARIA			Porifera indet.		-1	-1
	Hydrozoa					
NEMERTINI			Hydrozoa indet.	-1		-1
SIPUNCULIDA			Nemertea indet.	4	2	6
ANNELIDA			Onchnesoma steenstrupii	4	1	5
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Phylo norvegicus		1	1
			Levinsonia gracilis	5	1	6
		Spionida				
			Spiochaetopterus typicus	79	62	141
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	14	13	27
			Euclymeninae indet.	2	1	3
		Phyllodocida				
			Polynoidae indet.	1		1
			Neoleanira tetragona		1	1
			Ceratocephale loveni	3	5	8
			Aglaophamus pulcher	1		1
		Amphinomida				
			Paramphionome jeffreysii	1		1
		Eunicida				
			Augeneria sp.	1		1
			Lumbrineris aniara	4		4
		Terebellida				
			Anobothrus laubieri		2	2
		Sabellida				
			Siboglinidae indet.	1		1
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.		1	1
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	3	34	37
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	1		1
			Diastylodes serratus	1	1	2
		Amphipoda				
			Enopisa elongata	3	2	5
		Euphausiacea				
			Euphausiacea indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.	1		1
MOLLUSCA						
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.		1	1
	Bivalvia					
		Veneroida				
			Thyasira equalis	13	12	25
			Thyasira obsoleta		1	1
			Abra nitida	4	3	7
			Kelliella mihanis	3	4	7
BRYOZOA						

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
HEMICHORDATA			Bryozoa indet.		-1	-1
			Rhabdopleura sp.		-1	-1
			<i>Maks:</i>	79	62	141
			<i>Antall:</i>	24	23	33
			<i>Sum:</i>			292
<i>Stasjonsnr.: C5</i>						
FORAMINIFERA						
PORIFERA			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMERTINI			Ponifera indet.	-1	-1	-2
SIPUNCULIDA			Nemertea indet.	3	1	4
			Onchnesoma steenstrupii	4	4	8
ANNELIDA			Sipunculida indet.		1	1
	Polychaeta					
		Orbiniida	Levinsenia gracilis	4	2	6
		Spionida	Spiochaetopterus typicus	45	24	69
		Capitellida	Heteromastus filiformis	17	15	32
			Eudymeninae indet.	2	2	4
		Phyllodocida				
			Polynoidae indet.		1	1
			Neoleanira tetragona		1	1
			Exogone verugera	1		1
			Ceratocephale loveni	9	5	14
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii		5	5
		Eunicida				
			Augeneria sp.		2	2
CRUSTACEA			Lumbrinensis aniara	6	3	9
		Terebellida				
			Anobothrus laubieri		1	1
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	4	23	27
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Diastylodes serratus	1		1
		Amphipoda				
MOLLUSCA			Eriopisa elongata		1	1
			Crustacea indet. juv.		2	2
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula tumidula	1		1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
		Veneroida	Malletia obtusa	1		1
			Adontorhina similis	1	2	3
			Thyasira equalis	13	12	25
			Thyasira obsoleta	1		1
			Thyasiridae indet.		2	2
			Tellimya tenella		1	1
			Abra nitida	1	4	5
			Kelliella mihanis	9		9
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida	Amphilepis norvegica		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1
			Maks:	45	24	69
			Antall:	20	27	33
			Sum:			236
Stasjonsnr.: Cref						
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	1	5	6
NEMATODA						
			Nematoda indet.	1	1	2
SIPUNCULIDA						
			Golfingia margaritacea	1		1
			Onchnesoma steenstrupii	4		4
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida	Spiochaetopterus typicus	76	24	100
		Capitellida	Heteromastus filiformis	26	22	48
			Eudlymeninae indet.	4		4
		Phyllodocida	Neoleanira tetragona		1	1
			Hesionidae indet.	1		1
			Exogone verugera	1		1
			Ceratocephale loveni	6	4	10
			Aglaophamus pulcher	1	1	2
		Eunicida	Augeneria sp.	2		2
			Lumbrineris aniara		1	1
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.		2	2
	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.	3	14	17
	Cirripedia					
		Thoracica	Sessilia indet.	-1		-1
	Malacostraca					
		Amphipoda	Enopisa elongata	1	1	2
			Gammaridea indet.	1		1
		Decapoda	Natantia indet.	1		1
			Calocarides coronatus		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Veneroida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Thyasira equalis	16	9	25
			Thyasira obsoleta	1		1
			Thyasiridae indet.	1		1
			Kurtiella bidentata	1		1
			Abra nitida	4	3	7
			Kelliella miliaris	3	4	7
		Pholadomyoida				
			Cuspidaria obesa	1		1
			<i>Maks:</i>	76	24	100
			<i>Antall:</i>	24	15	28
			<i>Sum:</i>			249
			<i>TOTAL:</i>			<i>Maks:</i> 141
						<i>Sum:</i> 1160

Vedlegg B – Eurofins Environmental Testing Norway AS rapport



Aqua Kompetanse AS
Postboks 66
7771 Flatanger
Attn: Vidar Strøm

Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-18-MM-020809-01

EUNOMO-00202665

Prøvemottak: 03.08.2018
Temperatur:
Analyseperiode: 03.08.2018-22.08.2018
Referanse: 104-5-18C Sandskjæret,
Aqua Kompetanse AS

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2018-08030060	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C2	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Total tørrstoff glødetap	10.7	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	33.8	%	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	5.3	g/kg TS	0.5	18%	EN 13342, Internal Method (Soil)
a) Totalt organisk karbon (TOC)	24900	mg/kg TS	1000	15%	EN 13137

Prøvenr.:	439-2018-08030061	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C2	Analysesstartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kornstørrelse <2µm					
a) Kornstørrelse <2 µm	5.2	% TS	1		Internal Method 6
a) Kornstørrelse <63µm					
a) Kornstørrelse < 63 µm	90.9	% TS	0.1		Internal Method 6

Prøvenr.:	439-2018-08030062	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C3	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Total tørrstoff glødetap	9.6	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	40.2	%	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	2.6	g/kg TS	0.5	19%	EN 13342, Internal Method (Soil)
a) Totalt organisk karbon (TOC)	23000	mg/kg TS	1000	15%	EN 13137

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ Kvantifiseringsgrense MU Maleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.
Opplysninger om maleusikkerhet og konfidensintervall fas ved henvendelse til laboratoriet.
Maleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 3

AR-001 v. 142



Prøvenr.:	439-2018-08030063	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C3	Analysedato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kornstørrelse <2µm					
a) Kornstørrelse <2 µm	4.8	% TS	1		Internal Method 6
a) Kornstørrelse <63µm					
a) Kornstørrelse < 63 µm	90.7	% TS	0.1		Internal Method 6

Prøvenr.:	439-2018-08030064	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C4	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Total tørrstoff glødetap	10.6	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	34.3	%	0.1	10%	EN 12880, 2001-02
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	3.3	g/kg TS	0.5	19%	EN 13342, Internal Method (Soil)
a) Totalt organisk karbon (TOC)	27200	mg/kg TS	1000	15%	EN 13137

Prøvenr.:	439-2018-08030065	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C4	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kornstørrelse <2µm					
a) Kornstørrelse <2 µm	4.6	% TS	1		Internal Method 6
a) Kornstørrelse <63µm					
a) Kornstørrelse < 63 µm	89.2	% TS	0.1		Internal Method 6

Prøvenr.:	439-2018-08030066	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerking:	C5	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Total tørrstoff glødetap	10.2	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	37.6	%	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	3.1	g/kg TS	0.5	19%	EN 13342, Internal Method (Soil)
a) Totalt organisk karbon (TOC)	23600	mg/kg TS	1000	15%	EN 13137

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Maleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om maleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Maleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

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

Side 2 av 3

AR-001 v 142

Prøvenr.:	439-2018-08030067	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerkning:	C5	Analysedato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kornstørrelse <2µm					
a) Kornstørrelse <2 µm	5.4	% TS	1		Internal Method 6
a) Kornstørrelse <63µm					
a) Kornstørrelse < 63 µm	93.6	% TS	0.1		Internal Method 6

Prøvenr.:	439-2018-08030068	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerkning:	Cref	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Total tørrstoff glødetap	9.5	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a); 2001-02
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	42.6	%	0.1	10%	EN 12880; 2001-02
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	3.0	g/kg TS	0.5	19%	EN 13342, Internal Method (Soil)
a) Totalt organisk karbon (TOC)	19900	mg/kg TS	1000	15%	EN 13137

Prøvenr.:	439-2018-08030069	Prøvetakingsdato:	11.08.2018		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Vidar Strøm		
Prøvemerkning:	Cref	Analysestartdato:	03.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kornstørrelse <2µm					
a) Kornstørrelse <2 µm	5.9	% TS	1		Internal Method 6
a) Kornstørrelse <63µm					
a) Kornstørrelse < 63 µm	95.8	% TS	0.1		Internal Method 6

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Oterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488,
 b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Kopi til:

Marthe (marthe@aquakompetanse.no)

Moss 22.08.2018

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.
 Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi-området.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 3 av 3

AR-001 v 142