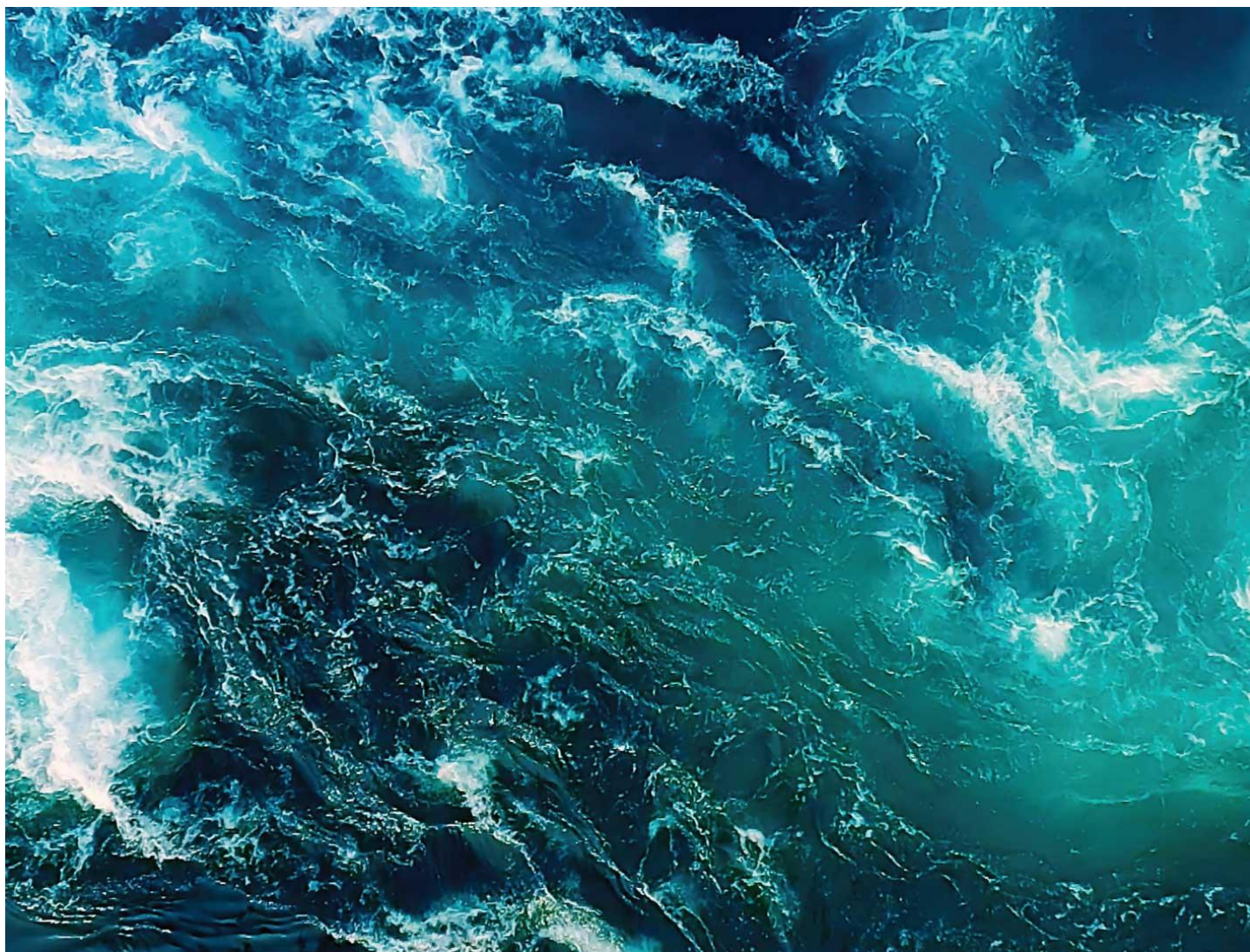


Ballangen Sjøfarm AS

Forundersøkelse C ved Kvernes (28196), 2020



Blank side

Rapporttittel / Report title Ballangen Sjøfarm AS. Forundersøkelse C ved Kvernes (28196), 2020.	
Forfatter(e) Hans Petter Mannvik Steinar Dalheim Eriksen	Akvaplan-niva Rapport 2021 62639.02
	Dato 05.01.2021
	Antall sider 41
	Distribusjon Gjennom oppdragsgiver
Oppdragsgiver Ballangen Sjøfarm AS, 8540 Ballangen	Oppdragsg. referanse Ottar Bakke
Sammendrag Resultatene fra miljøundersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Kvernes i 2020 viste at faunaen var påvirket og i tilstandsklasse IV på C1 og C3 og klasse III på C5 og lite eller ikke påvirket med klasse I og II på de andre stasjonene. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 2 (God). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1, C3, C5 og C6, men ikke på de andre stasjonene. Blant støtteparameterne var sedimentene belastet med organisk karbon i klasse III på stasjon C1 og lavt i klasse I på de andre stasjonene. Kobbernivåene på C1 og C4 var lett forhøyet og i klasse II og lavt på de andre stasjonene med klasse I. Kadmiumnivåene var lett forhøyet på C1 og i klasse II og lavt på de andre stasjonene med klasse I. Oksygenmetningen i november var god i hele vannsøylen med 78 % i bunnvannet.	
Prosjektleder  Steinar Dalheim Eriksen	Kvalitetskontroll

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	5
1 OPPSUMMERINGSTABELL C-UNDERSØKELSE	6
1.1 Oppsummering av C-undersøkelse.....	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og formål.....	7
2.2 Drift og fôrforbruk.....	8
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	10
3.1 Faglig program	10
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	10
3.3 Hydrografi og oksygen	11
3.4 Sedimentundersøkelse	11
3.4.1 Feltinnsamlinger	11
3.4.2 Total organisk materiale (TOM).....	12
3.4.3 Total nitrogen (TN)	12
3.4.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	12
3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium Cd	12
3.4.6 Redoks- og pH målinger.....	12
3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna.....	13
3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	13
3.5.2 Innsamling og fiksering.....	13
3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	13
4 RESULTATER.....	15
4.1 Hydrografi og oksygen	15
4.2 Sediment	15
4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh	15
4.2.2 Kobber og kadmium i sediment	16
4.3 Bløtbunnfauna	17
4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering	17
4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.	17
4.3.3 Geometriske klasser.....	17
4.3.4 Clusteranalyser	18
4.3.5 Artssammensetning	19
5 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	21
5.1 Sammendrag	21
5.2 Konklusjoner	21
6 REFERANSER.....	22
7 VEDLEGG	23
7.1 Bunndyrsstatistikk og artslister	23
7.2 Analysebeviser	38
7.3 Bilder av prøver ved Kvernes	41

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en forundersøkelse type C ved oppdrettslokaliteten Kvernes. Oppdragsgiver har vært Ballangen Sjøfarm AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.

Følgende personer har deltatt:

Steinar Dalheim Eriksen	Akvaplan-niva	Rapport, prosjektleder.
Trond Ivarjord	Akvaplan-niva	Feltarbeid.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Roger Velvin	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).
Marina V. Alonso	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Stine Hermansen	Akvaplan-niva	Sondegrafikk CTDO.
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva AS vil takke Ballangen Sjøfarm AS for godt samarbeid ved disse undersøkelser.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med ALS Laboratory Group (Tsjekkia) som underleverandør.

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

Ikke-akkrediterte tjenester: Hydrografimålinger og dybdekartlegginger (Olex).

Tromsø, 05.01.2021



Steinar Dalheim Eriksen
Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell C-undersøkelse

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	Forundersøkelse C Kvernes, 2020.		
Rapport nr.	2021 62639.02	Lokalitet:	Kvernes
Lokalitet nr.	28196	Kartkoordinater (anlegg):	N68°24,106 Ø16°54,862
Fylke:	Nordland	Kommune:	Narvik
MTB-tillatelse:	FU søknad > 6000 tonn	Kontakt:	Ottar Bakke
Oppdragsgiver:	Ballangen Sjøfarm AS		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato (20.11.2020)			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	3000 tonn
Utføret mengde:	6537 tonn	Produsert mengde:	5943 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	x
Brakklegging:		Forundersøkelse:	x

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (innerst)	0,226	Fauna C1 (innerst)	Klasse IV
Fauna C2 (ytterst)	0,841	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,352	Fauna C3	Klasse IV
Fauna C4 (dypområde)	0,863	Fauna C4 (dypområde)	Klasse I
Fauna C5	0,570	Fauna C5	Klasse III
Fauna C6	0,648	Fauna C6	Klasse II
Fauna Cref	0,900	Fauna Cref	Klasse I
Dato feltarbeid:	20.11.2020 (Cref 10.04.2018)	Dato rapport:	05.01.2021
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)		TOC i klasse III (C1) og I (øvrige st.) Kobber i klasse II (C1, C4) og I (C2, C3) Kadmium i klasse II (C1) og I (C2, C3, C4) pH/Eh poeng 1 (C1) og 0 (øvrige st.) O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.	
Ansvarlig feltarbeid:	Steinar Dalheim Eriksen	Signatur:	

2 Innledning

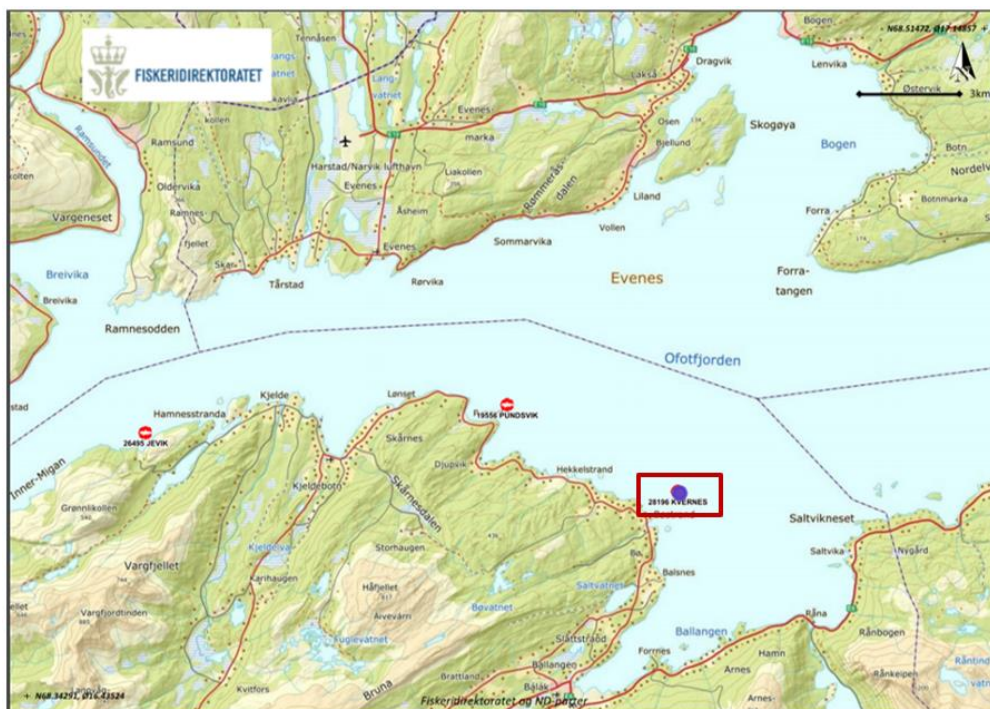
2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva AS har på vegne av Ballangen Sjøfarm AS gjennomført en C-undersøkelse på lokalitet Kvernes i Ofotfjorden, Narvik kommune i Nordland (Figur 1). Fiskeridirektoratet ga midlertidig økning i biomasse til 5700 tonn frem til 01.10.2020. Dette blant annet begrunnet i selskapets store biomassetap under en algeinvasjon året før. Mot utløp av den midlertidige tillatelse ble biomasse tatt ut av anlegget og lokalitetens MTB ble tilbakeført til 3600 tonn. I tillatelsens vilkår skal det gjennomføres en C-undersøkelse etter utløp av denne midlertidige forhøyede produksjonen. Denne undersøkelsen ble rapportert i egen rapport (Mannvik m.fl, 2020). Ballangen Sjøfarm AS ønsker også å få utarbeidet en forundersøkelse i henhold til NS 9410:2016 som skal oppfylle søknader om MTB ≥ 6000 tonn. Det er derfor innhentet en ekstra C6 stasjon og Cref stasjonen er innhentet fra forundersøkelsen utarbeidet i 2018 da lokaliteten ble omsøkt som ny med MTB på 3600 tonn (Mannvik m.fl, 2018). Denne informasjonen inkl. ny B-undersøkelse er vurdert og det er laget en ny samlerapport for forundersøkelse (Eriksen, 2021). Dette med henholdsvis sju C-stasjoner inkl. en referansestasjon i henhold til standardens kap 8.0, tabell 4.

Forundersøkelsen på lokaliteten Kvernes er etter krav i henhold til NS 9410:2016 og "Veiledning til krav om forundersøkelser i henhold til NS 9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark" versjon 1, datert 04.04.2018.

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i overgangssonen. Hoveddelen er en undersøkelse av bunnfaunaen på bløtbunn, som gjennomføres i henhold til ISO 16665:2014 og ISO 5667-19:2004 for støtteparametere. De obligatoriske parametere som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

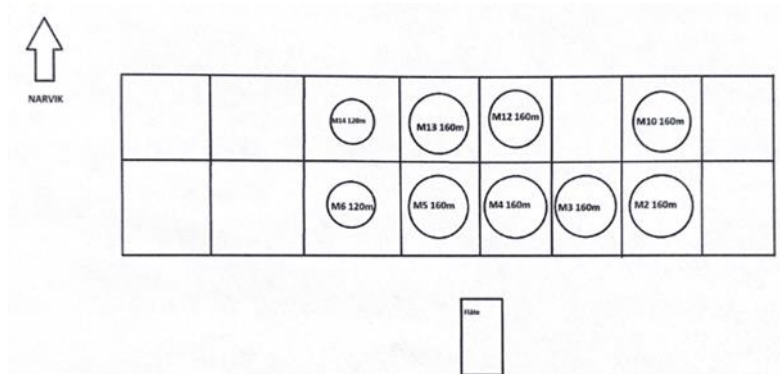
Et oversiktskart med Kvernes er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart Ofotfjorden med plassering av 28196 Kvernes, (rødt rektangel). Omkringliggende lokaliteter framkommer med lokalitetsnummer og navn. Kart Fiskeridirektoratet, målestokk 1:100 000.

2.2 Drift og fôrforbruk

Lokaliteten er nyetablert og har hatt en produksjon siden mai/juni 2019. Rammen består av 2x8 bur med total plass til 16 merder. I denne produksjonen er det benyttet 9 bur som vist i Figur 2. Ved undersøkelsestidspunktet var stående biomasse på ca. 3000 tonn laks med snittvekt på 3,8 kg per fisk (pers. medd. Bakke). Lokaliteten er godkjent for maksimal tillatt biomasse (MTB) på 3600 tonn. Men det er gitt en midlertidig tillatelse for å produsere 5700 tonn frem til 01.10.2020. Etter denne datoen gjelder opprinnelig MTB på 3600 tonn. På undersøkelsestidspunktet var biomasse tatt ut slik at biomassen i anlegget var under gjeldende MTB grense. Biomasse i forhold til lokalitetens MTB gjennom hele driftsperioden er vist i Figur 3.



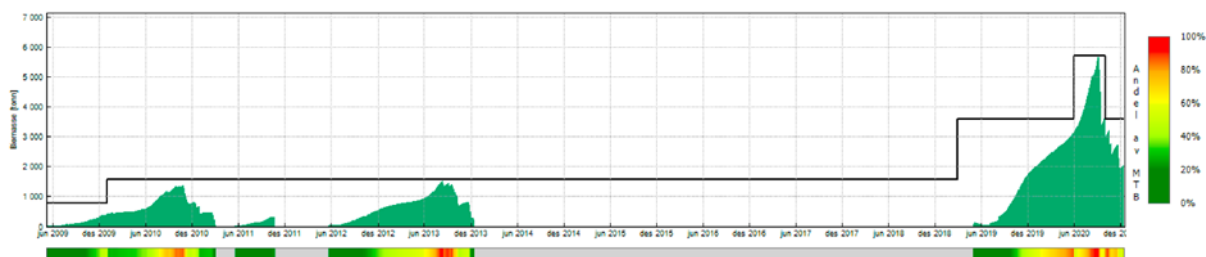
Figur 2. Oversikt over antall bur benyttet i produksjonen.

Produksjon ved Kvernes er vist i Tabell 1.

Biomasse i forhold til MTB for lokaliteten gjennom hele driftsperioden er vist i Figur 3

Tabell 1: Produksjon ved Kvernes.

Utsett tidspunkt	Produsert i tonn laks (rundvekt)	Fôrforbruk i tonn
Mai/juni 2019	5943 tonn	6537 tonn



Figur 3. Stående biomasse og utnyttet maksimal tillatt biomasse (MTB) ved lokaliteten Kvernes. Grafene frem til desember 2013 er fra "gamle Kvernes" som nå er flyttet og erstattet med et nytt anlegg. Figuren er innhentet fra oppdragsgiver..

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har gjennomført miljøundersøkelser av type B og C etter NS 9410;2016 på lokaliteten Kvernes som del av forundersøkelsen til lokalitetssøknaden ved flytting til nytt område og etablering av lokaliteten. En oversikt over tidligere gjennomførte undersøkelser på Kvernes er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Tidligere gjennomførte undersøkelser ved Kvernes.

Dato prøvetaking	Rapportnummer (forfatter, år)	Produksjon inneværende generasjon (tonn)	Type undersøkelse og evt. tilstand
10.04.2018	APN-60074.01 (Mannvik & Eriksen, 2018)	FU/C-undersøkelse	Se rapport
10.04.2018	APN-60074.02 (Eriksen, 2018)	B-undersøkelse Ny lokalitet	1
17.06.2020	APN-62229.01 (Eriksen, 2020A)	B-undersøkelse Halv biomasse	1
13.10.2020	APN-62496.01 (Eriksen, 2020B)	B-undersøkelse Maks belastning	1
20.11.2020	APN-62639.01 (Mannvik m.fl, 2020)	ASC- og C-undersøkelse ved Kvernes (28196), 2020	Se rapport
20.11.2020	APN-62639.01 (Mannvik & Eriksen, 2021)	FU/C-undersøkelse	Se rapport

3 Materiale og metode

3.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til NS 9410:2016. En oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 3.

Akvaplan-niva er akkreditert for feltinnsamlinger, opparbeiding og faglige vurderinger i henhold til gjeldende standarder og veiledere. For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- 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*.
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg*.
- Interne prosedyrer. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva*.
- Veileder 02:2018. *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.
- Veiledning til krav om forundersøkelser i henhold til NS 9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark, versjon 1, datert 04.04.2018.
- M 608:2016 (revidert 2020). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*.

Tabell 3. Faglig program på stasjonene ved Kvernes, 2020. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, TN = totalt nitrogen, Cu = kobber, Cd = kadmium, Korn = kornfordeling. pH/Eh = Surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. pH/Eh.
C6	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. pH/Eh.
Cref (2018)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. pH/Eh.

Beskrivelse av prøvene (jfr Tabell 5 og bildedokumentasjon av prøver i Vedlegg 3).

Feltarbeidet ble gjennomført 20.11.2020 for stasjonene C1 – C6. Cref ligger ca. 1050 m sørøst for anlegget. Referansestasjonen ble innhentet som del av forundersøkelsen i 2018, med feltdato 10.04.2018 (Mannvik & Eriksen, 2018).

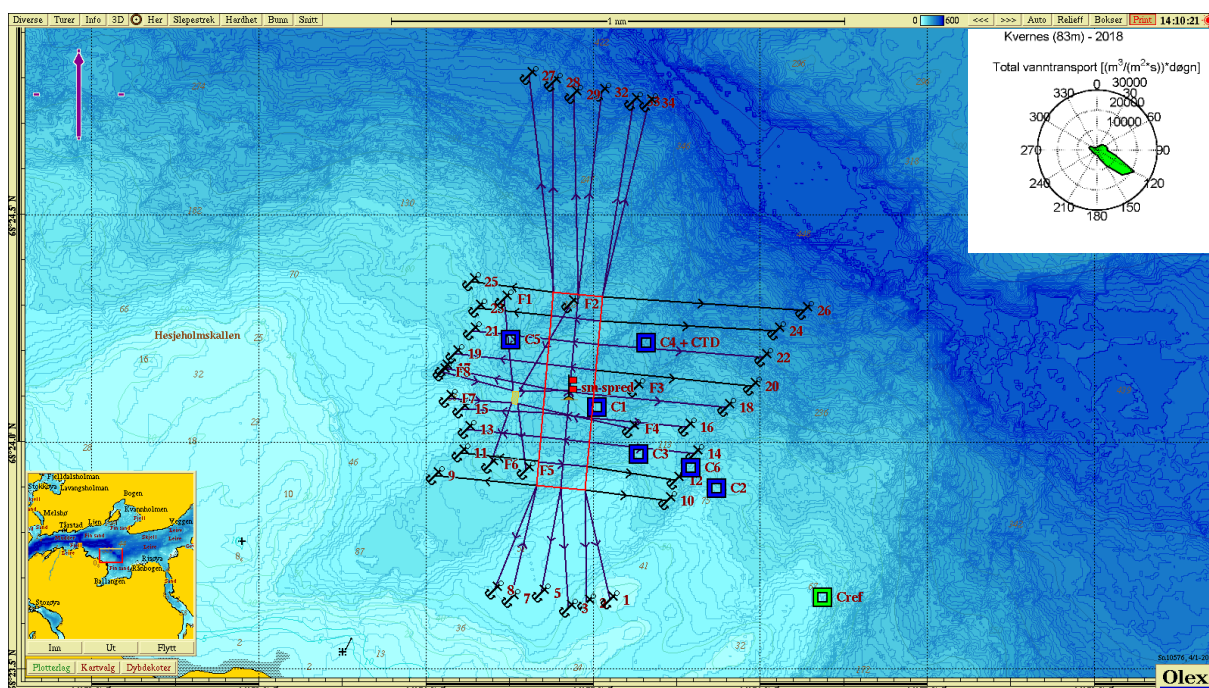
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for forundersøkelser kap 5.0 og 8.0. Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens nåværende drift og ønsket om å kunne søke denne opp til MTB $\geq$ 6000 tonn. Standarden krever da seks C-stasjoner pluss en egen referansestasjon minst 1 km unna anlegget.

Stasjonsdyp og posisjoner er gitt i Tabell 4 og vist i Figur 4. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning ved det målte spredningsdyp på 83 meter (Heggem, 2018).

Tabell 4. Stasjonsdyp, avstand til merd og koordinater, Kvernes, 2020.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon	
			N	Ø
C1	156	15	68°24,077	16°55,016
C2	90	530	68°23,894	16°55,745
C3	110	200	68°23,974	16°55,269
C4	204	195	68°24,218	16°55,320
C5	129	155	68°24,225	16°54,509
C6	107	420	68°23,944	16°55,588
Cref	73	1050	68°23,657	16°56,372



Figur 4. Stasjonskart, Kvernes, 2020. Spredningsstrøm er målt på 83 m dyp og hentet fra strømrapport (Heggem, 2018). Kart Olex dybdekoter 5 m.

3.3 Hydrografi og oksygen

På stasjon C4 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikale profiler med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn. Disse ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 204 sonde.

3.4 Sedimentundersøkelse

3.4.1 Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TN, Cd og Cu ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for TOM og kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent, og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

3.4.2 Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekt tap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i

opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

3.4.3 Total nitrogen (TN)

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av totalt nitrogen (TN) kvantifisert ved elektrokjemisk bestemmelse. Den interne metoden er basert på NS-EN 12260:2003 (Vannundersøkelse – Bestemmelse av bundet nitrogen (TNb) etter oksidasjon til nitrogenoksider).

3.4.4 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 av prøvene ved 40 °C ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved NDIR-deteksjon i henhold til DIN19539:2016 (Investigation of solids – Temperature-dependent differentiation of total carbon (TOC₄₀₀, ROC, TIC₉₀₀)). For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (nTOC) ved bruk av ligningen: $nTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2018.

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment.

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

3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium Cd

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

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu og Cd ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2018.

I hht. M-608:2016 (revidert oktober 2020) finnes det ikke lenger en tilstandsklasse III for kobber i sediment.

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) og kadmium (Cd) i marine sedimenter.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	-	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
Cd mg/kg	< 0,2 Klasse I	0,2 – 2,5 Klasse II	2,5 - 16 Klasse III	16 - 157 Klasse IV	> 157 Klasse V

3.4.6 Redoks- og pH målinger

På alle stasjonene ble det utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus. I hht. manual for instrumentet, ble 200 mV lagt til den målte ORP-verdien (Oxydation Reduction Potential).

3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna

3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale fra oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunndyrlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes

gjennom kvantitative bunndyranalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Endringer i artsmangfold i nærheten av utslippspunkt kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

3.5.2 Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket, og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sediment.

3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene ble det innsamlet to prøver (replikater) 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 å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2018 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
- 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-ti)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2018 vanntype G3).

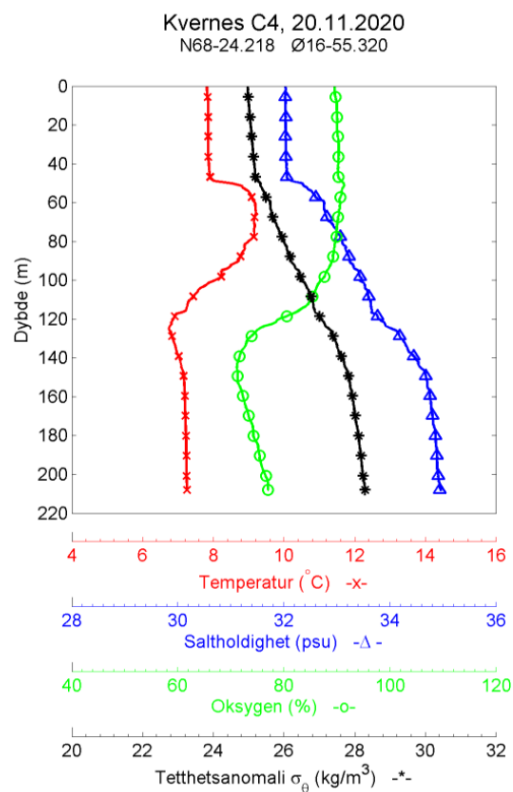
Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
$NQI1$	0,9 - 0,72	0,72 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,5 - 3,7	3,7 - 2,9	2,9 - 1,8	1,8 - 0,9	0,9 - 0
ES_{100}	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
ISI_{2012}	13,4 - 8,7	8,7 - 7,8	7,8 - 6,4	6,4 - 4,7	4,7 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
$nEQR$	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

4 Resultater

4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Kvernes, 2020 er vist i Figur 5.

Temperaturen var 8 °C i overflaten og steg til 9 °C på 60 m dyp før den sank til litt over 7 °C ved bunnen. Oksygenmetningen var 90 % i overflaten, sank til 70 % på 140 m dyp og økte til 78 % i bunnvannet.



Figur 5. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Kvernes, 2020.

4.2 Sediment

4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN), C/N forholdet, kornfordeling og pH/Eh i sedimentene er presentert i Tabell 5.

TOM-nivåene var lave med verdier mellom 0,9 og 3,6 %. TN-nivåene var også lave (0,4 – 1,8 mg/g) mens C/N-forholdet var litt høyt på C1 og lavt på de andre stasjonene. TOC var forhøyet på stasjon C1 og i tilstandsklasse III "Moderat" og lavt på de andre stasjonene med klasse I "Svært god". Sedimentene var moderat grov- til moderat finkornet med pelittandel mellom 10 og 78 %.

Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 1 iht. Tillegg D i NS 9410:2016 på C1 og 0 på de andre stasjonene.

Tabell 5. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Kvernes, 2020.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Myk leire. 3- 4 cm svart sediment i overflatelag, deretter grå/sort leire i nedre lag. Bortsett fra fargeforskjell, tilsynelatende homogen prøve. Noe lukt.	3,6	26	31,9	III	1,8	14,3	69	7,4/ 20
C2	Myk leire. Tilsynelatende homogen. Mye stein og grus i sediment. 4 bomskudd pga. stein i grabbkjeften.	2,3	6,9	19,4	I	0,8	8,7	31	7,6/ 271
C3	Myk leire. Mørkere sediment i overflatelag, deretter grå/sort leire i nedre lag. Bortsett fra fargeforskjell, tilsynelatende homogen prøve med noe stein/grus. Ingen lukt. 3 bomskudd (stein i grabbkjeft).	1,5	4,7	17,1	I	0,6	7,3	31	7,6/ 236
C4	Myk leire. 2- 3 cm brunt sediment i overflatelag, deretter grå/sort leire i nedre lag. Bortsett fra fargeforskjell, tilsynelatende homogen prøve. Svak lukt.	2,9	8,5	12,5	I	1,2	7,1	76	7,6/ 380
C5	Myk leire. 2- 3 cm brunt sediment i overflatelag, deretter grå/sort leire i nedre lag. Bortsett fra fargeforskjell, tilsynelatende homogen prøve. Svak lukt. 5 bomskudd. Ujevn bunn med en del fjell. Første replikat lite sediment, andre var 2/3 full.	2,6	8,6	16,0	I	1,2	6,9	58	7,7/ 220
C6	Myk leire. Grå sediment i overflatelag, deretter grå/sort leire i nedre lag. Bortsett fra fargeforskjell, tilsynelatende homogen prøve. Noe grus i sediment. Ingen lukt	0,9	2,5	17,1	I	0,4	6,9	19	7,6/ 277
Cref	Lys brun sand/skjellsand, ingen lukt eller sverting. 2 underkjente grabber med lite innhold	1,4	2,8	19,0	I	0,5	6,0	10	7,8/ 120

*Tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018) 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).

4.2.2 Kobber og kadmium i sediment

Nivået av kobber og kadmium i sedimentet på stasjonene er presentert Tabell 6. Metallanalyser inngår ikke på C5, C6 og Cref.

Nivåene av kobber var lett forhøyet på C1 og C4 og i klasse II "God", og lave på de to andre stasjonene med klasse I "Svært god". Nivåene av kadmium var lett forhøyet på C1 og i klasse II "God", og lave på de andre stasjonene med klasse I "Svært god".

Tabell 6. Metallanalyse for kobber (Cu) og kadmium (Cd), i mg/kg TS. Kvernes, 2020. Tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2018/M-608:2016 (rev. 2020).

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu	Cd	Tilst.klassif. Cd
C1	24,5	II	0,36	II
C2	11,4	I	<0,10	I
C3	6,3	I	<0,10	I
C4	21,9	II	0,12	I

4.3 Bløtbunnfauna

4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 7. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 175 (Cref) til 1482 (C3) og antall taksa fra 9 (C1) til 94 (C2). På C1 og C3 viste de fleste faunaindeksene, inklusiv nEQR, tilstandsklasse IV "Dårlig" og på C5 klasse III "Moderat". På C6 viste indeksene klasse I til IV mens nEQR var i klasse II "God". På de andre stasjonene viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse I "Svært god".

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. Fordelingen var noe ujevn på C1 og C3 og jevnere på de andre stasjonene.

Tabell 7. 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). Kvernes, 2020. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2018 vanntype G3.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	767	9	1,15	4,77	0,284	5,84	8,34	0,226	5,59	0,44
C2	848	94	4,54	33,69	0,739	9,64	23,94	0,841	2,58	0,76
C3	1482	37	1,51	8,72	0,419	7,36	8,93	0,352	5,45	0,33
C4	542	81	4,79	35,09	0,792	10,13	23,66	0,863	1,84	0,83
C5	980	70	2,77	19,29	0,570	8,50	12,77	0,570	4,39	0,51
C6	827	69	3,27	23,93	0,605	9,17	13,93	0,648	4,15	0,58
Cref	175	58	4,44	34,90	0,837	9,71	28,51	0,900	1,18	0,86

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

4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrssamfunnet i anleggssonen.

I hht. NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrssamfunnet (se kapt. 8.6.2. i NS 9410:2016). Tabell 8 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonen C1.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God". Kriteriet for tilstand 2 er tilstedeværelse av 5 - 19 arter/0,2 m² og at ingen av disse utgjør mer enn 90 % av individene. Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonene er hentet fra Tabell 7 og Tabell 9.

Tabell 8. NS 9410:2016. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på innerste stasjon C1, Kvernes, 2020.

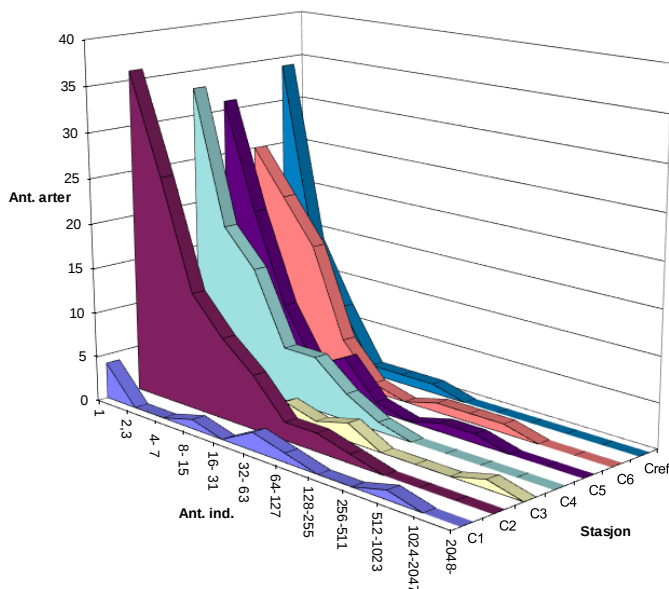
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Kvernes	9	Capitella capitata – 75 %	2 - God

4.3.3 Geometriske klasser

Figur 6 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 stasjon C1 startet lavest og strakk seg langt ut mot høyere klasser. Dette kan indikere faunaforstyrrelse på stasjonen. For de andre stasjonene startet kurvene noe høyere og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser og C3 lengst. Disse ga ingen klare indikasjoner på faunatilstanden.

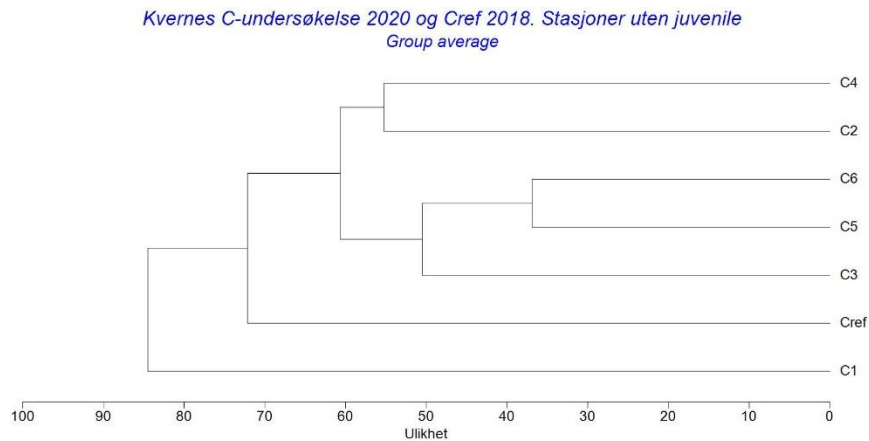


Figur 6. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Kvernes, 2020 (pr. 0,2 m²).

4.3.4 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 7. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale aksen. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 (0 %) ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 100 (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.

Faunasammensetningen på stasjonene er noe ulik. C5 og C6 er 63 % lik og C3 50 % lik disse to stasjonene. C2 og C4 er 45 % lik. Disse to gruppene er 28 % lik hverandre mens C1 bare er 15 % lik de andre stasjonene.



Figur 7. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Kvernes, 2020.

4.3.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en "topp ti" artsliste fra hver stasjon i Tabell 9. 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, C3, C5 og C6 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med mellom 47 og 76 % av individene. De andre mest dominante på stasjonene var hovedsakelig tolerante og opportunistiske arter.

På C2 dominerte den opportunistiske børstemarken *Chaetozone setosa* med 20 % av individene. De andre mest dominante på stasjonen var hovedsakelig sensitive og tolerante arter.

På C3 dominerte den opportunistiske muslingen *Thyasira sarsii* med 20 % av individene. De andre mest dominante på stasjonen var hovedsakelig sensitive, nøytrale og tolerante arter.

På Cref dominerte den sensitive børstemarken *Amythasides macroglossus* med 22 % av individene. De andre mest dominante var hovedsakelig sensitive arter.

Tabell 9. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Kvernes, 2020.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
Capitella capitata	575	75 %	V	Chaetozone setosa	168	20 %	IV
Ophryotrocha sp.	79	85 %	IV	Notomastus latericeus	101	32 %	I
Thyasira sarsii	61	93 %	IV	Amythasides macroglossus	77	41 %	I
Prionospio plumosa	38	98 %	Ik	Aphelochaeta sp.	58	47 %	II
Ophryotrocha lobifera	10	99 %	IV	Chone sp.	56	54 %	I
Hydroides norvegica	1	100 %	I	Thyasira sarsii	25	57 %	IV
Mytilus edulis	1	100 %	IV	Labidoplax buskii	24	60 %	II
Parvicardium minimum	1	100 %	I	Diplocirrus glaucus	21	62 %	II
Spirobranchus triqueter	1	100 %	Ik	Terebellides sp.	19	65 %	Ik
				Streblosoma intestinale	17	67 %	I
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
Capitella capitata	1125	76 %	V	Thyasira sarsii	89	16 %	IV
Thyasira sarsii	111	83 %	IV	Onchnesoma steenstrupii	40	24 %	I
Ophryotrocha lobifera	88	89 %	IV	Parathyasira equalis	40	31 %	III
Chaetozone setosa	63	94 %	IV	Amythasides macroglossus	38	38 %	I
Prionospio plumosa	27	95 %	Ik	Paramphinome jeffreysii	24	42 %	III
Ophryotrocha sp.	18	97 %	IV	Abra nitida	21	46 %	III
Thyasira flexuosa	6	97 %	III	Caudofoveata indet.	21	50 %	II
Abra nitida	4	97 %	III	Chone sp.	19	53 %	I
Ennucula tenuis	4	98 %	II	Heteromastus filiformis	18	57 %	IV
Heteromastus filiformis	3	98 %	IV	Euchone incolor	16	60 %	Ik
C5	Ant.	Kum.	EG	C6	Ant.	Kum.	EG
Capitella capitata	476	48 %	V	Capitella capitata	392	47 %	V
Thyasira sarsii	201	69 %	IV	Thyasira sarsii	129	62 %	IV
Abra nitida	52	74 %	III	Chaetozone setosa	79	72 %	IV
Chaetozone setosa	25	76 %	IV	Abra nitida	20	74 %	III
Notomastus latericeus	21	79 %	I	Pholoe pallida	14	76 %	I
Paramphinome jeffreysii	18	80 %	III	Notomastus latericeus	13	77 %	I
Diplocirrus glaucus	17	82 %	II	Diplocirrus glaucus	12	79 %	II
Parathyasira equalis	16	84 %	III	Hermania sp.	8	80 %	Ik
Streblosoma intestinale	13	85 %	I	Ophiuroidea indet. juv.	8	81 %	II
Heteromastus filiformis	12	86 %	IV	Streblosoma intestinale	8	82 %	I
Cref	Ant.	Kum.	EG				
Amythasides macroglossus	39	22 %	I				
Chone sp.	18	32 %	I				
Ampelisca sp.	11	38 %	I				
Galathowenia fragilis	7	42 %	I				
Euchone sp.	6	45 %	II				
Glycera capitata	6	49 %	I				
Notomastus latericeus	6	52 %	I				
Pista bansei	6	55 %	Ik				
Claviramus candelus	4	58 %	Ik				
Nemertea indet.	4	60 %	III				

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

5 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra forundersøkelsen (type C) ved Kvernes, 2020 kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkritiske forhold i vannsøylen på dypstasjonen C4. Oksygenmetningen i bunnvannet var 78 % i november 2020.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02:2018, viste klasse IV "Dårlig" for bløtbunnsamfunnet på C1 og C3, klasse III "Moderat" på C5, klasse II "God" på C6 og klasse I "Svært god" på de andre stasjonene. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 2 (God). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1, C3, C5 og C6, men ikke på de andre stasjonene.
- TOC-nivået var forhøyet i sediment fra stasjon C1 og i tilstandsklasse III "Moderat" og lavt på de andre stasjonene med klasse I "Svært god". TOM og TN var lave i sedimentene fra alle stasjonene mens C/N-forholdet var litt høyt på C1 og lavt på de andre stasjonene. Kobbernivåene på C1 og C4 var lett forhøyet og i klasse II "God" og lavt på de andre stasjonene med klasse I "Svært god". Kadmiumnivåene var lett forhøyet på C1 og i klasse II "God" og lavt på de andre stasjonene med klasse I "Svært god". Sedimentene var moderat grov- til moderat finkornet med pelittandel mellom 10 og 78 %. Redoksmålingene i sedimentet ga poeng 1 på stasjon C1 og 0 på de andre stasjonene.

5.2 Konklusjoner

Resultatene fra miljøundersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Kvernes i 2020 viste at faunaen var påvirket og i tilstandsklasse IV på C1 og C3 og klasse III på C5 og lite eller ikke påvirket med klasse I og II på de andre stasjonene. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 2 (God). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1, C3, C5 og C6, men ikke på de andre stasjonene. Blant støtteparameterne var sedimentene belastet med organisk karbon i klasse III på stasjon C1 og lavt i klasse I på de andre stasjonene. Kobbernivåene på C1 og C4 var lett forhøyet og i klasse II og lavt på de andre stasjonene med klasse I. Kadmiumnivåene var lett forhøyet på C1 og i klasse II og lavt på de andre stasjonene med klasse I. Oksygenmetningen i november var god i hele vannsøylen med 78 % i bunnvannet.

6 Referanser

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B & 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, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.

Eriksen, S.D. 2018. Ballangen Sjøfarm AS, Forundersøkelse type B, april 2018, nye Kvernes. APN-60074.02

Eriksen, S.D. 2020A. Ballangen Sjøfarm AS, B-undersøkelse, 28196 Kvernes, 2020. Halv belastning. APN-62229.01.

Eriksen, S.D. 2020B. Ballangen Sjøfarm AS, B-undersøkelse, 28196 Kvernes, 2020. Maksimal belastning. APN-62496.01.

Eriksen, S., 2020C. Ballangen Sjøfarm AS. Forundersøkelse på oppdrettslokaliteten Kvernes, 2021. APN-62639.03.

Heggem, T. 2018. Ballangen Sjøfarm AS. Strømmålinger nye Kvernes. 5 m, 15 m, spredning-og bunndyp. APN-60057.02

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.

M 608:2016 (revidert 2020). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. Miljødirektoratet, 13 s.

Mannvik, H-P., Eriksen, S., 2018. Ballangen Sjøfarm AS. Forundersøkelse på oppdrettslokaliteten nye Kvernes, 2018. APN-60074.01.

Mannvik, H-P., Sjetne, L.B., Eriksen, S., 2020. ASC- og C-undersøkelse ved Kvernes (28196), 2020 APN-62639.01.

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

Rygg, B. & 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.

"Veiledning til krav om forundersøkelser i henhold til NS9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark" versjon 1, datert 04.04.2018.

Pers. medd. Ottar Bakke, Rådgiver Ballangen Sjøfarm AS

Kart: Fiskeridirektoratet

7 Vedlegg

7.1 Bunndyrsstatistikk 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 = total 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 total 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 total 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 = total antall individ i prøven
 N_i = antall individ av art i
 n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)
 s = total 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 entoppet, 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 begünstiget, 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_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

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

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

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

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

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

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

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

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-consept 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 Kvernes, 2020:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Cref
no. ind.	5621	767	848	1482	542	980	827	175
no. spe.	195	9	94	37	81	70	69	58

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_0 1	C1_0 2	C2_0 1	C2_0 2	C3_0 1	C3_0 2	C4_0 1	C4_0 2	C5_0 1	C5_0 2	C6_0 1	C6_0 2	Cref_01	Cref_02
no. ind.	5621	481	286	632	216	995	487	271	271	232	748	532	295	63	112
no. spe.	195	9	4	75	50	26	21	57	54	31	61	50	51	36	36
Shannon-Wiener:		1,4	0,9	4,7	4,4	1,4	1,6	4,9	4,7	2,4	3,1	2,8	3,8	4,6	4,3
Pielou		0,45	0,44	0,76	0,77	0,30	0,36	0,84	0,81	0,49	0,52	0,50	0,66	0,89	0,83
ES100		6	4	34	33	8	9	37	33	18	21	20	28	36	34
SN		1,21	0,80	2,32	2,33	1,69	1,67	2,35	2,31	2,03	2,18	2,13	2,26	2,52	2,31
ISI-2012		7,28	4,41	9,37	9,91	7,66	7,05	9,13	11,13	8,10	8,90	9,52	8,82	9,38	10,04
AMBI		5,433	5,738	2,296	2,864	5,545	5,354	1,845	1,833	4,566	4,211	4,593	3,716	1,205	1,158
NQI1		0,33	0,24	0,76	0,72	0,41	0,42	0,79	0,79	0,54	0,60	0,56	0,65	0,85	0,83
NSI		9,0	7,7	24,4	23,5	8,7	9,2	23,5	23,8	12,1	13,5	12,1	15,7	28,1	28,9

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Cref
Shannon-Wiener:		1,15	4,54	1,51	4,79	2,77	3,27	4,44
Pielou		0,44	0,76	0,33	0,83	0,51	0,58	0,86
ES100		4,8	33,7	8,7	35,1	19,3	23,9	34,9
SN		1,00	2,32	1,68	2,33	2,10	2,20	2,42
ISI-2012		5,84	9,64	7,36	10,13	8,50	9,17	9,71
AMBI		5,586	2,580	5,450	1,839	4,389	4,155	1,182
NQI1		0,28	0,74	0,42	0,79	0,57	0,60	0,84
NSI		8,34	23,94	8,93	23,66	12,77	13,93	28,51
Tilstandsklasse nEQR		0,226	0,841	0,352	0,863	0,570	0,648	0,900

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Cref
1	4	36	22	33	31	25	34
2,3	0	25	6	18	19	20	14
4-7	0	13	3	14	9	15	7
8-15	1	9	0	6	3	5	1
16-31	0	6	2	6	5	1	1
32-63	2	2	1	3	1	0	1
64-127	1	2	2	1	0	1	0
128-255	0	1	0	0	1	1	0
256-511	0	0	0	0	1	1	0
512-1023	1	0	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	1	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0	0	0

Artsliste

Kvernes ASC-C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1					
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Capitella capitata	337	238	575
		Hydroides norvegica	1		1
		Ophryotrocha lobifera	10		10
		Ophryotrocha sp.	75	4	79
		Prionospio plumosa	15	23	38
		Spirobranchus triqueter	1		1
	MOLLUSCA				
	Bivalvia				
		Mytilus edulis	1		1
		Parvicardium minimum	1		1
		Thyasira sarsii	40	21	61
		Maks:	337	238	575
		Antall:	9	4	9
		Sum:			767
Stasjonsnr.: C2					
	CNIDARIA				
	Anthozoa				
		Edwardsia sp.	4		4
	PLATYHELMINTHES				
		Platyhelminthes indet.		1	1
	NEMERTINI				
		Nemertea indet.	2	1	3
	SIPUNCULIDA				
		Onchnesoma steenstrupii		2	2
		Phascolion strombus	1		1
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Amaeana trilobata	3		3
		Amphicteis gunneri	1		1
		Amythasides macroglossus	74	3	77
		Anobothrus gracilis	2		2
		Anobothrus laubieri		1	1
		Aphelochaeta sp.	31	27	58
		Apistobanchus tenuis	1		1
		Capitella capitata	7	2	9
		Chaetozone setosa	120	48	168
		Chaetozone sp.	3		3
		Chirimia biceps	9	5	14
		Chone sp.	49	7	56
		Cirratulus cirratus	7		7
		Dialychone longocirrata		1	1
		Dialychone sp.	1		1
		Diplocirrus glaucus	17	4	21
		Dipolydora coeca		1	1
		Dipolydora sp.	8		8
		Drilonereis filum	1		1
		Eclysippe vanelli	2	1	3

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Euchone southerni	3		3
		Exogone verugera	9		9
		Galathowenia oculata	1	2	3
		Glycera lapidum	12	4	16
		Heteroclymene robusta	2	1	3
		Heteromastus filiformis	2	1	3
		Jasmineira caudata	9	1	10
		Lagis koreni	1		1
		Laphania boeckii	3		3
		Leaena ebranchiata	1		1
		Lumbriclymene sp.		2	2
		Lumbrineridae indet.	1		1
		Lumbrineris aniara		1	1
		Lumbrineris sp.	2		2
		Maldanidae indet.	2		2
		Notomastus latericeus	68	33	101
		Notophyllum foliosum	1		1
		Paramphionome jeffreysii	1	4	5
		Parougia nigridentata		1	1
		Pholoe assimilis	1		1
		Pholoe pallida	7	4	11
		Phyllodoce groenlandica		2	2
		Pista bansei	5		5
		Pista cristata		1	1
		Polycirrus medusa	2		2
		Polycirrus norvegicus		1	1
		Polycirrus sp.	3	3	6
		Polyphysia crassa	1		1
		Prionospio cirrifera	3		3
		Prionospio multibranchiata	3		3
		Proclea graffii	6	1	7
		Pseudopolydora paucibranchiata		1	1
		Raricirrus beryli	1		1
		Samytha sexcirrata		2	2
		Scoletoma magnidentata		1	1
		Sosane wahrbergi	1		1
		Streblosoma intestinale	10	7	17
		Streblosoma sp.	6		6
		Terebellidae indet.		1	1
		Terebellides sp.	14	5	19
		Tharyx killariensis	1		1
		Tharyx sp.	7		7
		Trichobranchus roseus	4	1	5
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Harpinia sp.	1		1
		Paraphoxus oculatus	1		1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	8		8
	Polyplacophora				
		Leptochiton arcticus		1	1
	Opisthobranchia				
		Cylichna alba	1		1
		Hermania sp.	3	2	5

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum	
		Laona quadrata	3		3	
	Bivalvia	Retusa umbilicata		1	1	
		Astarte sulcata	3		3	
		Axinulus croulinensis	5	1	6	
		Bathyarca pectunculoides		1	1	
		Ennucula tenuis	3	1	4	
		Mendicula ferruginosa	9	2	11	
		Parathyasira equalis	7	5	12	
		Thyasira flexuosa	1		1	
		Thyasira gouldi	1		1	
		Thyasira obsoleta	2	4	6	
		Thyasira sarsii	17	8	25	
		Yoldiella nana	1		1	
	Scaphopoda					
		Antalis entalis	3		3	
BRACHIOPODA	Articulata					
		Macandrevia cranium	1	1	2	
ECHINODERMATA	Ophiuroidea					
		Amphiura chiajei	2		2	
		Amphiura filiformis	1		1	
		Ophiuroidea indet. juv.	3		3	
	Echinoidea					
		Echinocardium flavescens	3		3	
	Holothuroidea					
		Labidoplax buskii	20	4	24	
TUNICATA	Ascidacea					
		Ascidacea indet. (solit)		1	1	
			Maks:	120	48	168
			Antall:	76	50	95
			Sum:			851
Stasjonsnr.: C3						
NEMERTINI						
		Nemertea indet.	1		1	
SIPUNCULIDA						
		Phascolion strombus	1		1	
ANNELIDA	Polychaeta					
		Arenicola marina		1	1	
		Capitella capitata	773	352	1125	
		Chaetozone setosa	38	25	63	
		Chirimia biceps		1	1	
		Cistenides hyperborea	2		2	
		Diplocirrus glaucus		1	1	
		Exogone verugera	1		1	
		Heteromastus filiformis	1	2	3	
		Lagis koreni		1	1	
		Levinsenia gracilis	1		1	
		Notomastus latericeus	2		2	
		Ophelina acuminata	1		1	
		Ophryotrocha lobifera	68	20	88	
		Ophryotrocha sp.	18		18	

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum	
		Paramphinome jeffreysii		1	1	
		Pholoe assimilis	1		1	
		Pholoe pallida		1	1	
		Prionospio plumosa	19	8	27	
		Scalibregma hansenii	2		2	
		Scalibregma inflatum	1		1	
		Syllis kas		1	1	
		Tharyx killariensis		1	1	
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
		Caudofoveata indet.		1	1	
	Prosobranchia					
		Haliella stenostoma	1		1	
	Opisthobranchia					
		Nudibranchia indet.	1		1	
	Bivalvia					
		Abra nitida	2	2	4	
		Astarte sulcata		1	1	
		Ennucula tenuis	3	1	4	
		Macoma calcarea	1	1	2	
		Saxicavella jeffreysi	1		1	
		Thyasira flexuosa	3	3	6	
		Thyasira obsoleta	1		1	
		Thyasira sarsii	51	60	111	
		Thyasiridae indet.		3	3	
	Scaphopoda					
		Antalis entalis	1		1	
			Maks:	773	352	1125
			Antall:	26	21	37
			Sum:			1482
Stasjonsnr.: C4						
NEMERTINI						
		Nemertea indet.	3	2		5
SIPUNCULIDA						
		Onchnesoma steenstrupii	16	24		40
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Abyssoninoe sp.	1			1
		Ampharete octocirrata	1			1
		Ampharetidae indet.	2			2
		Amythasides macroglossus	12	26		38
		Anobothrus gracilis	3			3
		Anobothrus laubieri		3		3
		Aphelochaeta sp.		1		1
		Augeneria sp.		1		1
		Chaetozone setosa	1			1
		Chaetozone sp.		1		1
		Chirimia biceps	5	1		6
		Chone sp.	17	2		19
		Cirratulus cirratus	1			1
		Claviramus oculatus		11		11
		Diplocirrus glaucus	4			4
		Drilonereis filum	1	1		2
		Eclysippe vanelli	6	6		12

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Euchone incolor		16	16
		Euclymene lindrothi	2		2
		Euclymeninae indet.	1		1
		Eucranta villosa		1	1
		Exogone verugera	1		1
		Galathowenia fragilis		2	2
		Glycera lapidum	2	7	9
		Heteromastus filiformis	8	10	18
		Heteromastus sp.		1	1
		Lamispina falcata		3	3
		Lanassa venusta		2	2
		Levinsenia flava	1	2	3
		Levinsenia gracilis	3		3
		Lumbriclymene sp.	2	5	7
		Lumbriclymeninae indet.	2		2
		Lumbrineris aniara	4		4
		Notomastus latericeus	7		7
		Ophryotrocha sp.	1		1
		Paradiopatra quadricuspis		2	2
		Paramphinome jeffreysii	5	19	24
		Phisidia aurea	3	2	5
		Pholoe pallida		1	1
		Phylo norvegicus	1		1
		Pista cristata		2	2
		Polycirrus norvegicus		1	1
		Polycirrus sp.		1	1
		Praxillura longissima		1	1
		Prionospio cirrifera	1		1
		Pseudopolydora paucibranchiata	3	2	5
		Rhodine loveni	1		1
		Siboglinum fiordicum	1		1
		Spiophanes kroyeri	2	2	4
		Streblosoma intestinale	6	2	8
		Terebellides sp.	2		2
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Bathymedon longimanus	1		1
		Bathymedon saussurei	1		1
		Diastylis cornuta		1	1
		Eriopisa elongata	3	3	6
		Eudorella sp.		1	1
		Tanaidacea indet.	1	1	2
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	14	7	21
	Prosobranchia				
		Melanella frielei	1		1
	Opisthobranchia				
		Hermania sp.	1		1
		Laona quadrata	4	1	5
	Bivalvia				
		Abra nitida	12	9	21
		Axinulus croulinensis		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Bathyarca pectunculoides		1	1
		Kelliella miliaris	5	1	6
		Mendicula ferruginosa	11	4	15
		Nucula tumidula	4	2	6
		Parathyasira equalis	17	23	40
		Pseudamussium peslutrae		1	1
		Thyasira obsoleta	5	2	7
		Thyasira sarsii	47	42	89
		Tropidomya abbreviata	1		1
		Yoldiella lucida	1	1	2
	Scaphopoda				
		Entalina tetragona	1	2	3
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphilepis norvegica	1		1
		Amphiura chiajei		2	2
		Ophiuroidea indet. juv.	3		3
	Echinoidea				
		Spatangoida indet. juv.	1		1
	Holothuroidea				
		Labidoplax buskii	7	2	9
TUNICATA					
	Ascidacea				
		Ascidacea indet. (solit)		1	1
		Maks:	47	42	89
		Antall:	59	54	83
		Sum:			546
Stasjonsnr.: C5					
NEMERTINI					
		Nemertea indet.		7	7
SIPUNCULIDA					
		Onchnesoma steenstrupii		1	1
		Phascolion strombus		1	1
		Sipuncula indet.		5	5
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amphictene auricoma	1	6	7
		Amythasides macroglossus		1	1
		Anobothrus gracilis	1		1
		Aphelochaeta sp.		1	1
		Arenicola marina	1		1
		Asclerocheilus intermedius	1		1
		Capitella capitata	128	348	476
		Chaetozone setosa	1	24	25
		Chone sp.		1	1
		Cirratulus cirratus	1		1
		Claviramus oculatus		4	4
		Dialychone longocirrata		1	1
		Diplocirrus glaucus	2	15	17
		Euclymene droebachiensis	1	1	2
		Exogone verugera		1	1
		Glycera lapidum	1	2	3
		Heteromastus filiformis	2	10	12

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Lamispina falcata		1	1
		Lumbriclymene cylindrica		1	1
		Lumbrineris aniana		1	1
		Notomastus latericeus	7	14	21
		Ophelina acuminata		3	3
		Ophryotrocha lobifera	3	2	5
		Ophryotrocha sp.		2	2
		Paramphinoe jeffreysii		18	18
		Pectinaria belgica	1		1
		Phisidia aurea		1	1
		Pholoe assimilis	1	1	2
		Pholoe pallida	1	5	6
		Poecilochaetus serpens		1	1
		Polycirrus medusa	1		1
		Polynoidae indet.	1		1
		Polyphysia crassa	2	1	3
		Prionospio cirrifera	2	2	4
		Prionospio plumosa	1	1	2
		Proclea graffii	2	1	3
		Pseudopolydora paucibranchiata		1	1
		Scalibregma inflatum		2	2
		Spiophanes kroyeri		1	1
		Streblosoma intestinale		13	13
		Tharyx killariensis		2	2
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Caprellidae indet.		1	1
		Eriopisa elongata		2	2
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.		4	4
	Opisthobranchia				
		Gulenia sp.		2	2
		Hermania sp.	1	2	3
		Scaphander punctostriatus		1	1
	Bivalvia				
		Abra nitida	7	45	52
		Adontorhina similis		1	1
		Astarte sulcata	1		1
		Axinulus croulinensis		1	1
		Ennucula tenuis		1	1
		Macoma calcarea	1	1	2
		Mendicula ferruginosa		9	9
		Mendicula pygmaea		2	2
		Nucula tumidula	1	1	2
		Parathyasira equalis	4	12	16
		Thyasira flexuosa		1	1
		Thyasira gouldi		1	1
		Thyasira obsoleta	2	2	4
		Thyasira sarsii	52	149	201
		Yoldiella nana		2	2
		Yoldiella philippiana		2	2
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphiura chiajei		2	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Ophiura robusta	1		1
	Echinoidea	Ophiuroidea indet. juv.	3	1	4
		Spatangoida indet. juv.		3	3
HEMICHORDATA		Enteropneusta indet.		1	1
		Maks:	128	348	476
		Antall:	32	63	72
		Sum:			987
Stasjonsnr.: C6					
	PLATYHELMINTHES				
		Platyhelminthes indet.	1		1
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	1	2	3
SIPUNCULIDA					
		Golfingia vulgaris	3		3
		Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amythasides macroglossus	4	2	6
		Aphelochoeta sp.	2	2	4
		Arenicola marina	1		1
		Aricidea catherinae	1		1
		Augeneria sp.	1		1
		Bradabyssa villosa		1	1
		Capitella capitata	297	95	392
		Chaetozone setosa	50	29	79
		Chirimia biceps	3	1	4
		Chone sp.	1		1
		Cistenides hyperborea		1	1
		Claviramus oculatus	1	1	2
		Diplocirrus glaucus	9	3	12
		Drilonereis filum	1	4	5
		Euclymene droebachiensis		1	1
		Exogone verugera		2	2
		Galathowenia oculata		2	2
		Glycera lapidum	3	2	5
		Heteromastus filiformis	1	1	2
		Jasmineira caudata	3		3
		Levinsenia gracilis	1		1
		Lumbrineris aniara		1	1
		Mammiphitime cosmetandra	2		2
		Melinna elisabethae	1	1	2
		Nereimyra punctata		1	1
		Nereimyra sp.	1		1
		Notomastus latericeus	4	9	13
		Ophelina acuminata	2	3	5
		Ophryotrocha lobifera	2		2
		Ophryotrocha sp.	1		1
		Paradiopatra quadricuspis	1		1
		Paramphinome jeffreysii	4	1	5

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum	
		Pholoe assimilis		2	2	
		Pholoe pallida	7	7	14	
		Pista sp.		2	2	
		Prionospio cirrifera	6	1	7	
		Prionospio plumosa	1	2	3	
		Proclea graffii	1		1	
		Pseudopolydora paucibranchiata		3	3	
		Siboglinidae indet.		1	1	
		Spiophanes kroyeri		1	1	
		Sthenelais limicola		1	1	
		Streblosoma intestinale	1	7	8	
		Trichobranchus roseus	1	1	2	
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
		Caudofoveata indet.	3	2	5	
	Prosobranchia					
		Haliella stenostoma	1		1	
	Opisthobranchia					
		Hermania sp.	7	1	8	
		Laona quadrata		2	2	
		Retusa umbilicata	1		1	
	Bivalvia					
		Abra nitida	9	11	20	
		Axinulus croulinensis	1		1	
		Bathyarca pectunculoides	1		1	
		Ennucula tenuis	4	3	7	
		Macoma calcarea	3	2	5	
		Mendicula ferruginosa	6	1	7	
		Mendicula pygmaea	2	1	3	
		Parathyasira equalis		2	2	
		Thyasira flexuosa	2	3	5	
		Thyasira gouldi		1	1	
		Thyasira obsoleta	2	3	5	
		Thyasira sarsii	66	63	129	
		Yoldiella philippiana	4	1	5	
	Scaphopoda					
		Antalis entalis	1	2	3	
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Amphiura chiajei		2	2	
		Ophiuroidea indet. juv.	7	1	8	
	Holothuroidea					
		Labidoplax buskii		1	1	
			Maks:	297	95	392
			Antall:	51	52	70
			Sum:			835
Stasjonsnr.: Cref						
NEMERTINI						
		Nemertea indet.	1	3	4	
SIPUNCULIDA						
		Golfingiidae indet.		1	1	
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Amphictene auricoma		1	1	
		Amythasides macroglossus	15	24	39	

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Anobothrus laubieri	1		1
		Aphelochaeta sp.		1	1
		Aricidea catherinae	2		2
		Aricidea wassi		1	1
		Chaetozone sp.	2	1	3
		Chone sp.	2	16	18
		Cirratulus cirratus		1	1
		Claviramus candelus		4	4
		Eclysippe vanelli	1		1
		Euchone sp.	3	3	6
		Eunice pennata	1		1
		Galathowenia fragilis		7	7
		Glycera capitata	3	3	6
		Goniada maculata	1		1
		Heteromastus filiformis	1	2	3
		Hydroides norvegica		1	1
		Isocirrus planiceps	1		1
		Jasmineira caudata		1	1
		Lanassa venusta		1	1
		Lumbrineris aniara	1		1
		Nereimyra punctata	1		1
		Notomastus latericeus	1	5	6
		Orbinia sp.		1	1
		Paramphinome jeffreysii	2		2
		Paramphitrite birulai		1	1
		Pista bansei	1	5	6
		Pseudopolydora paucibranchiata	1		1
		Samytha sexcirrata	1		1
		Scalibregma inflatum	1		1
		Sosane wahrbergi	2	1	3
		Sosane wireni	1		1
		Streblosoma intestinale	1		1
		Terebellides sp.	1		1
		Tharyx killariensis	1	2	3
		Thelepus cincinnatus	2		2
		Trichobranchus roseus	2		2
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Ampelisca odontoplax		1	1
		Ampelisca sp.	1	10	11
		Unciola planipes	1		1
		Urothoe elegans		1	1
MOLLUSCA					
	Polyplacophora				
		Leptochiton sp.	1		1
	Bivalvia				
		Adontorhina similis		2	2
		Axinulus croulinensis		2	2
		Ennucula tenuis		1	1
		Parvicardium minimum	1	2	3
		Thyasira flexuosa	1		1
		Thyasira gouldi		1	1
		Thyasira obsoleta		1	1
		Yoldiella nana		2	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Yoldiella philippiana		1	1
	Scaphopoda				
		Antalis sp.	2	1	3
BRACHIOPODA					
	Articulata				
		Macandrevia cranium		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphiura chiajei	1		1
		Ophiuroidea indet. juv.	2	2	4
	Holothuroidea				
		Labidoplax buskii	2		2
		<i>Maks:</i>	15	24	39
		<i>Antall:</i>	37	37	59
		<i>Sum:</i>			179
		<i>TOTAL:</i>			<i>Maks:</i> 1125
					<i>Sum:</i> 5647

7.2 Analysebeviser

Kjemirapport C-undersøkelse_251120

Redigert av: OBW



Framsenderet
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: Ballangen Sjøfarm AS
Kunde referanse: Kvernes. FU-undersøkelse
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Lars Birkeland Sjetne

Dato: 21.12.2020

Rapport nr.: 62639_Kjemirapport FU
Analyseparameter(e): Kom, TOM, TOC, TN, Cu, Cd
Kontaktperson: Oda S. B. Wilhelmsen

Analyseansvarlig:  (sign.)

Underskriftsberettiget:  Digitally signed by Oda Sofie Bye Wilhelmsen
Date: 2020.12.21 11:47:09 +01'00' (sign.)

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

Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

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

Lab-id.	Kundens id.	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
62639/C1	C1	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	27.11.20 - 09.12.20
62639/C2	C2	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN, 2x Cu, Cd	27.11.20 - 09.12.20
62639/C3	C3	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN, 2x Cu, Cd	27.11.20 - 09.12.20
62639/C4	C4	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN, 2x Cu, Cd	27.11.20 - 09.12.20
62639/C5	C5	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN	30.11.20 - 09.12.20
62639/C6	C6	Frossen	24.11.2020	Korn, TOM, TOC, TN	30.11.20 - 09.12.20
60074/C6ref	C6 ref	Frossen	17.04.2018	Korn, TOM, TOC, TN	23.04.18 - 15.05.18

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderreferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou, A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på DIN 19539:2016
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Elektrokjemisk deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 16168:2012. MERK: ved TOC-verdier større enn ca 60 mg/g TS kan TN-resultater bli underestimert
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

	TOC	TN	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	Cu*	Cd*	N TOC	C/N
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/g TS	
C1	26	1,8	3,6	69,0	31,0	24,5	ia	0,36	31,9	14,3
C2	6,9	0,80	2,3	31,0	69,0	11,4	11,2	<0.10	19,4	8,7
C3	4,7	0,64	1,5	30,8	69,2	6,31	6,99	<0.10	17,1	7,3
C4	8,5	1,2	2,9	77,5	22,5	21,9	23,3	0,12	12,5	7,1
C5	8,6	1,2	2,6	58,4	41,6	ia	ia	ia	16,0	6,9
C6	2,5	0,36	0,9	18,9	81,1	ia	ia	ia	17,1	6,9
C6 ref	2,8	0,47	1,4	10	90	ia	ia	ia	19,0	6,0

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

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

$N\ TOC\ (Normalisert\ TOC) = målt\ TOC\ mg/g + 18 \cdot (1-F)$, der F=andel finstoff (pelitt) gitt ved %pelitt/100.

ia = ikke analysert

Tilstandsklassifisering for NTOC i sedimenter ihht. Veileder 02:2018.

Metaller er klassifisert ihht. veileder M-608 (Rev. 31.10.2020)

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

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

Cd, mg/kg TS	< 0,2	0,2 - 2,5	2,5 - 16	16 - 157	> 157
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V

7.3 Bilder av prøver ved Kvernes

St 1



St 2



St 3



St 4



St 5



St 6

