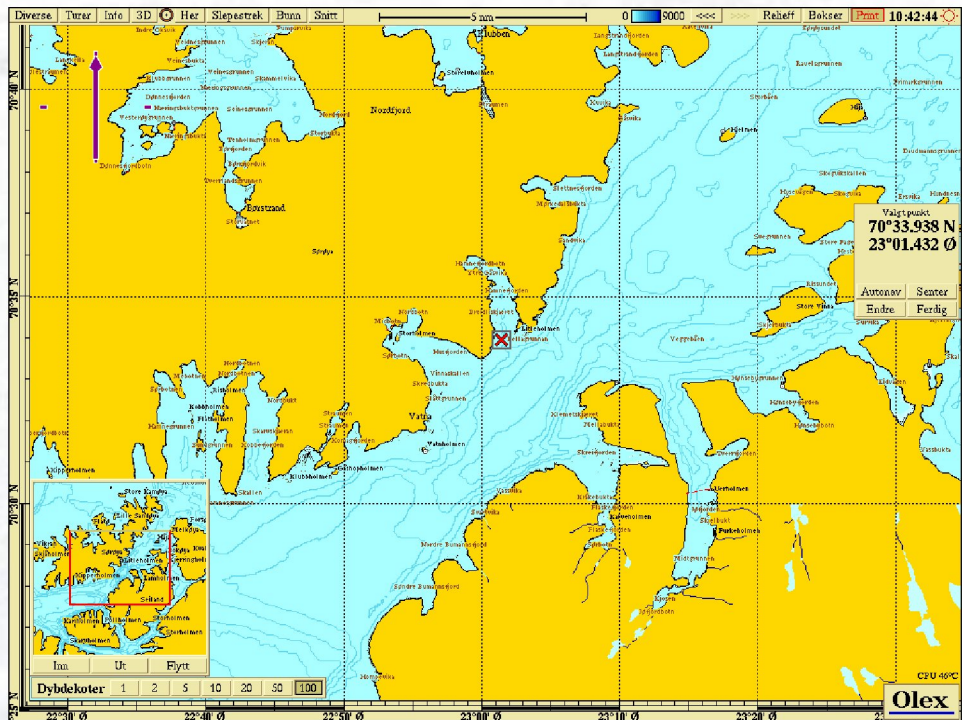


Cermaq Norway AS C-undersøkelse Hamnefjord Ny, 2019. Forundersøkelse.



Rapporttittel / Report title

Cermaq Norway AS. C-undersøkelse Hamnefjord Ny, 2019.
Forundersøkelse.

Forfatter(e) / Author(s)

Kamila Sztybor

Bjørn Erik Bye

Akvaplan-niva rapport nr / report no

61575.01

Dato / Date

20.10.19

Antall sider / No. of pages

18 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Cermaq Norway AS, 8286 Nordfold

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Jonny Opdahl

Sammendrag / Summary

Resultatene fra forundersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Hamnefjord Ny i 2019 viste belastning av organisk karbon i sedimentene på alle stasjonene. Kobberkonsentrasjonen var lav og i klasse I på alle stasjonene. Kadmiumnivåene var også lave og i klasse II på stasjonene C4 og C7 ref og i klasse I på de øvrige stasjonene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse I "Svært god" på alle stasjonene. Forurensningsindikatoren *Oligochaeta indet.* ble registrert blant de tvi mest dominante artene på C7 ref. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på de øvrige stasjonene. Oksygenmetningen i oktober var god i hele vannsøylen med 88 % i bunnvannet.

Sammensetningen av sedimentet, med høyt innhold av skjellsand, kan ha betydning for resultatet som viste høye verdier for organisk karbon. Den økologiske tilstandsklasseifiseringen av faunaen viste ingen tegn til belastning på stasjonene.

Prosjektleder / Project manager



Bjørn Erik Bye

Kvalitetskontroll / Quality control



Hans-Petter Mannvik

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERINGSTABELL C-UNDERSØKELSE	3
1.1 Oppsummering av C-undersøkelse.....	3
1.2 Summary of the C survey	4
2 INNLEDNING	5
2.1 Bakgrunn og formål.....	5
2.2 Drift og fôrforbruk.....	5
2.3 Tidligere undersøkelser	5
3 MATERIALE OG METODE.....	6
3.1 Faglig program	6
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	6
3.3 Hydrografi og oksygen	8
3.4 Sedimentundersøkelse	8
3.4.1 Feltinnsamlinger	8
3.4.2 Total organisk materiale (TOM).....	8
3.4.3 Total nitrogen (TN)	8
3.4.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	8
3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium (Cd).....	9
3.4.6 Redoks- og pH målinger.....	9
3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna.....	9
3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	9
3.5.2 Innsamling og fiksering	9
3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	9
4 RESULTATER.....	11
4.1 Hydrografi og oksygen	11
4.2 Sediment	11
4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh	11
4.2.2 Kobber og kadmium (Cermaq).....	12
4.3 Bløtbunnfauna	12
4.3.1 Faunaindeksler og økologisk tilstandsklassifisering	12
4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.	13
4.3.3 Geometriske klasser.....	13
4.3.4 Clusteranalyser	14
4.3.5 Artssammensetning	14
5 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	17
5.1 Sammendrag	17
5.2 Konklusjoner	17
6 REFERANSER.....	18
7 VEDLEGG	19
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslistene	19
Vedlegg 2. Analysebeviser	38
Vedlegg 3 - Bilder av prøver ved Hamnefjord Ny	41

Forord


Akvaplan-niva har gjennomført en forundersøkelse type C ved oppdrettslokaliteten Hamnefjord Ny. Oppdragsgiver har vært Cermaq Norway AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.

Følgende personer har deltatt:

Bjørn Erik Bye	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Kamila Szybor	Akvaplan-niva	Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia).
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akkreditert virksomhet:

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

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

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

Tromsø, 20.12.19



Bjørn Erik Bye

Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell C-undersøkelse

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Hamnefjord Ny, 2019.		
Rapport nr.	61575.01	Lokalitet:	Hamnefjord Ny
Lokalitet nr.	Ny	Kartkoordinater (anlegg):	70°33,938N 23°01,432Ø
Fylke:	Finnmark	Kommune:	Hammerfest
MTB-tillatelse:	-	Driftsleder:	-
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato			
Fiskegruppe:	-	Biomasse ved undersøkelse:	-
Utføret mengde:	-	Produsert mengde:	-
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:		Ny lokalitet:	x

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (innerst)	0,962	Fauna C1 (innerst)	Klasse I
Fauna C2 (ytterst)	0,958	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,942	Fauna C3	Klasse I
Fauna C4 (dypområde)	0,988	Fauna C4 (dypområde)	Klasse I
Fauna C5	0,933	Fauna C5	Klasse I
Fauna C6	0,904	Fauna C6	Klasse I
Fauna C7 ref	0,959	Fauna C7 ref	Klasse I
Dato feltarbeid:	10.10.19	Dato rapport:	20.12.19
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			TOC i klasse V (C5, C7 ref og IV (C1, C2, C4, C6) og III (C3) Kobber i klasse I (alle st.) Kadmium i klasse II (C4, C7 ref) og I (øvrigt st.) pH/Eh poeng 0 (alle st.) O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Lars B. Sjetne		

1.2 Summary of the C survey

Client information			
Title :	C-undersøkelse Hamnefjord Ny, 2019.		
Report number	61575.01	Site:	Hamnefjord Ny
Site number.	New	Coordinates (site):	70°33,938N 23°01,432Ø
County:	Finnmark	Municipality:	Hammerfest
MTB-licence:	-	Contact:	-
Client:	Cermaq Norway AS		

Biomass/production status at date of investigation field date			
Fish group:	-	Biomass on site during examination:	-
Feed input:	-	Produced quantity:	-
Type/time of survey			
Maximum biomass		Follow up study:	
Fallow:		New location:	x

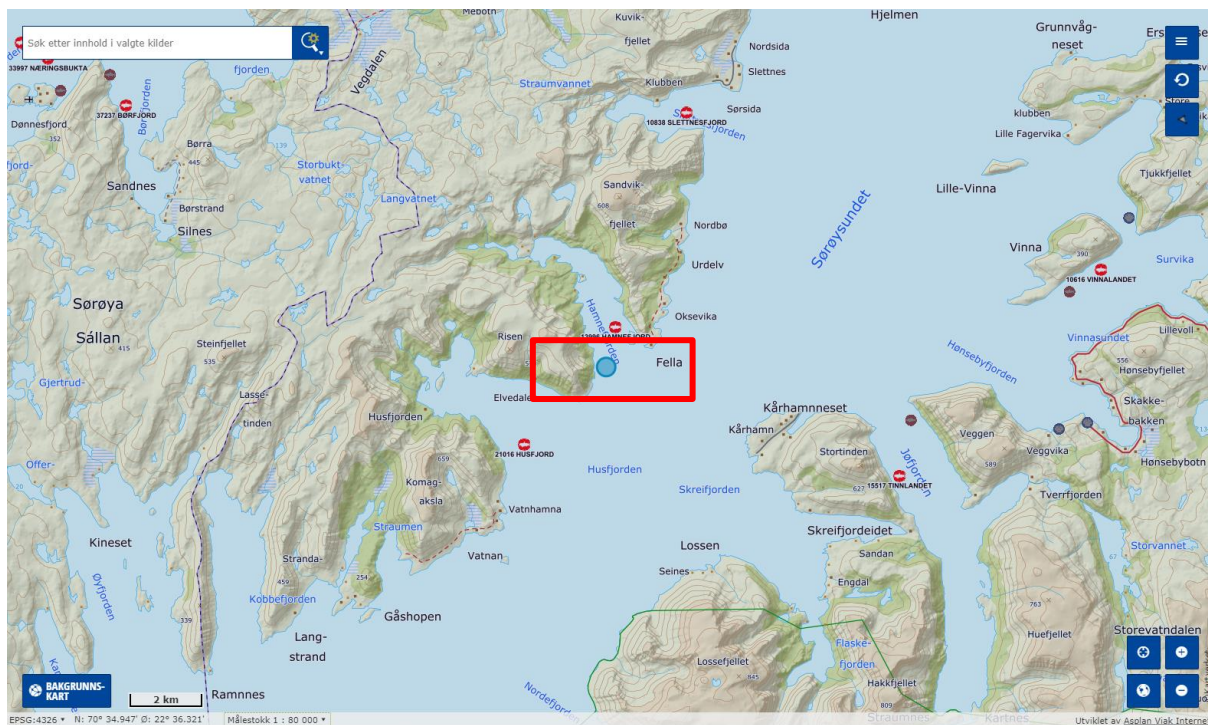
Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		Ecological state classification (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (inner)	0,962	Fauna C1 (inner)	Class I
Fauna C2 (outer)	0,958	Fauna C2 (outer)	Class I
Fauna C3	0,942	Fauna C3	Class I
Fauna C4 (depth layers)	0,988	Fauna C4 (depth layers)	Class I
Fauna C5	0,933	Fauna C5	Class I
Fauna C6	0,904	Fauna C6	Class I
Fauna C7 ref	0,959	Fauna C7 ref	Class I
Date fieldwork:	10.10.19	Date of report:	20.12.19
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		TOC class V (C5, C7 ref) and IV (C1, C2, C4, C6) and III (C3) Copper class I (all st.) Cadmium class II (C4, C7 ref) and I (other st.) pH/Eh level =0 (all st.) O ₂ -conditions were good throughout the water column.	
Responsible for fieldwork:	Lars B. Sjetne		

2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Foreliggende undersøkelse er gjennomført av Akvaplan-niva AS på oppdrag fra Cermaq Norway i forbindelse med bedriftens oppdrettsvirksomhet på lokaliteten Hamnefjord. Bedriften ønsker å søke om ny plassering av ramme. Undersøkelsen er foretatt på ønsket ny plassering.

Et oversiktskart med Hamnefjord Ny er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart ved Hamnefjord Ny plassering (markert i kartet med rød firkant). Oppdrettsanleggene er markert med lokalitetsnummer og navn. Kart fra www.fiskeridir.no Fiskeridirektoratet, målestokk 1:80 000.

2.2 Drift og fôrforbruk

Det er ikke kjent at det tidligere er drevet akvakultur der ny ramme er planlagt. Nærmeste anlegg er Hamnefjord med lokalitetsnummer 13996. Avstand fra senterpunkt ny plassering til senterpunkt for dagens plassering av anlegget i Hamnefjord er om lag 1460 meter.

2.3 Tidligere undersøkelser

Det er ikke gjort miljøundersøkelser på plasseringen Hamnefjord Ny tidligere. Miljøundersøkelser som tidligere er gjort på dagens lokalitet Hamnefjord har liten relevans for det nye anlegget. Dette fordi avstanden mellom dagens anlegg og det planlagte Hamnefjord Ny er så stor at overgangssonen for de to anleggene ikke vil overlape.

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. oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 1.

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.
- M-608/2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratet, 2016.

Tabell 1. Faglig program på stasjonene ved Hamnefjord Ny, 2019. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, TN = totalt nitrogen, Cu = kobber, Korn = kornfordeling. pH/Eh = Surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.
C6	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.
C7 ref	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd.

På de fleste av stasjonene måtte det gjøres gjentatte forsøk på å få lukkede grabber. Dette skyldtes stein i grabbkjeft eller skrap på fjell. Sedimentet som ble funnet på stasjonene bestod av relativt grov sand og skjellsand med varierende innslag av stein og grus (bilder av prøver i Vedlegg 3).

3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

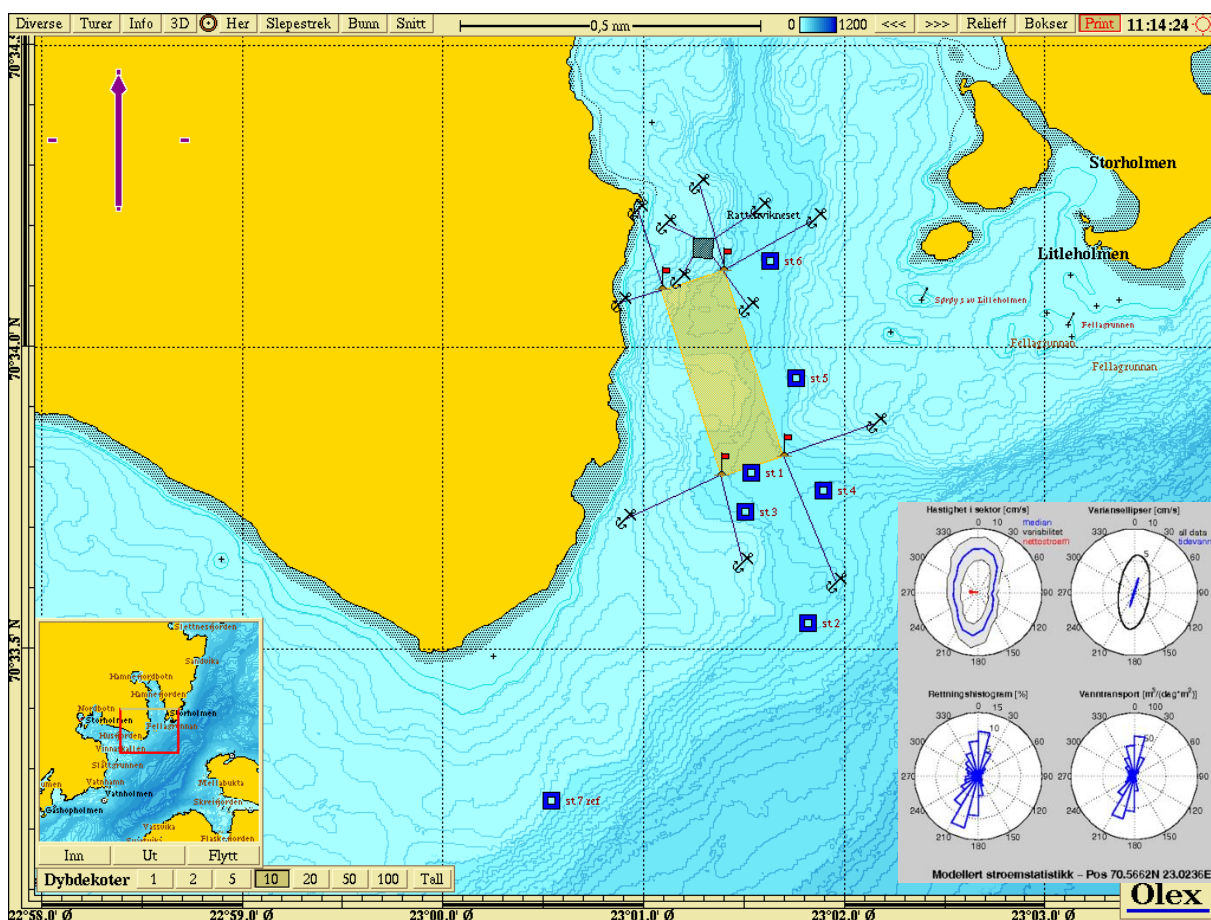
Hamnefjord Ny plassering ligger i sørlig del av Hamnefjorden, mot overgangen til Sørøysundet. Det er varierende grad av skrånende bunn under det ønskede anlegget med største dyp øst på anlegget, mot dypeste del av Hamnefjorden. Den sørligste delen av anlegget ligger i overgangen der Hamnefjorden skrår mot Sørøysundets dypområder. Det er ingen terskler mellom lokaliteten og Sørøysundet.

Stasjon C1 ble plassert ved sørlig ende av anlegget. Stasjon C2 ble lagt sør for anlegget, i veiledende avstand fra anlegget. Bunntopografien med skråning mot øst gav grunnlag for å plassere stasjonen noe øst for hovedstrømmens retning. Stasjonene C3 og C4 ble lagt sør og sørøst for anlegget, mellom ramme og C2 stasjon. Stasjon C5 ble plassert mot bunn av skråning øst for anlegget, mens C6 ble lagt øst for anlegget, utenfor nordlig del av dette. Både C5 og C6 ligger i Hamnefjordens dypområde. Stasjonene C3, C4, C5 og C6 vurderes å være plassert der det er sannsynlig at organisk materiale kan akkumuleres i overgangssonen.

En oversikt over stasjonsdyp og GPS-koordinater er gitt i Tabell 2. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp, avstand til merd og koordinater, Hamnefjord Ny, 2019.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon	
			N	Ø
C1	104	25	70°33,791	23°01,535
C2	108	500	70°33,541	23°01,818
C3	92	130	70°33,726	23°01,504
C4	113	180	70°33,761	23°01,895
C5	80	120	70°33,948	23°01,759
C6	110	150	70°34,141	23°01,630
C7 ref	75	1100	70°33,247	23°00,537



Figur 2. Stasjonskart med skisse av planlagt anlegg Hamnefjord Ny. Vanntransport spredningsstrøm vist i høyre hjørne (APN, 2019).

3.3 Hydrografi og oksygen

På stasjon C4 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofiler 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, TOM, TN, Cu og Cd ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for 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 vekttap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

3.4.3 Total nitrogen (TN)

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total 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. Grunnet høye nivåer av normalisert organisk karbon ble prøvene analysert på nytt. Resultatet var det samme som ved første gangs analyse.

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) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu og Cd ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

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

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	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 (ORP) 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) for å få Eh-verdien.

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 bunnlevende 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 bunndyranalyser

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 B1-5).

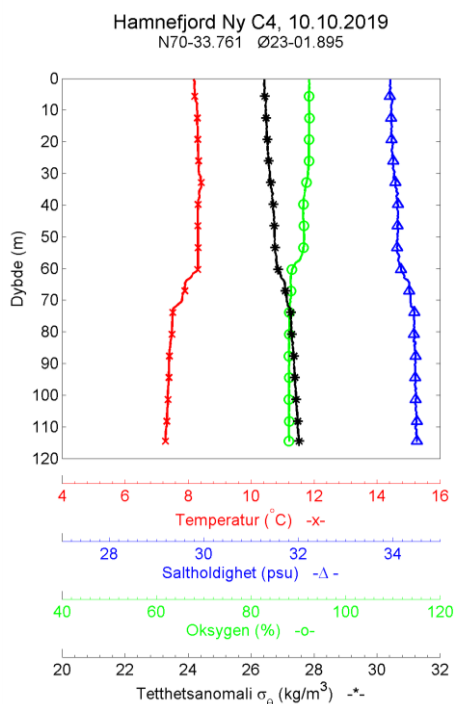
Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
$NQI1$	0,9 - 0,72	0,72 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	4,8 - 3,2	3,2 - 2,5	2,5 - 1,6	1,6 - 0,8	0,8 - 0
ES_{100}	39 - 19	19 - 13	13 - 8	8 - 4	4 - 0
ISI_{2012}	13,5 - 8,7	8,7 - 7,8	7,8 - 6,5	6,5 - 4,7	4,7 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	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 Hamnefjord Ny, 2019 er vist i Figur 3.

Temperaturen sank fra omtrent 8 °C i overflaten til 7 °C ved bunnen. Oksygenmetningen sank fra 92 % i overflatelaget til 88 % i bunnvannet.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Hamnefjord Ny, oktober 2019.

4.2 Sediment

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

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

TOM-nivåene var lave med verdier mellom 2,3 og 3,7 %. TN-nivåene var også lave (0,6 – 1,2 mg/g) mens C/N-forholdene var høye (20,6 - 45,9). TOC var tydelig forhøyet på stasjon C5 og C7 ref og i tilstandsklasse V "Svært dårlig", på stasjon C1, C2, C4 og C6 med klasse IV "Dårlig" og C3 med klasse III "Moderat". Sedimentene var grovkornet med pelittandel mellom 6 og 16,8 %. Sammensetningen av sedimentet, med høyt innhold av skjellsand, kan ha betydning for resultatet som viste høye verdier for organisk karbon.

Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. Tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene.

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Hamnefjord Ny, 2019.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Sand, skjellsand, noe grus. Naturlig frisk lukt og farge.	3,0	21,1	37,3	IV	0,9	23,2	10	7.9/ 350
C2	Sand, skjellsand, grus, stein. Naturlig frisk lukt og farge.	3,1	19,6	35,3	IV	0,6	32,1	12,4	7.9/ 330
C3	Sand, skjellsand, noe grus. Naturlig frisk lukt og farge.	2,3	13,4	29,8	III	0,7	20,6	8,7	7.9/ 340
C4	Sand, grus, skjellsand. Naturlig frisk lukt og farge.	3,4	25,4	40,4	IV	1,2	20,8	16,8	7.9/ 345
C5	Skjellsand, noe sand og grus. Naturlig frisk lukt og farge.	2,3	28,3	45,2	V	0,9	32,5	6	7.9/ 335
C6	Sand, skjellsand, noe grus og stein. Naturlig frisk lukt og farge.	2,3	22,7	39,4	IV	1,0	22,3	7,3	7.9/ 340
C7 ref	Skjellsand med noe sand. Naturlig frisk lukt og farge.	3,7	31,7	48	V	0,7	45,9	9,1	7.9/ 340

* 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

Kobber- og kadmiumnivåene på alle stasjonene er presentert i Tabell 4.

Kobbernivåene var lave og i klasse I på alle stasjonene. Kadmiumnivåene var også lave og i klasse II på stasjonene C4 og C7 ref og i klasse I på de øvrige stasjonene.

Tabell 4. Metallanalyse for kobber (Cu) og kadmium (Cd), i mg/kg TS. Hamnefjord Ny, 2019. Tilstandsklassifisering iht. M-608/2016.

St.	Cu	Tilst.klasse Cu	Cd	Tilst.klasse Cd
C1	3,07	I	0,13	I
C2	3,05	I	0,18	I
C3	2,52	I	0,17	I
C4	3,8	I	0,21	II
C5	3,89	I	0,17	I
C6	4,97	I	0,15	I
C7 ref	2,79	I	0,24	II

4.3 Bløtbunnfauna

4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

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

Antall individ varierte fra 293 (C6) til 800 (C7 ref) og antall arter fra 69 (C6) til 101 (C4). På alle stasjonene viste alle faunaindeksene, inklusiv nEQR, tilstandsklasse 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 jevn på alle stasjonene.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR. Hamnefjord Ny, 2019. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2018 vanntype B1-5.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	594	93	4,99	39,40	0,811	11,50	29,87	0,962	1,71	0,84
C2	360	97	5,40	48,16	0,832	11,97	28,25	0,958	1,75	0,90
C3	474	82	5,07	40,50	0,794	10,70	28,68	0,942	1,97	0,86
C4	533	101	5,21	42,87	0,860	13,20	30,93	0,988	1,30	0,84
C5	380	73	4,80	36,92	0,784	10,93	28,09	0,933	1,98	0,85
C6	293	69	4,81	39,13	0,802	9,08	25,34	0,904	1,78	0,87
C7 ref	800	87	4,79	35,27	0,785	13,62	29,09	0,959	1,81	0,83

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

4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kapt. 8.6.2. i NS 9410:2016). Tabell 6 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonen C1.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for tilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter/0,2 m² og at ingen av disse utgjør mer enn 65 % av individene. Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonene er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7.

Tabell 6. NS 9410:2016. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på innerste stasjon C1, Hamnefjord Ny, 2019.

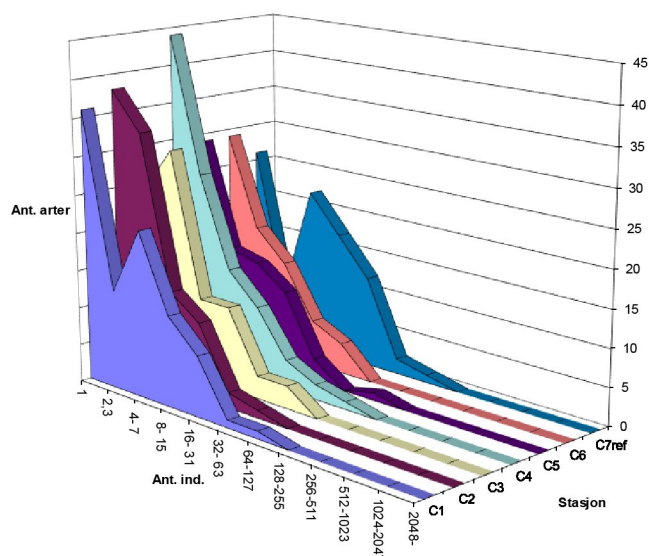
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Hamnefjord Ny	93	Nothria conchylega – 15%	1 – Meget god

4.3.3 Geometriske klasser

Figur 4 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.

På alle stasjonene startet kurvene høyt og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser, noe som kan indikere uforstyrrede bløtbunnsamfunn.



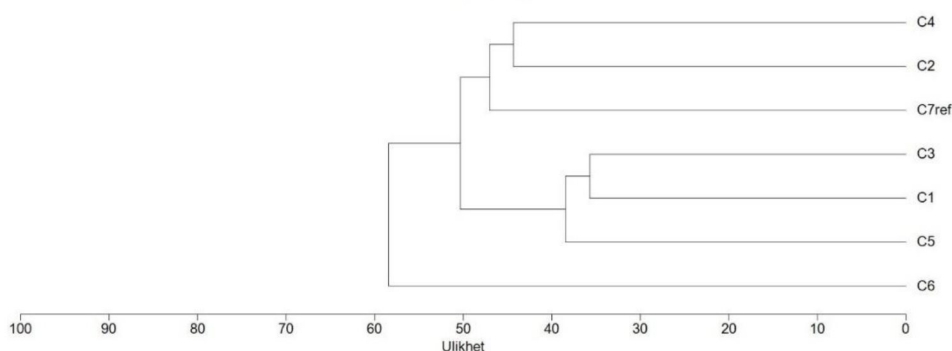
Figur 4. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Hamnefjord Ny, 2019 (pr. 0,2 m²).

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 5. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale aksene. 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.

Stasjonene ble skilt i tre hovedgrupper. I den ene var stasjon C6, i den andre C2, C4 og C7ref og i den siste hovedgruppen bestod av C1, C3 og C5. De to sistnevnte stasjonsgruppene var 49 % lik hverandre og C6 42 % lik de andre stasjonene.

Hamnefjord Ny C-undersøkelse 2019. Stasjoner uten juvenile
Group average



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Hamnefjord Ny, 2019.

4.3.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 7. I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i fem økologiske grupper (Ecological groups; EG) basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Disse gruppene går fra sensitive arter (gruppe I) til forurensningsindikatorer (pollution indicator species; gruppe V).

På C1, C2, C3, C5 og C7 ref dominerte den sensitive børstemarken *Nothria conchylega* med hhv. 15, 9, 12, 17 og 14 % av individene. For øvrig var det tilstedeværelse av andre sensitive, nøytrale, og tolerante arter blant topp-10. Et opportunistisk art ble registrert på stasjon C1 og en forurensningsindikator (*Oligochaeta* indet.) på stasjon C7 ref.

På C4 dominerte den sensitive muslingen *Modiolula phaseolina* med 14 % av individene. For øvrig var det tilstedeværelse av andre sensitive og nøytrale arter blant topp-10 på stasjonen.

På C6 dominerte den nøytrale pigghudgruppen *Ophiuroidea* indet. med 21 % av individantallet. De andre mest dominante på denne stasjonen var en blanding av sensitive, nøytrale og tolerante arter.

Tabell 7. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Hamnefjord Ny, 2019.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
Nothria conchylega	93	15 %	I	Nothria conchylega	34	9 %	I
Galathowenia fragilis	45	22 %	I	Limatula subauriculata	24	15 %	Ik
Ophiuroidea indet. juv.	37	28 %	II	Pista bansei	16	20 %	Ik
Aricidea catherinae	28	32 %	I	Ophiuroidea indet. juv.	15	24 %	II
Glycera lapidum	24	36 %	I	Polycirrus sp.	14	27 %	I
Polycirrus medusa	21	39 %	I	Notomastus latericeus	13	31 %	I
Nereimyra punctata	18	42 %	IV	Ophiopholis aculeata	13	34 %	I
Notomastus latericeus	18	45 %	I	Polycirrus medusa	13	38 %	I
Pista bansei	18	48 %	Ik	Gammaridea indet.	10	40 %	Ik
Janira maculosa	17	50 %	I	Aurospio banyulensis	9	43 %	I
Modiolula phaseolina	17	53 %	I				
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
Nothria conchylega	59	12 %	I	Modiolula phaseolina	75	14 %	I
Galathowenia fragilis	56	24 %	I	Nothria conchylega	51	23 %	I
Owenia sp.	34	31 %	II	Macandrevia cranium	34	29 %	Ik
Aricidea catherinae	20	35 %	I	Ophiopholis aculeata	31	35 %	I
Notomastus latericeus	19	39 %	I	Galathowenia fragilis	22	39 %	I
Polycirrus medusa	17	42 %	I	Eunice pennata	19	42 %	I
Jasmineira caudata	15	45 %	II	Ophiuroidea indet. juv.	17	45 %	II
Exogone verugera	12	48 %	I	Sabella pavonina	16	48 %	Ik
Polycirrus sp.	12	50 %	I	Syllis armillaris	14	51 %	Ik
Spiophanes kroyeri	12	53 %	III	Chone sp.	13	53 %	I
				Glycera lapidum	13	55 %	I
C5	Ant.	Kum.	EG	C6	Ant.	Kum.	EG
Nothria conchylega	68	17 %	I	Ophiuroidea indet. juv.	80	21 %	II
Aonides paucibranchiata	24	23 %	I	Nothria conchylega	29	29 %	I
Aricidea cerrutii	23	29 %	Ik	Paramphinome jeffreysii	24	35 %	III
Aricidea catherinae	20	34 %	I	Scoloplos armiger	21	41 %	III
Ophiuroidea indet. juv.	19	38 %	II	Unciola planipes	19	46 %	Ik
Owenia sp.	15	42 %	II	Ophiocten affinis	14	49 %	III
Aurospio banyulensis	13	45 %	I	Exogone verugera	13	53 %	I
Paramphinome jeffreysii	13	49 %	III	Labidoplax buskii	11	56 %	II
Antalis sp.	12	51 %	Ik	Tharyx killariensis	10	58 %	II
Galathowenia fragilis	12	54 %	I	Aricidea catherinae	9	61 %	I
C7 ref	Ant.	Kum.	EG				
Nothria conchylega	123	14 %	I				
Ophiuroidea indet. juv.	66	22 %	II				
Oligochaeta indet.	58	28 %	V				
Hydroides norvegica	44	33 %	I				
Pista bansei	29	37 %	Ik				
Timoclea ovata	25	39 %	I				
Amphipholis squamata	24	42 %	I				
Eunice pennata	24	45 %	I				
Axiokebuta sp.	23	47 %	Ik				
Glycera lapidum	23	50 %	I				
Ophiopholis aculeata	23	53 %	I				

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

5 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra forundersøkelsen (type C) ved Hamnefjord Ny, 2019, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i vannsøylen på dypstasjonen C4. Oksygenmetningen i bunnvannet var 88 % i oktober 2019.
- TOC-nivået var forhøyet i sediment fra alle stasjonene med tilstandsklasse V "Svært dårlig" for C5 og C7 ref med klasse IV "Dårlig" for stasjon C1, C2, C4 og C6 og klasse III "Moderat" på C3. Sedimentene var grovkornet med pelittandel mellom 6 og 16,8 %. TOM- og TN-nivåene var lave i sedimentene fra alle stasjonene mens C/N-forholdene var høye. Kobbernivåene var lave og i klasse I på alle stasjonene. Kadmiumnivåene var også lave og i klasse II på stasjonene C4 og C7 ref og i klasse I på de øvrige stasjonene. Redoksmålingene i sedimentet ga poeng 0 på alle stasjonene.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02.2018, viste klasse I "Svært god" for bløtbunnsamfunnet på alle stasjonene. Det ble registrert en forurensningsindikator blant topp-10 på C7 ref, men ikke på de andre stasjonene.

5.2 Konklusjoner

Resultatene fra forundersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Hamnefjord Ny i 2019 viste belastning av organisk karbon i sedimentene på alle stasjonene. Kobberkonsentrasjonen var lav og i klasse I på alle stasjonene. Kadmiumnivåene var også lave og i klasse II på stasjonene C4 og C7 ref og i klasse I på de øvrige stasjonene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse I "Svært god" på alle stasjonene. Forurensningsindikatoren *Oligochaeta indet.* ble registrert blant de ti mest dominante artene på C7 ref. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på de øvrige stasjonene. Oksygenmetningen i oktober var god i hele vannsøylen med 88 % i bunnvannet. Sammensetningen av sedimentet, med høyt innhold av skjellsand, kan ha betydning for resultatet som viste høye verdier for organisk karbon. Den økologiske tilstandsklasseifiseringen av faunaen viste ingen tegn til belastning på stasjonene.

6 Referanser

APN, 2019. Strømmodellering Finnmark. <http://kart.akvaplan.niva.no/os>

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.

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

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

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. M-608/2016. 24 s.

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

Rygg, B. & 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.

7 Vedlegg

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

Faunaens fordelingsmønster

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

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

Clusteranalyse

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

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

der n = antall arter sammenlignet
 X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i
 X_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke "group-average linkage". Forholdsvis like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et 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 artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

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 Hamnefjord Ny, 2019:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7ref
no. ind.	3434	594	360	474	533	380	293	800
no. spe.	203	93	97	82	101	73	69	87

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02	C6_01	C6_02	C7ref_01	C7ref_02
no. ind.	263	331	164	196	285	189	220	313	170	210	197	96	181	619
no. spe.	64	61	59	72	57	60	70	74	49	50	57	37	40	74
Shannon-Wiener:	4,7	5,2	5,2	5,6	4,8	5,3	5,3	5,1	4,7	4,9	5,2	4,4	4,3	5,3
Pielou	0,79	0,88	0,89	0,90	0,83	0,89	0,87	0,82	0,83	0,88	0,89	0,85	0,81	0,85
ES100	39,26	39,55	46,18	50,15	36,99	44,01	45,15	40,59	36,81	37,03	41,26	37,00	30,99	39,56
SN	2,42	2,34	2,50	2,57	2,33	2,47	2,52	2,46	2,38	2,33	2,43	2,38	2,24	2,31
ISI-2012	10,91	12,09	12,37	11,58	10,36	11,05	13,56	12,83	11,05	10,82	9,14	9,03	14,17	13,07
AMBI	1,704	1,709	1,601	1,898	2,033	1,916	1,355	1,246	1,857	2,097	1,705	1,851	1,674	1,954
NQI1	0,82	0,80	0,84	0,83	0,78	0,81	0,86	0,86	0,80	0,77	0,82	0,79	0,78	0,79
NSI	29,7	30,0	28,5	28,0	28,9	28,5	30,6	31,2	29,6	26,5	24,2	26,5	30,4	27,8
DI	0,370	0,470	0,165	0,242	0,405	0,226	0,292	0,446	0,180	0,272	0,244	0,068	0,208	0,742

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7ref
Shannon-Wiener:	4,99	5,40	5,07	5,21	4,80	4,81	4,79
Pielou	0,84	0,90	0,86	0,84	0,85	0,87	0,83
ES100	39,40	48,16	40,50	42,87	36,92	39,13	35,27
SN	2,38	2,54	2,40	2,49	2,36	2,40	2,28
ISI-2012	11,50	11,97	10,70	13,20	10,93	9,08	13,62
AMBI	1,707	1,750	1,975	1,301	1,977	1,778	1,814
NQI1	0,81	0,83	0,79	0,86	0,78	0,80	0,78
NSI	29,87	28,25	28,68	30,93	28,09	25,34	29,09
Tilstandsklasse nEQR	0,962	0,958	0,942	0,988	0,933	0,904	0,959

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7ref
1	36	38	24	44	29	29	26
2,3	13	33	30	26	15	17	7
4-7	22	13	11	14	14	13	22
8-15	12	10	11	10	11	6	17
16-31	8	2	3	4	3	4	12
32-63	1	1	3	2	0	0	2
64-127	1	0	0	1	1	0	1
128-255	0	0	0	0	0	0	0
256-511	0	0	0	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0	0	0

Artliste

Hamnefjord Ny forundersøkelse

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1					
CNIDARIA	Anthozoa	Cerianthus lloydii	1		1
NEMERTINI		Nemertea indet.	4	1	5
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus	4	4	8
		Sipuncula indet.		4	4
ANNELIDA	Polychaeta	Anobothrus gracilis	1	4	5
		Aonides paucibranchiata	9	6	15
		Apistobranchus tenuis	1		1
		Aricidea catherinae	17	11	28
		Aricidea cerrutii		2	2
		Aurospio banyulensis		1	1
		Autolytinae indet.		1	1
		Chaetopterus variopedatus		1	1
		Chaetozone sp.	1		1
		Chone sp.	2	9	11
		Eumida sanguinea	3	6	9
		Eunice pennata	2	10	12
		Eunoe oerstedii	1		1
		Eupolymnia nebulosa		7	7
		Exogone verugera	1	9	10
		Galathowenia fragilis	7	38	45
		Galathowenia oculata	2	1	3
		Glycera lapidum	9	15	24
		Glycinde nordmanni	1		1
		Goniada maculata	1		1
		Harmothoe fragilis		2	2
		Hauchiella tribullata	2	2	4
		Hydroides norvegica		1	1
		Jasmineira caudata	1		1
		Malmgrenia mcintoshii		2	2
		Mediomastus fragilis	1		1
		Neoamphitrite affinis		1	1
		Nereimyra punctata	1	17	18
		Nothria conchylega	74	19	93
		Notomastus latericeus	6	12	18
		Owenia sp.	5		5
		Paramphinome jeffreysii	4	1	5
		Phisidia aurea		1	1
		Pholoe assimilis		1	1
		Pholoe baltica	1	1	2
		Phyllodoce groenlandica	2	3	5
		Pionosyllis nidrosiensis		1	1
		Pista bansei	10	8	18
		Polycirrus medusa	13	8	21

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Polycirrus norvegicus	1		1
		Polynoidae indet.	3	3	6
		Proclea graffii	1		1
		Scoloplos armiger	1		1
		Sphaerodorum gracilis	1		1
		Spio armata	1		1
		Spiophanes kroyeri	5	9	14
		Syllis cornuta		2	2
		Terebellidae indet.		4	4
		Tharyx killariensis	1	3	4
		Thelepus cincinnatus		1	1
	Oligochaeta				
		Oligochaeta indet.	1		1
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	2		2
	Malacostraca				
		Acanthonotozoma serratum	1		1
		Ampelisca odontoplax		2	2
		Ampelisca sp.		11	11
		Atylus sp.	2		2
		Gammaridea indet.		2	2
		Hemilamprops uniplicatus	1		1
		Janira maculosa	2	15	17
		Odius carinatus		3	3
		Oedicerotidae indet.	2	3	5
		Paraphoxus oculatus		6	6
		Paroediceros sp.		1	1
		Tanaidacea indet.	4		4
		Tiron spiniferus	2		2
		Unciola planipes	1	1	2
		Urothoe elegans	6	2	8
MOLLUSCA					
	Polyplacophora				
		Hanleya hanleyi		4	4
		Leptochiton arcticus	1		1
		Leptochiton asellus	1		1
	Prosobranchia				
		Alvania sp.	4		4
		Eulima bilineata		1	1
		Euspira montagui	4		4
		Velutina velutina	1		1
	Opisthobranchia				
		Laona quadrata	1		1
	Bivalvia				
		Astarte elliptica	4		4
		Ennucula corticata		4	4
		Ennucula tenuis	1		1
		Modiolula phaseolina		17	17
		Similipecten similis	1		1
		Timoclea ovata	4	4	8
	Scaphopoda				
		Antalis sp.	4	8	12
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphipholis squamata	1	3	4
		Ophiocten affinis	5		5

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Ophiopholis aculeata		8	8
		Ophiuroidea indet. juv.	15	22	37
	Echinoidea	Echinocyamus pusillus	1		1
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	5	2	7
		Psolus sp. juv.	4		4
	HEMICHORDATA				
		Enteropneusta indet.		1	1
	TUNICATA				
	Ascidiacea	Ascidiacea indet. (solit)		1	1
		Maks:	74	38	93
		Antall:	66	62	95
		Sum:			635
	Stasjonsnr.: C2				
	NEMERTINI				
		Nemertea indet.	3	3	6
	SIPUNCULIDA				
		Phascolion strombus	4		4
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Aonides paucibranchiata	4	4	8
		Apistobranthus tenuis		1	1
		Aricidea catherinae	3	4	7
		Aricidea cerrutii		2	2
		Aricidea sp.	1		1
		Aurospio banyulensis	6	3	9
		Chaetozone setosa	2		2
		Chaetozone sp.	1	1	2
		Chone sp.	3	2	5
		Dipolydora sp.		1	1
		Euchone elegans		1	1
		Eulalia mustela	1	2	3
		Eumida bahusiensis	1		1
		Eunice pennata	4	2	6
		Eunoe oerstedii	1	1	2
		Exogone verugera		2	2
		Galathowenia fragilis	1		1
		Glycera lapidum	3	5	8
		Harmothoe fragilis	1		1
		Hesionura elongata		2	2
		Jasmineira caudata		2	2
		Laonice sp.		1	1
		Mediomastus fragilis		5	5
		Melinna elisabethae		2	2
		Nereis zonata	1		1
		Nicolea venustula		1	1
		Nothria conchylega	14	20	34
		Notomastus latericeus	3	10	13
		Owenia sp.		1	1
		Pholoe assimilis		1	1
		Pholoe baltica	2		2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Phyllodoce groenlandica	1	2	3
		Pisione remota	2		2
		Pista bansei	4	12	16
		Poecilochaetus serpens	1		1
		Polycirrus medusa	4	9	13
		Polycirrus norvegicus	1	1	2
		Polycirrus sp.	4	10	14
		Polynoidae indet.	3	2	5
		Potamilla neglecta		1	1
		Prionospio cirrifera	1		1
		Proclea graffii		1	1
		Sabella pavonina	3		3
		Scalibregma inflatum		1	1
		Scoletoma magnidentata	1		1
		Spio armata	2	3	5
		Spiophanes bombyx	1	2	3
		Spiophanes kroyeri		1	1
		Syllidae indet.	2		2
		Syllis armillaris	5		5
		Syllis cornuta		2	2
		Terebellidae indet.		1	1
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	3	3	6
	CHELICERATA				
	Pycnogonida	Pycnogonida indet.		1	1
	CRUSTACEA				
	Ostracoda	Ostracoda indet.	2	1	3
	Malacostraca				
		Ampelisca odontoplax		1	1
		Ampelisca sp.		3	3
		Amphilocheus manudens	1		1
		Byblis gaimardii	1	1	2
		Campylaspis undata		1	1
		Caprellidae indet.	1		1
		Corophium sp.		4	4
		Gammaridea indet.		10	10
		Hemilamprops uniplicatus	1	1	2
		Janira maculosa	2	1	3
		Liljeborgia fissicornis	2	4	6
		Lysianassidae indet.	1		1
		Munida sp.	1		1
		Oedicerotidae indet.	1		1
		Paraphoxus oculatus		3	3
		Phtisica marina	2		2
		Unciola planipes	1	3	4
		Urothoe elegans		1	1
	MOLLUSCA				
	Polyplacophora	Hanleya hanleyi		1	1
	Prosobranchia				
		Eulima bilineata		1	1
		Euspira montagui		1	1
		Puncturella noachina	1	1	2
		Raphitoma aequalis		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Opisthobranchia	Dorididae indet.	2		2
	Bivalvia	Crenella decussata		1	1
		Limatula subauriculata	22	2	24
		Palliolum striatum		2	2
		Parvicardium pinnulatum	1	1	2
		Similipecten similis		2	2
		Spisula elliptica	1		1
		Timoclea ovata	3	5	8
	Scaphopoda	Antalis sp.		1	1
BRACHIOPODA	Articulata	Macandrevia cranium	3	5	8
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Amphipholis squamata	3		3
		Amphiura borealis		1	1
		Ophiocten affinis	1	2	3
		Ophiopholis aculeata	13		13
		Ophiuroidea indet. juv.	1	14	15
	Echinoidea	Echinoida indet. juv.	1		1
		Spatangoida indet. juv.	1		1
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	1	1	2
HEMICHORDATA		Enteropneusta indet.		1	1
TUNICATA	Asciacea	Asciacea indet. (solit)		2	2
			Maks: 22	20	34
			Antall: 62	73	100
			Sum:		377
Stasjonsnr.: C3					
CNIDARIA	Anthozoa	Cerianthus lloydii	2	1	3
NEMERTINI		Nemertea indet.	4	1	5
ANNELIDA	Polychaeta	Anobothrus gracilis	2		2
		Aonides paucibranchiata	7	1	8
		Apistobanchus tenuis		1	1
		Aricidea catherinae	11	9	20
		Aricidea cerrutii	3	7	10
		Aricidea sp.	1	1	2
		Aurospio banyulensis	2	7	9
		Chaetopterus variopedatus		2	2
		Chaetozone setosa	1	1	2
		Chaetozone sp.	1		1
		Chone sp.		1	1
		Eulalia mustela		1	1
		Eumida ockelmanni		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Eumida sanguinea		2	2
		Eunice pennata		2	2
		Exogone naidina		1	1
		Exogone verugera	9	3	12
		Galathowenia fragilis	39	17	56
		Galathowenia oculata	3	2	5
		Glycera lapidum	6	5	11
		Hauchiella tribullata	2		2
		Hesionidae indet.	1		1
		Hydroides norvegica		1	1
		Jasmineira caudata	8	7	15
		Macrochaeta clavicornis		1	1
		Mediomastus fragilis	7	3	10
		Melinna elisabethae	7		7
		Nephtys sp.	1		1
		Nereimyra punctata		2	2
		Nicolea zostericola		1	1
		Nothria conchylega	47	12	59
		Notomastus latericeus	15	4	19
		Owenia sp.	18	16	34
		Paramphinome jeffreysii	1		1
		Pholoe assimilis		3	3
		Pholoe baltica	1	2	3
		Phyllodoce groenlandica	1	1	2
		Pista bansei	5	1	6
		Poecilochaetus serpens	2		2
		Polycirrus medusa	8	9	17
		Polycirrus norvegicus	1	1	2
		Polycirrus sp.	5	7	12
		Polynoidae indet.	1	1	2
		Prionospio cirrifera	1	1	2
		Proclea graffii	3		3
		Spio armata	2	5	7
		Spiophanes bombyx	1		1
		Spiophanes kroyeri	5	7	12
		Syllis cornuta		2	2
		Tharyx killariensis	6	2	8
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	2	1	3
	CRUSTACEA				
	Malacostraca				
		Ampelisca sp.	3	1	4
		Byblis gaimardii	4		4
		Corophium sp.	2	3	5
		Gammaridea indet.		3	3
		Hemilamprops uniplicatus	2		2
		Janira maculosa		4	4
		Lysianassidae indet.	2		2
		Odius carinatus		1	1
		Oedicerotidae indet.		1	1
		Paroediceros sp.	2		2
		Tiron spiniferus		3	3
		Urothoe elegans	7	2	9
	MOLLUSCA				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Polyplacophora	Leptochiton arcticus	3		3
	Prosobranchia	Euspira montagui	1		1
		Puncturella noachina		1	1
	Bivalvia	Ennucula corticata	1		1
		Hiatella arctica		1	1
		Modiolula phaseolina		1	1
		Parvicardium pinnulatum	1		1
		Similipecten similis	5	2	7
		Timoclea ovata	2	3	5
	Scaphopoda	Antalis sp.	1	2	3
BRACHIOPODA	Articulata	Macandrevia cranium		1	1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Amphipholis squamata		2	2
		Ophiocten affinis	3		3
		Ophiura sarsii	2		2
		Ophiuroidea indet. juv.	8	3	11
	Echinoidea	Echinocyamus pusillus	1		1
		Echinoida indet. juv.	1		1
	Holothuroidea	Psolus sp. juv.		1	1
HEMICHORDATA		Enteropneusta indet.	1		1
TUNICATA	Ascidiacea	Ascidiacea indet. (solit)		2	2
			Maks: 47	17	59
			Antall: 59	62	85
			Sum:		487
Stasjonsnr.: C4					
CNIDARIA	Anthozoa	Edwardsia sp.		1	1
NEMERTINI		Nemertea indet.	4	4	8
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus	1		1
ANNELIDA	Polychaeta	Aonides paucibranchiata	1	2	3
		Apistobranchnus tenuis	1		1
		Aricidea catherinae	1	1	2
		Aricidea sp.		1	1
		Aurospio banyulensis	1	1	2
		Axiokebuita sp.	2	4	6
		Chaetopterus variopedatus	1		1
		Chaetozone setosa		1	1
		Chone sp.	7	6	13
		Cirratulus cirratus		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Eulalia mustela		1	1
		Eumida bahusiensis		2	2
		Eumida sanguinea		4	4
		Eumida sp.		1	1
		Eunice pennata	7	12	19
		Eunoe oerstedii		1	1
		Euphrosine cirrata		1	1
		Eupolymnia nebulosa	2	4	6
		Eupolymnia nesidensis	1		1
		Exogone verugera		1	1
		Galathowenia fragilis	11	11	22
		Glycera lapidum	9	4	13
		Harmothoe fragilis	1	2	3
		Hauchiella tribullata	1	1	2
		Hesiospina aurantiaca	1		1
		Hydroides norvegica	1	11	12
		Jasmineira caudata		1	1
		Lacydoniidae indet.		1	1
		Lanassa venusta	1		1
		Macrochaeta helgolandica	2		2
		Maldanidae indet.		1	1
		Malmgrenia arenicolae	1		1
		Melinna elisabethae	2	1	3
		Neoamphitrite affinis		1	1
		Nereimyra punctata	2	3	5
		Nereis zonata	1		1
		Nothria conchylega	23	28	51
		Notomastus latericeus	3	6	9
		Phisidia aurea		1	1
		Pionosyllis nidrosiensis		1	1
		Pisione remota	1		1
		Pista bansei	3	7	10
		Pista maculata	1		1
		Polycirrus medusa	8	2	10
		Polycirrus norvegicus	1		1
		Polycirrus sp.		3	3
		Polynoidae indet.	6	6	12
		Polyphysia crassa		1	1
		Prionospio cirrifera		1	1
		Proclea graffii		1	1
		Sabella pavonina	2	14	16
		Spio armata	3		3
		Syllidae indet.	2	1	3
		Syllis armillaris	7	7	14
		Syllis fasciata		1	1
		Trypanosyllis troll	1	3	4
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	3	4	7
	CHELICERATA				
	Pycnogonida	Pycnogonida indet.	2		2
	CRUSTACEA				
	Ostracoda	Ostracoda indet.	1		1
	Malacostraca				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Ampelisca sp.	1	3	4
		Amphilocheus manudens	2		2
		Asellota indet.	1	1	2
		Campylaspis sulcata		1	1
		Gammaridea indet.	2	2	4
		Gnathia sp.		1	1
		Janira maculosa	1	4	5
		Liljeborgia fissicornis	1		1
		Unciola planipes		1	1
MOLLUSCA					
	Caudofoveata	Caudofoveata indet.	1		1
	Polyplacophora	Hanleya hanleyi		2	2
		Leptochiton arcticus	5	3	8
		Leptochiton asellus	2	2	4
	Prosobranchia	Iothia fulva	1		1
		Puncturella noachina	2		2
	Bivalvia	Crenella decussata	1		1
		Heteranomia squamula	1		1
		Hiatella arctica	3	2	5
		Limaria loscombi		2	2
		Modiolula phaseolina	25	50	75
		Nuculana minuta	1		1
		Pallium striatum	2	1	3
		Pododesmus patelliformis	1		1
		Poromya granulata	1		1
		Similipecten similis	3	1	4
		Thyasira gouldi	1	1	2
		Timoclea ovata	1	2	3
	Scaphopoda	Antalis sp.	1	1	2
BRACHIOPODA					
	Articulata	Macandrevia cranium	11	23	34
		Terebratulina sp. juv.		1	1
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea	Amphipholis squamata	3	4	7
		Ophiacantha bidentata		3	3
		Ophiocten affinis	1		1
		Ophiopholis aculeata	8	23	31
		Ophiura robusta		2	2
		Ophiuroidea indet. juv.	16	1	17
	Echinoidea	Echinocyamus pusillus	6		6
	Holothuroidea	Holothuroidea indet.		1	1
		Labidoplax buskii	1	1	2
		Psolus sp. juv.		1	1
HEMICHORDATA					
		Enteropneusta indet.	1	1	2
TUNICATA					
	Ascidiacea	Ascidiacea indet. (solit)		2	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Maks: 25	50	75
			Antall: 71	77	104
			Sum:		552
Stasjonsnr.: C5					
	CNIDARIA				
	Anthozoa				
		Cerianthus lloydii	2	1	3
		Edwardsia sp.	1		1
	NEMERTINI				
		Nemertea indet.	3	6	9
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Aonides paucibranchiata	16	8	24
		Aricidea catherinae	9	11	20
		Aricidea cerrutii	9	14	23
		Aricidea sp.	1		1
		Aurospio banyulensis	7	6	13
		Chaetozone setosa		2	2
		Chaetozone sp.		1	1
		Chirimia biceps	1		1
		Cirratulus cirratus		1	1
		Eumida sanguinea	1	4	5
		Eunice pennata	1	2	3
		Eunoe oerstedii		1	1
		Eupolymnia nebulosa		4	4
		Eupolymnia nesidensis		1	1
		Exogone verugera	3		3
		Galathowenia fragilis	12		12
		Galathowenia oculata	4	4	8
		Glycera lapidum	6	1	7
		Glycinde nordmanni	1		1
		Hauchiella tribullata		1	1
		Heteroclymene robusta		4	4
		Heteromastus filiformis	1		1
		Hydroides norvegica	1		1
		Jasmineira caudata	3	6	9
		Lanice conchilega		4	4
		Malmgrenia mcintoshii		4	4
		Mediomastus fragilis	2	8	10
		Melinna elisabethae	1		1
		Neogyptis rosea	1		1
		Nereimyra punctata		4	4
		Nothria conchylega	35	33	68
		Notomastus latericeus	3	1	4
		Notoproctus sp.	1		1
		Owenia sp.	6	9	15
		Paramphinome jeffreysii	2	11	13
		Pholoe assimilis		1	1
		Pholoe baltica	2		2
		Phyllodoce groenlandica	1		1
		Pisione remota	2		2
		Pista bansei	1		1
		Polycirrus medusa	3	7	10

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
		Polycirrus norvegicus	1	3	4	
		Polycirrus sp.	2		2	
		Polynoidae indet.	1	1	2	
		Prionospio cirrifera		1	1	
		Sphaerosyllis taylori		1	1	
		Spio armata	1		1	
		Spiophanes kroyeri		4	4	
		Syllis comuta	1	2	3	
		Tharyx killariensis		5	5	
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	1	1	2	
CRUSTACEA						
	Ostracoda	Ostracoda indet.	1		1	
	Malacostraca					
		Gammaridea indet.	1	1	2	
		Paraphoxus oculatus		1	1	
		Phtisica marina		1	1	
		Tryphosites longipes		1	1	
		Unciola planipes	1	1	2	
		Urothoe elegans	1	4	5	
MOLLUSCA						
	Polyplacophora	Leptochiton arcticus		8	8	
	Opisthobranchia					
		Laona quadrata		1	1	
		Philine sp.		4	4	
		Scaphander punctostriatus	1		1	
	Bivalvia					
		Ennucula corticata		4	4	
		Similipecten similis	2	1	3	
		Timoclea ovata	1		1	
	Scaphopoda					
		Antalis sp.	8	4	12	
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Amphipholis squamata	2		2	
		Ophiocten affinis	2		2	
		Ophiuroidea indet. juv.	13	6	19	
	Holothuroidea					
		Labidoplax buskii	1		1	
		Psolus sp. juv.	2	1	3	
HEMICHORDATA						
		Enteropneusta indet.		1	1	
			Maks:	35	33	68
			Antall:	51	52	75
			Sum:			402
Stasjonsnr.: C6						
CNIDARIA						
	Anthozoa					
		Cerianthus lloydii	3		3	
		Edwardsiidae indet.		1	1	
NEMERTINI						
		Nemertea indet.	3		3	
ECHIURIDA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Echiurus echiurus	1		1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amphictene auricoma	4		4
		Anobothrus gracilis		1	1
		Aonides paucibranchiata	2	2	4
		Aphrodita aculeata		1	1
		Aricidea catherinae	6	3	9
		Aricidea cerrutii	6	1	7
		Chaetopterus variopedatus		1	1
		Chaetozone setosa	3	3	6
		Eteone flava/longa	2	1	3
		Eumida bahusiensis	1		1
		Eumida sanguinea	1		1
		Eupolymnia nebulosa	1		1
		Exogone verugera	8	5	13
		Galathowenia fragilis	1		1
		Galathowenia oculata	3		3
		Glycera lapidum	6		6
		Glycinde nordmanni	1	1	2
		Goniada maculata	1	1	2
		Harmothoe fragilis	1		1
		Heteromastus filiformis		1	1
		Jasmineira caudata	4		4
		Lanice conchilega		1	1
		Malmgrenia castanea	1		1
		Malmgrenia mcintoshi	3	2	5
		Mediomastus fragilis	1	2	3
		Nephtys sp.		1	1
		Nereimyra punctata	4	1	5
		Nothria conchylega	8	21	29
		Notomastus latericeus	2	2	4
		Paramphinome jeffreysii	21	3	24
		Pholoe assimilis	4	1	5
		Pholoe baltica	1	1	2
		Poecilochaetus serpens		1	1
		Polynoidae indet.	1	2	3
		Potamilla neglecta	1	1	2
		Prionospio cirrifera	1		1
		Sabella pavonina	2		2
		Scoloplos armiger	12	9	21
		Syllidae indet.	1		1
		Syllis cornuta	1		1
		Tharyx killariensis	5	5	10
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	3		3
	Malacostraca				
		Asellota indet.	1		1
		Atylus sp.	2		2
		Gammaridea indet.	1		1
		Lysianassidae indet.		2	2
		Phtisica marina	1	1	2
		Platysympus typicus	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Tmetonyx sp.		1	1
		Unciola planipes	10	9	19
		Urothoe elegans	1		1
		Crustacea indet. juv.	1		1
MOLLUSCA	Polyplacophora	Leptochiton arcticus	4		4
		Stenosemus albus	1		1
	Prosobranchia	Euspira montagui	4	1	5
		Velutina velutina	1		1
	Opisthobranchia	Hermania sp.	3		3
		Laona quadrata	1	1	2
	Bivalvia	Thyasira gouldi		1	1
	Scaphopoda	Antalis sp.		1	1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Amphiura filiformis	8		8
		Ophiocten affinis	14		14
		Ophiura sarsii	1		1
		Ophiuroidea indet. juv.	80		80
	Echinoidea	Spatangoida indet. juv.	3		3
	Holothuroidea	Labidoplax buskii	11		11
		Psolus sp. juv.	3		3
HEMICHORDATA		Enteropneusta indet.	1		1
TUNICATA	Ascidacea	Ascidacea indet. (solit)	1	4	5
			Maks: 80	21	80
			Antall: 61	37	73
			Sum:		380
Stasjonsnr.:	C7ref				
CNIDARIA	Anthozoa	Cerianthus lloydii	4	2	6
NEMERTINI		Nemertea indet.		1	1
SIPUNCULIDA		Golfingiidae indet.	1	4	5
		Phascolion strombus	1		1
		Sipuncula indet.		4	4
ANNELIDA	Polychaeta	Aonides paucibranchiata	8	4	12
		Aricidea catherinae		1	1
		Aricidea cerrutii	1	2	3
		Aurospio banyulensis	4	15	19
		Axiokebuita sp.		23	23
		Chaetopterus variopedatus		9	9

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Chone sp.		1	1
		Cirratulus cirratus		8	8
		Eteone flava/longa		1	1
		Eulalia mustela	4		4
		Eulalia viridis		1	1
		Eumida ockelmanni	1	9	10
		Eumida sanguinea		1	1
		Eunice pennata		24	24
		Euphrosine cirrata		16	16
		Eusyllis blomstrandii		1	1
		Exogone verugera		4	4
		Galathowenia fragilis	9	5	14
		Glycera lapidum	10	13	23
		Gyptis sp.		6	6
		Hauchiella tribullata	3		3
		Hesionura elongata	5	4	9
		Hesiospina aurantiaca		4	4
		Hydroides norvegica	1	43	44
		Lacydoniidae indet.		1	1
		Macrochaeta helgolandica	1		1
		Malmgrenia mcintoshii		5	5
		Mediomastus fragilis		1	1
		Nothria conchylega	47	76	123
		Notomastus latericeus	4	10	14
		Oxydromus sp.	1		1
		Pholoe assimilis		1	1
		Phyllodoce groenlandica		9	9
		Pisione remota	8		8
		Pista bansei	3	26	29
		Poecilochaetus serpens	8	1	9
		Polycirrus medusa		1	1
		Polycirrus norvegicus		6	6
		Polycirrus sp.	1	5	6
		Polynoidae indet.	4	10	14
		Sphaerosyllis taylori		4	4
		Spio armata	17	2	19
		Syllis armillaris		1	1
		Syllis cornuta		1	1
		Terebellidae indet.	1		1
		Thelepus cincinnatus		4	4
		Trypanosyllis troll		2	2
	Oligochaeta	Oligochaeta indet.	5	53	58
	CHELICERATA				
	Pycnogonida	Pycnogonida indet.		1	1
	CRUSTACEA				
	Malacostraca	Amphilocheus manudens	1		1
		Asellota indet.		1	1
		Gammaridea indet.	1		1
		Janira maculosa	1	6	7
		Liljeborgia fissicornis		1	1
		Liljeborgia pallida		2	2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Lysianassidae indet.		16	16
MOLLUSCA					
	Polyplacophora	Leptochiton arcticus		8	8
		Leptochiton asellus		8	8
	Prosobranchia	Euspira montagui	4		4
		Iothia fulva		4	4
		Puncturella noachina		16	16
	Opisthobranchia	Laona quadrata	1		1
		Nudibranchia indet.		4	4
	Bivalvia	Arctica islandica		4	4
		Astarte elliptica		4	4
		Limaria loscombi	1	4	5
		Limatula subauriculata	1	8	9
		Palliolum striatum		11	11
		Parvicardium pinnulatum		4	4
		Pododesmus squama		2	2
		Similipecten similis	2	1	3
		Spisula elliptica	4		4
		Timoclea ovata	4	21	25
BRACHIOPODA					
	Articulata	Macandrevia cranium		9	9
		Terebratulina sp. juv.		4	4
ECHINODERMATA					
	Asteroidea	Asteroidea indet. juv.		1	1
	Ophiuroidea	Amphipholis squamata	2	22	24
		Ophiacantha bidentata		1	1
		Ophiocten affinis	1		1
		Ophiopholis aculeata	1	22	23
		Ophiura robusta		4	4
		Ophiuroidea indet. juv.	5	61	66
	Echinoidea	Echinocyamus pusillus	4	8	12
		Echinoida indet. juv.	1	4	5
	Holothuroidea	Labidoplax buskii		1	1
TUNICATA					
	Asciacea	Asciacea indet. (solit)	1	1	2
		Maks:	47	76	123
		Antall:	42	78	91
		Sum:			876
		TOTAL:			Maks: 123
					Sum: 3709

Vedlegg 2. Analysebeviser

61575_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_140219



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: Cermaq Norway AS
Kunde referanse: Hamnefjord Ny C-undersøkelse 1019
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Bjørn Erik Bye

Dato: 18.11.2019

Rapport nr.: 61575
Analyseparameter(e): Kom, TOM, TOC, TN, Cu, Cd
Kontaktperson: Anja Sjøvoll

Analyseansvarlig: *Anja Sjøvoll* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Ingar H. Wasbotten* (sign.)

Provene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen på side 2.
Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

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

Side 1 av 3

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
61575/C1	C1	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C2	C2	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC**, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C3	C3	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C4	C4	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C5	C5	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C6	C6	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019
61575/C7ref	C7ref	Sediment	18.10.2019	Korn, TOM, TOC, TN. Cu, Cd	28.10.19-14.11.2019

** = uakkreditert analyse

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderereferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou,A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på DIN 19539:2016
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Elektrokjemisk deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 12260:2003. 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

Side 2 av 3

Resultater

	TOC	TN	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	Cd*	N TOC	C/N
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/g TS	
C1	21.1	0.91	3.0	10.0	90.0	3.07	0.13	37.3	23.2
C2	19.6	0.61	3.1	12.4	87.6	3.05	0.18	35.3	32.1
C3	13.4	0.65	2.3	8.7	91.3	2.52	0.17	29.8	20.6
C4	25.4	1.2	3.4	16.8	83.2	3.80	0.21	40.4	20.8
C5	28.3	0.87	2.3	6.0	94.0	3.89	0.17	45.2	32.5
C6	22.7	1.0	2.3	7.3	92.7	4.97	0.15	39.4	22.3
C7ref	31.7	0.69	3.7	9.1	90.9	2.79	0.24	48.0	45.9

* 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

$$N\ TOC\ (Normalisert\ TOC) = m\ålt\ TOC\ mg/g + 18*(1-F),\ der\ F=andel\ finstoff\ (pellitt)\ gitt\ ved\ \%pellitt/100.$$

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter ihht. Veileder 02:2018:

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

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

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

Tilstandsklassifisering for kadmium (Cd) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

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

Vedlegg 3 - Bilder av prøver ved Hamnefjord Ny

