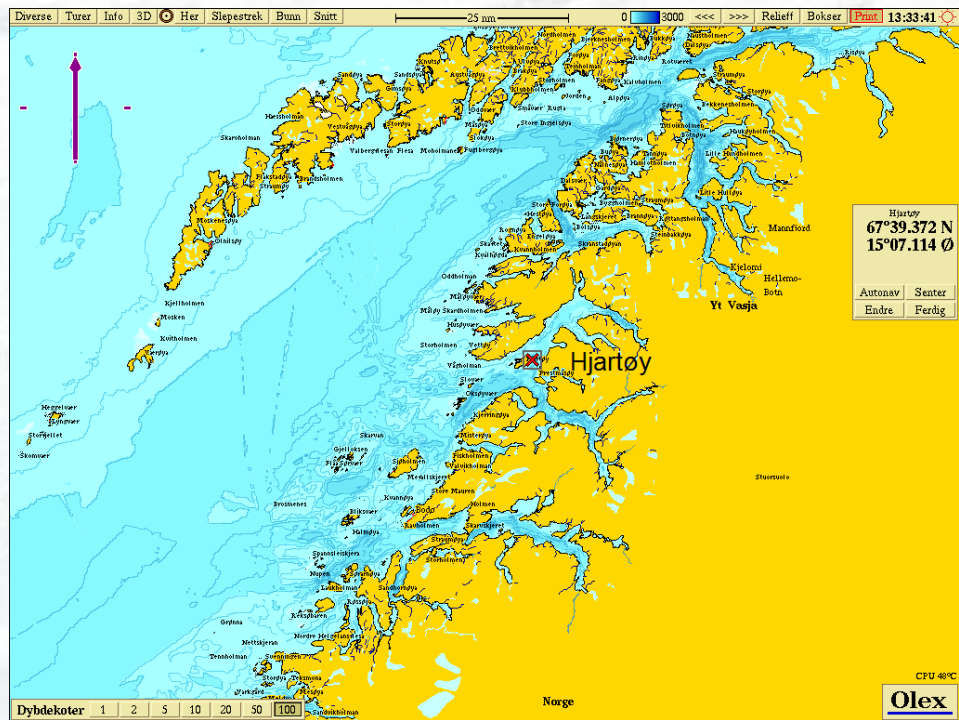


Cermaq Norway AS C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Hjørtøy Ø, 2017.



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Cermaq Norway AS. C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Hjartøy Ø, 2017.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Vera Remen

Akvaplan-niva rapport nr / report no

8982.01

Dato / Date

28.09.2017

Antall sider / No. of pages

18 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Cermaq Norway AS

8286 Nordfold

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Mats William Snåre

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Hjartøy Ø i slutten av juni 2017. Resultatene viste at sedimenter og bløtbunnsamfunn på stasjonen nærmest anlegget var påvirket av organiske belastninger. Tilsvarende belastnings-effekter ble ikke påvist på de øvrige stasjonene i overgangssonen.

Det er gjort en sammenligning med tilsvarende resultater fra en C-undersøkelse i 2015.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Kristine Steffensen in blue ink.

Kristine Steffensen

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Hans-Petter Mannvik in blue ink.

Hans-Petter Mannvik

© 2017 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERINGSTABELL	3
1.1 Oppsummering av C-undersøkelsen.....	3
1.2 Summary of the C survey	4
2 INNLEDNING	5
2.1 Bakgrunn og formål.....	5
2.2 Drift	5
2.3 Tidligere undersøkelser	6
3 MATERIALE OG METODE.....	7
3.1 Faglig program	7
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	7
3.3 Hydrografi og oksygen	8
3.4 Bløtbunnsundersøkelse.....	8
3.4.1 Sedimentundersøkelser	8
3.4.2 Undersøkelse av bløtbunnsfauna	10
4 RESULTATER.....	12
4.1 Hydrografi og oksygen	12
4.2 Sediment	12
4.2.1 TOC, kornfordeling og pH/Eh.....	12
4.2.2 Kobber i sedimenter.....	13
4.3 Bløtbunnsfauna.....	13
4.3.1 Faunaindeksler og økologisk tilstandsklassifisering	13
4.3.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.	14
4.3.3 Geometriske klasser.....	14
4.3.4 Clusteranalyser	15
4.3.5 Artssammensetning	15
5 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	17
5.1 Sammendrag	17
5.2 Konklusjoner	17
6 REFERANSER.....	18
7 VEDLEGG	19
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslister	19
Vedlegg 2. Analysebeviser	34
Vedlegg 3 - Resultater fra foregående undersøkelse	36

Forord

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

Følgende personer har deltatt:


Kristine Steffensen	Akvaplan-niva	Prosjektleder.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Vera Remen	Akvaplan-niva	Feltarbeid. Koordinering av bunndyrsortering. Rapport.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark og bløtdyr).
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.
Thomas Heggem	Akvaplan-niva	Rapportfigurer.

Akvaplan niva vil takke Cermaq Norway AS for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med følgende underleverandører

- ALS Laboratory Group, Tsjekkia

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

Tromsø, 28.09.2017



Kristine Steffensen

Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell

1.1 Oppsummering av C-undersøkelsen

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse oppdrettslokaliteten Hjartøy Ø, 2017.		
Rapport nr.	8982.01	Lokalitet:	Hjartøy Ø
Lokalitet nr.	13931	Kartkoordinater (anlegg):	67°39,372 N 15°07,114 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Steigen
MTB-tillatelse:	5460 tonn (midlertidig tillatelse)	Driftsleder:	Mats William Snåre
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 30.06.2017			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	5074 tonn
Utføret mengde:	5436 tonn	Produsert mengde:	5050 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:	X	Oppfølgende undersøkelse:	X
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2013)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2013)	
Fauna C1 (innerst)	0,218	Fauna C1 (innerst)	Klasse IV
Fauna C2 (ytterst)	0,857	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,657	Fauna C3	Klasse II
Fauna C4 (dypområde)	0,871	Fauna C4 (dypområde)	Klasse I
Fauna C5	0,750	Fauna C5	Klasse II
Samlet C3,C4,C5.	0,759	Samlet C3,C4,C5.	Klasse II
Dato feltarbeid:	30.06.2017	Dato rapport	28.09.2017
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			TOC i klasse IV (C1) og I (C2,C3,C4,C5) Kobber i klasse II/III (C1) pH/Eh poeng 1 (C1) O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Vera Remen	Signatur:	<i>Vera Remen</i>

1.2 Summary of the C survey

Client information			
Title :	C-survey at Hjørtøy Ø, 2017.		
Report nr.	8982.01	Location:	Hjørtøy Ø
Location nr.	13931	Map co/ordinates (construction):	67°39,372 N 15°07,114 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Steigen
MTB-permission:	5460 tonn (temporary permission)	Operations manager:	Mats William Snåre
Client:	Cermaq Norway AS		

Biomass/production status at date of investigation field date 30.06.2017			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	5074 tonn
Feed input	5436 tonn	Produced quantity	5050 tonn
Type of / time of monitoring			
Maximum biomass	X	Follow up study:	X
Fallow:		New location:	

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2013)		Organic state classification (Veileder 02:2013)	
Fauna C1 (inner)	0,218	Fauna C1 (inner)	Class IV
Fauna C2 (outer)	0,857	Fauna C2 (outer)	Class I
Fauna C3	0,657	Fauna C3	Class II
Fauna C4 (deep layer)	0,871	Fauna C4 (deep layer)	Class I
Fauna C5	0,750	Fauna C5	Class II
Stations C3,C4,C5	0,759	Stations C3,C4,C5	Class II
Date fieldwork:	30.06.2017	Date of report:	28.09.2017
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		TOC class IV (C1) and I (C2,C3,C4,C5) Copper class II/III (C1) pH/Eh level 1 (C1) O ₂ -conditions were good throughout the water column.	
Responsible for fieldwork:	Vera Remen	Signature:	<i>Vera Remen</i>

2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Føreliggende C-undersøkelse er gjennomført i forbindelse med at oppdretter planlegger utslakting av fisk på lokaliteten Hjartøy Ø i perioden juni – oktober 2017.

Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkning fra anlegget, og er gjennomført iht. NS 9410:2016. Et oversiktskart med Hjartøy Ø er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart Muldfjorden med plassering av Hjartøy Ø. Kart fra www.fiskeridir.no Fiskeridirektoratet, målestokk 1:100 000.

2.2 Drift

Lokaliteten ble første gang tatt i bruk i 2006 og har midlertidig MTB på 5460 tonn. Anlegget består av en dobbeltramme med 2 x 7 bur og størrelsen på merdene er 120 meter og 160 meter. Ved undersøkelsestidspunktet var det fisk i 10 av 14 merder, biomassen var på 5074 tonn og snittvekt på fisk var 3,4 kg. Utslakting av fisk er planlagt i tidsrommet juni – oktober 2017, med en brakkleggingsperiode frem til neste utsett som er planlagt i april 2018 (F. Holmvåg, pers. medd.). Produksjon ved Hjartøy Ø er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Produksjon ved Hjartøy Ø.

Utsett tidspunkt	Produsert i tonn laks (rundvekt)	Førforbruk i tonn
Mai 2016 Inneværende generasjon	5050	5436
Mai 2014	7687	8830
Mai 2012	4849	5475
Juni 2010	4981	5314

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva har tidligere gjennomført en rekke miljøundersøkelser på lokaliteten. Lokalitetens første C-undersøkelse ble gjennomført i 2012 (Velvin & Bye, 2012) i forbindelse med søknad om økt MTB, og foregående C-undersøkelse (en kombinert ASC – og C – undersøkelse) ble gjennomført i 2015 (Mannvik & Worum, 2015) da lokaliteten var under utslakting.

En oversikt over tidligere gjennomførte undersøkelser på Hjartøy Ø er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Tidligere gjennomførte C-undersøkelser ved Hjartøy Ø.

Dato prøvetaking	Rapportnummer (Forfatter, årstall)	Produksjon inneværende generasjon (tonn)
08.09.2015	APN rapport 7767.01 (Mannvik & Worum, 2015)	7314
12.04.2012	APN rapport 5856-01 (Velvin & Bye, 2012)	Brakklagt

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.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreakt. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- SFT (nå Miljødirektoratet) veileder 97:03. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl., 1997) og M-608/2016 (Miljødirektoratet, 2016).*
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Tabell 3. Faglig program på stasjonene ved Hjartøy Ø, 2017. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, N-Kjeldahl = totalt nitrogen, Cu = kobber, Korn = kornfordeling. pH/Eh = Surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon /lokalitet	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. N-Kjeldahl. Cu. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. N-Kjeldahl.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. N-Kjeldahl.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. N-Kjeldahl. Hydrografi/O ₂ .
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. N-Kjeldahl.

Feltarbeidet ble gjennomført 30.06.2017, med CTDO-måling på C4 den 25.09.2017.

3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

Lokaliteten Hjartøy Ø er plassert på østsiden av Hjartøya i Mulfjorden. Anlegget ligger langs land og bunnen skråner jevnt utover. Gjennom anleggslokaliseringen varierer dybden mellom ca. 40 og 150 meter, og bunnen skråner videre ut i fjorden til ca. 230 meter. I Nordlig retning går Mulfjorden inn i Nordfoldafjorden, med dyp på nærmere 300 meter. I sørlig retning munner Mulfjorden ut i Foldafjorden, med over 500 meters dyp, og i sørøstlig retning dannes det en terskel (ca. 50 meters dyp) mot Revsfjorden. Dominerende strømrretning på spredningsdyp (110 m) er mot sør-sørvest (180 – 210 grader) med en liten returstrøm mot nord (345 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er målt til 3,7 cm/s. Høyeste strømhastighet er målt til 14,3 cm/s og 8 % av målingene er < 1 cm/s (Steffensen, 2015).

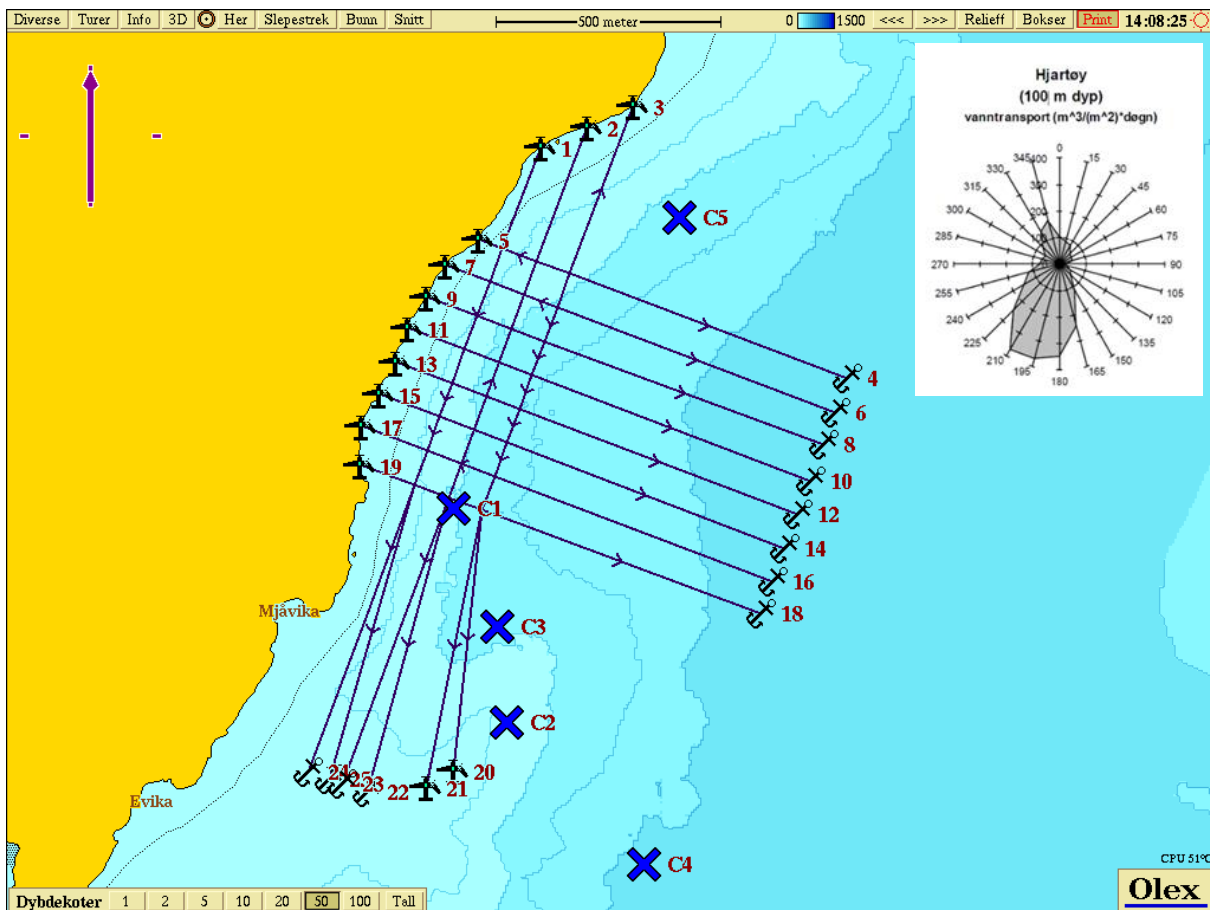
Prøvetakingen ble gjort fra dyp som varierte fra 93 meter til 227 meter. Stasjon C4 er dypeste stasjon, med plassering utenfor overgangssonen (863 meter fra anlegget). Dette fordi det er en lang skråning i fjorden, og det ble valgt å plassere en stasjon ved foten av skråningen. Ved undersøkelsen ble det nødvendig å flytte stasjon C1, C4 og C5 noe ift. planen, da hardbunn

førte til mange bomskudd og det lyktes ikke få opp sediment. Bunnforholdene i resipienten domineres av grus, stein, sand/silt og noe skjellsand.

En oversikt over stasjonsdyp og GPS-koordinater er gitt i Tabell 4. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 2.

Tabell 4. Stasjonsdyp og -koordinater, Hjartøy Ø, 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5
Dyp (m)	93	116	113	227	116
GPS	67°39,218 N 15°06,995 Ø	67°38,962 N 15°07,306 Ø	67°39,077 N 15°07,135 Ø	67°38,792 N 15°07,596 Ø	67°39,567 N 15°07,709 Ø
Avst. merd (m)	20	500	284	863	274



Figur 2. Stasjonskart, Hjartøy Ø, 2017. Strømrose er hentet fra Steffensen, 2015.

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 202 sonde.

3.4 Bløtbunnsundersøkelse

3.4.1 Sedimentundersøkelser

3.4.1.1 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 og Cu 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.

3.4.1.2 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 husstandard sediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

3.4.1.3 Total nitrogen (TN) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse

Sedimentene blir mineralisert ved 420 °C med svovelsyre og bruk av katalysatorer. Natriumhydroksid tilsettes i overskudd for å mineralisere prøvene. Deretter destilleres prøven og kondensatet går inn i en løsning med svovelsyre. Innholdet av organisk bundet nitrogen og ammoniakk/ammonium i prøven kvantifiseres spektrofotometrisk vha. en metode basert på reaksjonen mellom ammoniumioner, natriumsalicylat og trinatriumcitrat.

3.4.1.4 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 ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212) etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (nTOC) ved bruk av ligningen: $nTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m. fl.*, 1997).

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

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

3.4.1.5 Metallanalyser - kobber (Cu)

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 ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

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

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

3.4.1.6 Redoks- og pH målinger

På stasjon C1 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.

3.4.2 Undersøkelse av bløtbunnsfauna

3.4.2.1 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.

3.4.2.2 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.

3.4.2.3 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 02:2013 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnenes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Hurlberts diversitetsindeks (ES_{100}) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), uegnet ved lavt individ/artstall
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individtall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- S 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.

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

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

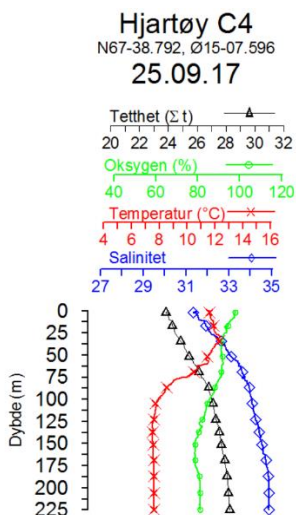
Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0.9 - 0.82	0,82 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
H'	5.7 - 4.8	4.8 - 3.0	3.0 - 1.9	1.9 - 0.9	0.9 - 0
ES ₁₀₀	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI ₂₀₁₂	13 - 9.6	9.6 - 7.5	7.5 - 6.2	6.1 - 4.5	4.5 - 0
NSI	31 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
nEQR	1,0 – 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,0

4 Resultater

4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Hjartøy Ø, 2017 er vist i Figur 3.

Det ble registrert et sprangsjikt på 75 - 80 meters dyp. Temperaturen i overflaten var 12°C og 7°C ved bunnen. Saliniteten steg fra 31 i overflaten til 34 ved bunnen, mens oksygenmetning sank fra 100 til 80 % ved bunnen.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Hjartøy Ø, 2017.

4.2 Sediment

4.2.1 TOC, 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 5.

Nivåene av TOM, TN og TOC var høyest på C1 og lave på de øvrige stasjonene. Tilstandsklassifisering basert på nTOC ga klasse IV på C1 og I på de andre stasjonene. C/N forholdet var lavt på alle stasjonene. Sedimentet var mest grovkornet på C1 med 7 % pelitt, og noe finere på de andre stasjonene (14-35 % pelitt).

Poengavlesing av redoksmålingene iht. Fig. D.1 i Tillegg D (NS 9419:2016) ga poeng 1 for sedimentet på C1.

Tabell 5. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Hjartøy Ø, 2017.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	n-TOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Brun sand og skjellsand. Flyktig. Noe lukt.	4,6	21,5	38,2	IV Dårlig	2,6	8,3	7	7,7/130
C2	Brun sand. Myk overflate. Noe stein og grus. Mer kompakt sediment i nedre lag. Sorte felt nedover i lagene. Ingen lukt.	1,5	4,3	19,7	I Meget god	0,4	9,8	15	Ikke aktuell
C3	Olivengrønn myk overflate. Siltig sand. Mer kompakt i nedre lag. Homogen farge i hele prøven. Flyktig H ₂ S lukt.	2,1	3,7	17,9	I Meget god	0,4	10,6	21	Ikke aktuell
C4	Olivengrønn sandig myk overflate. Litt grus og småstein. Mer kompakt og grå silt under. Leire i nederste laget. Ingen lukt.	1,3	3,1	14,9	I Meget god	0,4	8,6	35	Ikke aktuell
C5	Olivengrønn sandig myk overflate. Litt grus, småstein og skjellrester. Mer kompakt og grå silt under. Leire i nederste laget, Ingen lukt.	1,3	3,8	19,2	I Meget god	0,5	7,5	14	Ikke aktuell

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

4.2.2 Kobber i sedimenter

Nivåene av kobber er presentert i Tabell 6.

Kobbernivået i sediment fra C1 var forhøyet (Klasse II/III).

Tabell 6. Sedimentanalyse. kobber (Cu), i mg/kg TS, Hjartøy Ø, 2017.

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu
C1	26,8	Klasse II/III

4.3 Bløtbunnsfauna

4.3.1 Faunaindeks 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 individer varierte fra 318 (C5) til 2189 (C1) og antall arter fra 14 (C1) til 103 (C2). På C1 viste de fleste faunaindeksene og nEQR økologisk tilstandsklasse IV. På C2 og C4 lå hovedsakelig indeksene, inklusiv nEQR, i klasse I. På C3 og C5 viste de fleste indeksene og nEQR økologisk tilstandsklasse II.

En samlet klassifisering av stasjonene i overgangssonen viste tilstandsklasse II.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Individfordelingen var skjev på C1 med indeks på 0,33. På de øvrige stasjonene var det jevnere individfordeling (0,65 - 0,87).

Tabell 7. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQII = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQII). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Hjartøy Ø, 2017. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	2189	14	1,01	4,1	0,30	5,60	8,65	0,218	0,98	5,676	0,33
C2	909	103	5,31	40,6	0,80	10,69	26,24	0,857	0,61	1,914	0,85
C3	3420	91	4,06	25,8	0,62	8,92	18,59	0,657	1,17	3,880	0,65
C4	681	88	4,89	36,2	0,88	11,49	26,57	0,871	0,48	0,772	0,81
C5	318	62	4,39	27,7	0,70	9,73	24,65	0,750	0,41	2,781	0,87

Samlet klassifisering for overgangssonen (C1 og C2 ikke med)

C3, C4, C5	-	-	4,45	29,9	0,73	10,05	23,27	0,759	-	-	-
------------	---	---	------	------	------	-------	-------	-------	---	---	---

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 nærsjonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kap. 8.6.2. i NS 9410:2016). Tabell 8 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på C1.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God". Kriteriet for tilstand 2 er tilstedeværelse av minst 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 nærsjonestasjonene er hentet fra Tabell 7 og Tabell 9.

Tabell 8. NS 9410:2016. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på innerste stasjon C1, Hjartøy Ø, 2017.

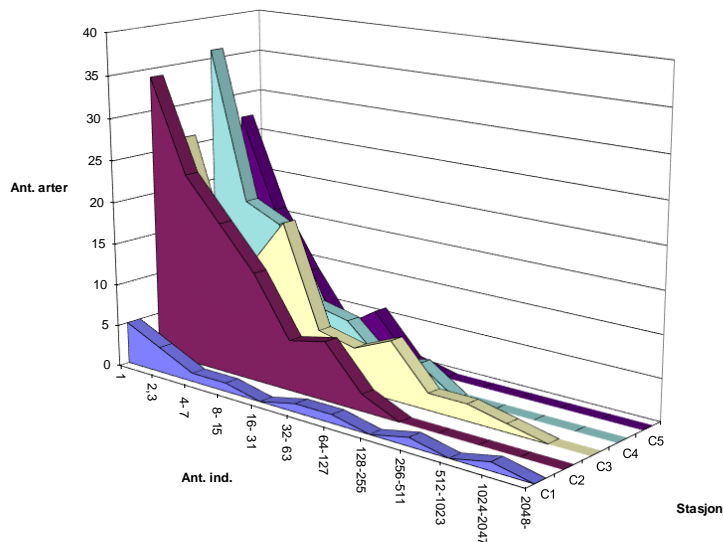
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Hjartøy Ø	14	Capitella capitata 78 %	2 - God

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.

Kurven for C1 startet lavt og strakk seg langt ut mot høyere klasser. Kurveforløpet gir indikasjoner på faunaforstyrrelser. De øvrige kurvene hadde naturlig høye startpunkter og ingen av dem strakk seg nevneverdig langt ut. Kurveforløpene gir ingen entydige indikasjoner på faunaforstyrrelser.

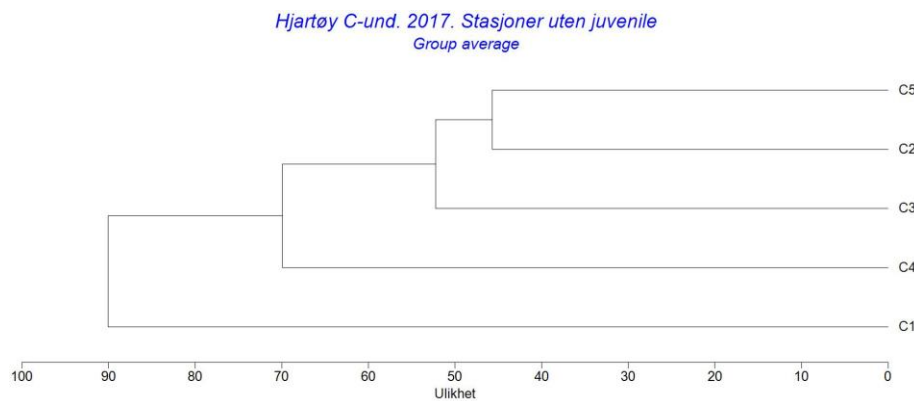


Figur 4. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Hjartøy Ø, 2017 (pr. 0,2 m²).

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.

C2 og C5 var 55 % lik i faunasammensetning. C3 var 50 % lik disse to, mens C4 var 30 % lik de tre nevnte stasjonene. C1 var bare 10 % lik de øvrige.



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Hjartøy Ø, 2017.

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 dominerte forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark) med 78 % av individene. En annen forurensningsindikator, børstemarken *Malacoceros fuliginosus*, var også tallrik. De øvrige artene var stort sett opportuniste.

På C2 var den sensitive børstemarken *Exogone verugera* mest tallrik med 9 %. De fleste andre artene var enten sensitive eller nøytrale.

På C3 dominerte den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis*, hvor den sammen med *C. capitata* utgjorde 42 % av individmengden. Her var det ellers mange opportuniste og tolerante arter, men også innslag av en sensitiv og en nøytral art blant topp-ti.

På C4 var den tolerante muslingen *Keliella miliaris* mest tallrik med 12 %. Foruten en liten forekomst av opportunisten *H. filiformis*, var de fleste andre sensitive eller nøytrale.

På C5 toppet den nøytrale børstemarken *Tharyx killariensis* listen med 13 %. Her var det mange tolerante, men også sensitive, nøytrale og opportunistiske arter.

C1 og C3 var de eneste stasjonene hvor det ble registrert forurensningsindikatorer blant de ti mest dominerende taksa.

Tabell 9. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Hjartøy Ø, 2017.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Capitella capitata</i>	1705	78 %	V	<i>Exogone verugera</i>	86	9 %	I
<i>Ophryotrocha</i> sp.	350	94 %	IV	<i>Amythasides macroglossus</i>	75	18 %	I
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	72	97 %	IV	<i>Chaetozone</i> sp.	57	24 %	III
Chrysopetalidae indet.	32	99 %	ik	<i>Notomastus latericeus</i>	47	29 %	I
<i>Heteromastus filiformis</i>	13	99 %	IV	<i>Mugga wahrbergi</i>	42	34 %	II
<i>Microphthalmus szcelkowi</i>	4	99 %	ik	<i>Amphictene auricoma</i>	40	38 %	II
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	3	99 %	V	<i>Tharyx killariensis</i>	40	42 %	II
<i>Thyasira sarsii</i>	3	100 %	IV	<i>Mendicula ferruginosa</i>	35	46 %	II
Crustacea indet. juv.	2	100 %	ik	<i>Galathowenia fragilis</i>	34	50 %	I
<i>Prionospio plumosa</i>	2	100 %	ik	<i>Chone</i> sp.	26	53 %	I
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Heteromastus filiformis</i>	966	28 %	IV	<i>Keliella miliaris</i>	85	12 %	III
<i>Capitella capitata</i>	482	42 %	V	<i>Amythasides macroglossus</i>	74	23 %	I
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	303	51 %	IV	<i>Thyasira obsoleta</i>	65	33 %	I
<i>Dipolydora</i> sp.	187	57 %	ik	<i>Eclysippe vanelli</i>	47	40 %	I
<i>Exogone verugera</i>	136	61 %	I	<i>Euchone</i> sp.	40	45 %	II
<i>Spio limicola</i>	121	64 %	ik	<i>Axinulus croulinensis</i>	27	49 %	I
<i>Chaetozone</i> sp.	109	67 %	III	<i>Heteromastus filiformis</i>	22	52 %	IV
<i>Thyasira sarsii</i>	109	70 %	IV	<i>Mendicula ferruginosa</i>	21	56 %	ik
<i>Galathowenia oculata</i>	86	73 %	III	<i>Nucula tumidula</i>	18	58 %	II
<i>Tharyx killariensis</i>	85	75 %	II	<i>Chirimia biceps</i>	16	60 %	II
C5	Ant.	Kum.	EG				
<i>Tharyx killariensis</i>	41	13 %	II				
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	30	22 %	IV				
<i>Exogone verugera</i>	26	30 %	I				
<i>Chaetozone</i> sp.	22	37 %	III				
<i>Mugga wahrbergi</i>	21	43 %	I				
<i>Notomastus latericeus</i>	21	50 %	II				
<i>Prionospio cirrifer</i>	16	55 %	III				
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	13	59 %	III				
<i>Harpinia antennaria</i>	11	62 %	I				
<i>Heteromastus filiformis</i>	9	65 %	IV				

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

5 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Hjartøy Ø, 2017, kan sammenholdes som følger:

- Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen i slutten av september 2017.
- Nivåene av TOM, TN og TOC var høyest i sediment fra anleggssonen (C1) og lave på de øvrige stasjonene. Tilstandsklassifisering basert på nTOC ga klasse IV på C1 og I på de andre stasjonene. C/N forholdet var lavt på alle stasjonene. Sedimentet var mest grovkornet på C1 og noe finere på de andre stasjonene. Kobbernivået var forhøyet i sediment fra anleggssonen (klasse II/III).
- Økologisk tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2013 viste klasse IV for bløtbunnsamfunnet i anleggssonen (C1). Samfunnene på de øvrige stasjonene i overgangssonen viste klasse I og II. En NS 9410 vurdering av bløtbunnsamfunnet på C1 ga miljøtilstand 2. C1 og C3 var de eneste stasjonene hvor det ble registrert forurensningsindikatorer blant de ti mest dominerende taksa.

5.2 Konklusjoner

Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Hjartøy Ø i slutten av juni 2017. Resultatene viste at sedimenter og bløtbunnsamfunn på stasjonen nærmest anlegget var påvirket av organiske belastninger. Tilsvarende belastningseffekter ble ikke påvist på de øvrige stasjonene i overgangssonen.

Det ble gjennomført en C-undersøkelse på lokaliteten i 2015 (Mannvik & Worum, 2015) med tre prøvepunkter i hovedstrømretningen. Stasjonene hadde omtrentlig samme posisjoner som ved foreliggende undersøkelse, hvor st. 1 tilsvarer C1, st. 2 tilsvarer C3 og st. 3 tilsvarer C4.

Resultatene fra C-undersøkelsen i september 2015 viste at bløtbunnsamfunnet i anleggssonen (st.1) var forstyrret (tilstandsklasse IV). TOC-nivået var forhøyet på denne stasjonen (klasse V). I overgangssonen (st.2) var faunaforholdene noe bedre og indeksene viste tilstandsklasse II og III. Faunaen var uforstyrret (klasse I) på den ytterste stasjonen (st.3). TOC-nivået lå i hhv. klasse II og klasse I på de to sistnevnte stasjonene. Det ble ikke funnet kobberbelastninger i sediment fra anleggssonen (klasse I). Oksygenmetningen var god i hele vannsøylen.

En sammenligning av foreliggende resultater og resultatene fra 2015, viser at miljøtilstanden i bløtbunnsamfunnene ikke er vesentlig endret. En liten generell nedgang i organisk belastning i sedimentene kan spores. Det er imidlertid påvist en økning av kobbernivået i sediment anleggssonen.

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, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.

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

ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.

Mannvik, H.P. & Worum, B., 2015. Cermaq Norway AS. ASC- og C-undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Hjartøy, 2015. APN-7767.01. 17 s. + vedlegg

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

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

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

Rygg, B. & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.

Steffensen, K., 2015. Cermaq Norway as. Strømmålinger Hjartøy Ø 2014. Vanntransport, spredning og bunn. APN-7391.01. 6 s. + vedlegg

Velvin, R. & Bye, B.E., 2012. Mainstream Norway AS. C-undersøkelse på lokaliteten Hjartøy 2012. APN-5856-01. 28 s.

Pers. medd.: Frode Holmvåg, Drift-Service leder, Cermaq Norway AS

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 kvadratrot-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:

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

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 Hjartøy Ø, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

<i>st.nr.</i>	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	7517	2189	909	3420	681	318
no. spe.	198	14	103	91	88	62

Bunndyrindekser per replikat

<i>st.nr.</i>	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02
no. ind.	7517	820	1369	455	454	2071	1349
no. spe.	198	8	9	80	75	71	78
Shannon-Wiener:		0,9	1,1	5,4	5,3	4,0	4,1
Pielou		0,31	0,34	0,85	0,84	0,65	0,66
ES100		4	5	41	40	25	26
SN		1,09	1,11	2,42	2,38	2,10	2,21
ISI-2012		5,05	6,15	10,80	10,57	8,97	8,87
AMBI		5,666	5,686	1,931	1,897	3,844	3,916
NQI1		0,30	0,30	0,81	0,80	0,61	0,63
NSI		8,6	8,7	26,2	26,3	18,9	18,3
DI		0,864	1,086	0,608	0,607	1,266	1,080

<i>st.nr.</i>	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	287	394	276	42
no. spe.	58	72	54	21
Shannon-Wiener:	4,9	4,9	4,8	4,0
Pielou	0,84	0,79	0,83	0,91
ES100	37	35	34	21
SN	2,34	2,39	2,31	2,31
ISI-2012	11,81	11,17	9,36	10,11
AMBI	0,845	0,699	2,899	2,663
NQI1	0,87	0,89	0,71	0,69
NSI	25,9	27,2	24,2	25,1
DI	0,408	0,545	0,391	0,427

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

<i>st.nr.</i>	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	1,01	5,31	4,06	4,89	4,39
Pielou	0,33	0,85	0,65	0,81	0,87
ES100	4,1	40,6	25,8	36,2	27,7
SN	1,10	2,40	2,15	2,37	2,31
ISI-2012	5,60	10,69	8,92	11,49	9,73
AMBI	5,676	1,914	3,880	0,772	2,781
NQI1	0,30	0,80	0,62	0,88	0,70
NSI	8,65	26,24	18,59	26,57	24,65
DI	0,98	0,61	1,17	0,48	0,41
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}	0,218	0,857	0,657	0,871	0,750

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	5	34	26	36	27
2,3	3	23	12	18	16
4-7	1	18	12	16	9
8-15	1	13	18	7	3
16-31	0	6	6	6	6
32-63	1	7	5	2	1
64-127	1	2	7	3	0
128-255	0	0	2	0	0
256-511	1	0	2	0	0
512-1023	0	0	1	0	0
1024-2047	1	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artliste

Hjartøy C-und. 2017

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
NEMATODA						
			Nematoda indet.	3	6	9
ANNELIDA	Polychaeta					
		Spionida	Malacoceros fuliginosus	1	2	3
			Prionospio plumosa	2		2
			Chaetozone sp.	1		1
			Raricirrus sp.	1		1
		Capitellida	Capitella capitata	637	106	1705
			Heteromastus filiformis	13		13
		Phyllodocida	Chrysopetalidae indet.		32	32
			Microphthalmus szelkowi		4	4
		Eunicida	Ophryotrocha sp.	162	188	350
			Ophryotrocha lobifera		72	72
	Oligochaeta					
			Oligochaeta indet.		1	1
CRUSTACEA	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.		2	2
MOLLUSCA	Bivalvia					
		Veneroida	Axinulus croulinensis		1	1
			Thyasira sarsii	3		3
ECHINODERMATA	Holothuroidea					
		Apodida	Labidoplax buskii		1	1
				Maks:	637	1068
				Antall:	10	11
				Sum:		2201
Stasjonsnr.: C2						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1		-1
CNIDARIA	Hydrozoa					
			Hydrozoa indet.		-1	-1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4	5	9
NEMATODA						
			Nematoda indet.	3	5	8
SIPUNCULIDA						
			Golfingiidae indet.		1	1
ANNELIDA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Orbinia sertulata		2	2
			Phylo kupfferi	1		1
			Aricidea catherinae	3	1	4
			Paradoneis lyra	4	5	9
		Spionida				
			Apistobranchnus tenuis	2	1	3
			Laonice sarsi	1		1
			Prionospio cirrifera	10	12	22
			Pseudopolydora paucibranchiata	2		2
			Spiophanes kroyeri		1	1
			Tharyx killariensis	25	15	40
			Aphelochaeta sp.	3	2	5
			Chaetozone sp.	30	27	57
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	7	15	22
			Notomastus latericeus	24	23	47
			Lumbriclymene cylindricauda		1	1
			Chirimia biceps	10		10
			Heteroclymene robusta		1	1
			Isocirrus planiceps		4	4
		Opheliida				
			Ophelina cylindricauda	2	8	10
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1		1
			Phyllodoce groenlandica	1		1
			Laetmonice filicornis	1		1
			Malmgrenia mcintoshi		1	1
			Polynoidae indet.	1		1
			Pholoe assimilis	10	7	17
			Pholoe baltica	1	2	3
			Pholoe pallida		1	1
			Exogone verugera	29	57	86
			Parexogone longicirris	1		1
			Glycera capitata	4	6	10
			Goniada norvegica	1		1
			Nephtys longosetosa		1	1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	3	8	11
		Eunicida				
			Augeneria tentaculata		2	2
			Lumbrineris cingulata	4	10	14
			Lumbrineris mixochaeta	1	1	2
			Parougia eliasoni	3		3
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis	18	16	34
			Galathowenia oculata	6	3	9
			Myriochele danielsseni		2	2
			Owenia sp.	1	2	3
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	8	13	21
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	25	15	40
			Amythasides macroglossus	40	35	75
			Eclysippe vanelli	3	2	5
			Glyphanostomum pallescens	1		1
			Melinna elisabethae		1	1
			Mugga wahrbergi	22	20	42
			Sabellides octocirrata	1		1
			Zatsepinia rittichae	2	1	3
			Amoeana trilobata	2		2
			Hauchiella tribullata	1		1
			Lanassa venusta		1	1
			Paramphitrite birulai	1	2	3
			Pista bansei	6	1	7

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Polycirrus medusa	4	5	9
			Streblosoma intestinale	1		1
			Terebellides sp.	4	3	7
			Trichobranchus roseus	1	2	3
		Sabellida				
			Chone sp.	13	13	26
			Euchone sp.	7	5	12
			Jasmineira candela	7	3	10
			Jasmineira caudata	2		2
			Hydroides norvegicus	3		3
			Siboglinidae indet.		6	6
		Oligochaeta				
			Oligochaeta indet.	4	3	7
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	1	3	4
			Diastylis cornuta	1		1
			Diastylodes biplicatus	1	1	2
		Tanaidacea				
			Tanaidacea indet.	1	2	3
		Amphipoda				
			Ampelisca odontoplax	1	3	4
			Synchelidium sp.	1		1
			Westwoodilla caecula		1	1
			Harpinia antennaria	5	2	7
			Paraphoxus oculatus	2		2
		Isopoda				
			Gnathia sp.	2	2	4
		Decapoda				
			Paguridae indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	7	4	11
	Polyplacophora					
		Lepidopleurida				
			Leptochiton sp.	1		1
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula corticata		1	1
			Ennucula tenuis	2	2	4
			Yoldiella philippiana	1	4	5
		Veneroida				
			Adontorhina similis	2	5	7
			Mendicula ferruginosa	14	21	35
			Axinulus croulinensis	4	3	7
			Thyasira equalis		5	5
			Thyasira flexuosa	1	1	2
			Thyasira gouldi		2	2
			Thyasira obsoleta	7	6	13
			Thyasira sarsii	16	6	22
			Kurtiella tumidula	2		2
			Astarte sulcata	2		2
			Macoma calcarea		1	1
		Pholadomyoidea				
			Poromya granulata		1	1
BRACHIOPODA						
	Articulata					
		Terebratulida				
			Macandrevia cranium		1	1
ECHINODERMATA						

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Asteroidea					
			Asteroidea indet. juv.		1	1
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphipholis squamata	1		1
			Amphiura filiformis	1	1	2
			Ophiura sarsii		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	3		3
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Echinocardium flavescens	1		1
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	5		5
			Maks:	40	57	86
			Antall:	83	79	109
			Sum:			920
Stasjonsnr.: C3						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1		-1
	CNIDARIA					
		Hydrozoa				
			Hydrozoa indet.	-1		-1
		Anthozoa				
			Cerianthus lloydii juv.	2		2
	NEMERTINI					
			Nemertea indet.	5	9	14
	NEMATODA					
			Nematoda indet.	2		2
	SIPUNCULIDA					
			Phascolion strombus	1	1	2
			Sipunculida indet.		1	1
	ANNELIDA					
		Polychaeta				
		Orbiniida				
			Leitoscoloplos mammosus	34	20	54
			Scoloplos armiger	49	6	55
			Levinsenia gracilis	1		1
			Paradoneis lyra	7	1	8
		Spionida				
			Apistobranchnus tenuis	1		1
			Dipolydora sp.	39	148	187
			Prionospio cirrifera	27	13	40
			Pseudopolydora paucibranchiata	280	23	303
			Spio armata	1	1	2
			Spio limicola	79	42	121
			Tharyx killariensis	38	47	85
			Aphelochaeta sp.	3	4	7
			Chaetozone sp.	63	46	109
			Cirratulus cirratus		1	1
			Raricirrus sp.		1	1
		Capitellida				
			Capitella capitata	266	216	482
			Heteromastus filiformis	607	359	966

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Notomastus latericeus	11	14	25
			Chirimia biceps	2	1	3
		Opheliida	Ophelina acuminata	11	8	19
			Ophelina cylindricaudata		1	1
			Polyphysia crassa		2	2
			Scalibregma inflatum		1	1
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	12	3	15
			Phyllodoce groenlandica	4	4	8
			Phyllodoce mucosa	1		1
			Polynoidae indet.	1	1	2
			Pholoe assimilis	10	7	17
			Pholoe baltica	1	1	2
			Syllidia armata	4	6	10
			Exogone verugera	76	60	136
			Parexogone hebes	8		8
			Parexogone longicirris		4	4
			Syllis cornuta	1	2	3
			Glycera alba	1		1
			Glycera capitata	2	3	5
			Glycinde nordmanni		1	1
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys ciliata	1		1
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	14	14	28
		Eunicida	Lumbrineris cingulata		5	5
			Ophryotrocha sp.		2	2
		Oweniida	Galathowenia oculata	47	39	86
			Myriochele danielsseni	14		14
			Owenia sp.	12	3	15
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	14	3	17
		Terebellida	Amphictene auricoma	32	21	53
			Lagis koreni		1	1
			Amythasides macroglossus	2	1	3
			Mugga wahrbergi		3	3
			Sabellides octocirrata		1	1
			Samytha sexcirrata	1		1
			Amaeana trilobata	1		1
			Eupolymnia nebulosa		1	1
			Laphania boeckii		1	1
			Pista mediterranea	3	2	5
			Polycirrus medusa	2	2	4
			Thelepus cincinnatus	1		1
		Sabellida	Chone sp.	8	3	11
			Jasmineira candela	11	3	14
			Jasmineira caudata	11	6	17
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.	1	1	2
	Malacostraca					
		Cumacea	Eudorella sp.	65	10	75
			Diastylis cornuta	5	3	8
			Diastylodes biplicatus	6	5	11
		Amphipoda	Tryphosites longipes		1	1
			Westwoodilla caecula	4	3	7
			Harpinia antennaria	57	18	75
			Podoceridae indet.	6	6	12
			Gammaridea indet.	3	1	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
		Isopoda					
			Gnathia sp.		1	1	
MOLLUSCA							
	Caudofoveata						
			Caudofoveata indet.	6	7	13	
	Prosobranchia						
		Mesogastropoda					
			Euspira montagui	3	8	11	
			Euspira pallida		1	1	
	Opisthobranchia						
		Cephalaspidea					
			Cylichna sp.	1	2	3	
			Philine sp.	1		1	
			Cylichna cylindracea	1	3	4	
	Bivalvia						
		Nuculoidea					
			Ennucula tenuis	2	6	8	
		Veneroidea					
			Thyasira flexuosa	2	4	6	
			Thyasira sarsii	34	75	109	
			Tellimya ferruginosa	1	3	4	
			Macoma calcarea	4	6	10	
			Abra nitida	9	1	10	
			Abra prismatica	1	1	2	
ECHINODERMATA							
	Asteroidea						
			Asteroidea indet. juv.		1	1	
	Ophiuroidea						
		Ophiurida					
			Amphiura chiajei	1		1	
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2	
	Echinoidea						
		Spartangoida					
			Echinocardium cordatum		1	1	
			Echinocardium flavescens	2	2	4	
			Spartangoida indet. juv.		1	1	
	Holothuroidea						
		Apodida					
			Labidoplax buskii	36	11	47	
TUNICATA							
	Ascidiacea						
			Ascidiacea indet. (solit)	1		1	
				Maks:	607	359	966
				Antall:	77	82	99
				Sum:			3428

Stasjonsnr.: C4

FORAMINIFERA

			Foraminifera indet.	-2	-1	-3
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4	1	5
NEMATODA						
			Nematoda indet.	2	2	4
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma squamatum	2	1	3
			Onchnesoma steenstrupii	11	4	15
ANNELIDA						
	Polychaeta					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Orbiniida	Levinsenia flava	1	5	6
		Spionida	Laonice sarsi		1	1
			Prionospio dubia	1	2	3
			Spiophanes kroyeri	5	2	7
			Chaetozone sp.	2	1	3
		Capitellida	Heteromastus filiformis	15	7	22
			Notomastus latericeus	1	1	2
			Lumbriclymene cylindricauda		3	3
			Notoproctus sp.		5	5
			Chirimia biceps	4	12	16
		Opheliida	Ophelina cylindricauda		1	1
			Scalibregma inflatum		1	1
		Phyllodocida	Glycera alba		1	1
			Glycera capitata		1	1
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys hystrix		1	1
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	10	2	12
		Eunicida	Nothria hyperborea	4		4
			Paradiopatra fiordica	2	5	7
			Paradiopatra quadricuspis	2	1	3
			Rhamphobranchium brevibrachiatum		1	1
			Eunice pennata	1		1
			Lumbrineris cingulata	1		1
		Oweniida	Galathowenia fragilis	1		1
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus		1	1
			Pherusa flabellata	4	2	6
		Terebellida	Amphictene auricoma		1	1
			Amphicteis gunneri		1	1
			Amythasides macroglossus	22	52	74
			Eclysippe vanelli	18	29	47
			Melinna albicincta	4	6	10
			Melinna elisabethae	4	1	5
			Melythasides laubieri	6	10	16
			Mugga wahrbergi		3	3
			Zatsepinia rittichae		2	2
			Sosanopsis wireni	1	1	2
			Leaena ebranchiata		2	2
			Streblosoma intestinale	3	4	7
			Terebellides sp.	1	2	3
		Sabelliida	Chone sp.		10	10
			Euchone sp.	5	35	40
CRUSTACEA						
	Copepoda	Calanoida	Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca	Cumacea	Eudorella sp.	3		3
			Hemilamprops cristatus	1	1	2
			Diastylis cornuta		1	1
			Diastylis echinata	1		1
			Diastylis rathkei	1		1
	Tanaidacea		Apseudes spinosus	1		1
	Amphipoda		Haploops setosa		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Atylus sp.		1	1
			Eriopisa elongata	3	5	8
			Oediceropsis brevicornis		1	1
			Harpinia pectinata	3		3
		Isopoda				
			Ischnomesus bispinosus		1	1
			Asellota indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.		1	1
	Prosobranchia					
		Archaeogastropoda				
			Anatoma crispata		1	1
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui	1		1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Philine sp.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula tumidula	9	9	18
			Ennucula corticata	5	9	14
			Yoldiella lucida	2	2	4
		Mytiloida				
			Dacrydium ockelmanni	2	1	3
		Arcoida				
			Bathyarca pectunculoides	1	3	4
		Ostreoidea				
			Chlamys islandica	1		1
		Veneroidea				
			Mendicula ferruginosa	7	14	21
			Mendicula sp.		3	3
			Axinulus croulinensis	12	15	27
			Thyasira equalis	1	1	2
			Thyasira obsoleta	22	43	65
			Thyasira sarsii	1		1
			Astarte sp. juv.	2		2
			Astarte sulcata	5	1	6
			Parvicardium minimum	3	1	4
			Abra nitida	2	3	5
			Kelliella miliaris	47	38	85
		Pholadomyoidea				
			Lyonsiella abyssicola		1	1
			Cuspidaria lamellosa	3	2	5
			Cuspidaria rostrata		1	1
BRACHIOPODA						
	Articulata					
		Terebratulida				
			Macandrevia cranium		1	1
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.	-1		-1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura borealis		1	1
			Amphilepis norvegica	2	1	3
			Ophiura carnea	7	5	12
			Ophiura sarsii		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Echinocardium flavescens	1		1
	Holothuroidea					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Apodida				
TUNICATA			Labidoplax buskii	1		1
	Asciacea					
			Asciacea indet. (solit)	2	3	5
			Maks:	47	52	85
			Antall:	63	77	95
			Sum:			687

Stasjonsnr.: C5

FORAMINIFERA

NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1		-1
NEMATODA			Nemertea indet.	5		5
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	3	1	4
ANNELIDA			Phascolion strombus	1		1
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Orbinia sertulata	1		1
			Scoloplos armiger		1	1
		Spionida				
			Apistobranchus tenuis		1	1
			Dipolydora sp.	2	1	3
			Prionospio cirrifera	16		16
			Pseudopolydora paucibranchiata	29	1	30
			Spio limicola	1		1
			Tharyx killariensis	34	7	41
			Aphelochaeta sp.	3		3
			Chaetozone sp.	20	2	22
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	5	4	9
			Notomastus latericeus	19	2	21
			Chirimia biceps	2		2
			Isocirrus planiceps	2		2
			Praxillella sp.	1		1
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	2		2
			Ophelina cylindricaudata	4		4
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1		1
			Phyllococe groenlandica	1		1
			Polynoidae indet.	2	1	3
			Pholoe pallida	1		1
			Nereimyra punctata	2		2
			Exogone verugera	20	6	26
			Glycera capitata	4	1	5
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	11	2	13
		Eunicida				
			Lumbrineris cingulata	1		1
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis		1	1
			Galathowenia oculata	2		2
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1		1
		Terebellida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Amphictene auricoma	5		5
			Lagis koreni	1		1
			Amythasides macroglossus	5	2	7
			Eclysippe vanelli	1		1
			Mugga wahrbergi	17	4	21
			Zatsepinia rittichae		1	1
			Pista mediterranea	2		2
			Polycirrus medusa	4		4
			Streblosoma intestinale	2		2
			Trichobranchus roseus	2		2
		Sabellida				
			Euchone sp.	1		1
			Jasmineira caudata	2		2
			Hydroides norvegicus	2		2
		Oligochaeta				
			Oligochaeta indet.	1		1
CRUSTACEA						
		Malacostraca				
		Cumacea				
			Hemilamprops roseus	3		3
			Diastylodes biplicatus	1		1
		Amphipoda				
			Unciola planipes	1		1
			Harpinia antennaria	11		11
			Harpinia pectinata		1	1
MOLLUSCA						
		Caudofoveata				
			Caudofoveata indet.	3		3
		Prosobranchia				
		Mesogastropoda				
			Alvania sp.		1	1
		Opisthobranchia				
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.	2		2
		Bivalvia				
		Veneroidea				
			Mendicula ferruginosa	3	1	4
			Thyasira flexuosa		1	1
			Thyasira obsoleta		1	1
			Thyasira sarsii	6		6
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida	1		1
ECHINODERMATA						
		Ophiuroidea				
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	2		2
		Echinoidea				
		Spartangoida				
			Echinocardium flavescens	1		1
			Spartangoida indet. juv.	2	1	3
		Holothuroidea				
		Apodida				
			Labidoplax buskii	4		4
			Maks:	34	7	41
			Antall:	58	23	66
			Sum:			326
				TOTAL:		Maks: 1705
						Sum: 7562

Vedlegg 2. Analysebeviser

Analyserapport C-und_130917

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



Framsenteret
Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 00
e-post: kjemi@akvaplan.niva.no

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Akvaplan-niva AS/Cermaq
Kunde referanse: 8982 - 13931 Hjertøy C und
Kontaktperson: Kristine Steffensen
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted: 9007 Tromsø
Tel:
E-post: **Dato:** 19.09.2017

Rapport nr.: 8982
Analyseparameter(e): Korn, TOC, TN, TOM, Cu
Kontaktperson: Ingar H. Wasbotten
Analyseansvarlig: *Ingar H. Wasbotten* (sign.)
Underskriftsberettiget: *Marta A. Gasli* (sign.)

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

Prøve id. Lab	Kundens id.	Materiale	Prøvens beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Analyse-periode
8982/C1	C1	sediment	Frossent	06.08.2017	01.09. - 12.09.2017
8982/C2	C2	sediment	Frossent	06.08.2017	01.09. - 12.09.2017
8982/C3	C3	sediment	Frossent	06.08.2017	01.09. - 12.09.2017
8982/C4	C4	sediment	Frossent	06.08.2017	01.09. - 12.09.2017
8982/C5	C5	sediment	Frossent	06.08.2017	01.09. - 12.09.2017

MERKNADER:

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

Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Side 1 av 2

Resultater

Kundens id.:		C1	C2	C3	C4	C5
Parameter	Enhet	8982/C1	8982/C2	8982/C3	8982/C4	8982/C5
> 0,063 mm	vekt %	92,9	85,5	78,6	65,5	85,6
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	7,1	14,5	21,4	34,5	14,4
TOC	mg/g TS	21,5	4,3	3,7	3,1	3,8
TOC, normalisert**	mg/g TS	38,2	19,7	17,9	14,9	19,2
TOM	% TS	4,6	1,5	2,1	1,3	1,3
Total-N **	mg/g TS	2,6	0,44	0,35	0,36	0,51
C/N **		8,3	9,8	10,6	8,6	7,5
Cu *	mg/kg TS	26,8				

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

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

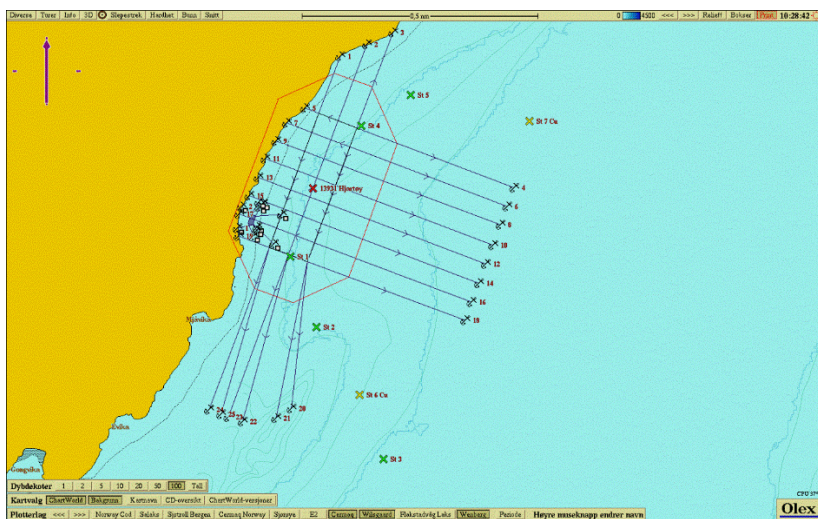
** Uakkreditert analyse eller beregning utført av Akvaplan-niva AS

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

Vedlegg 3 - Resultater fra foregående undersøkelse

Stasjonsdyp og -koordinater, C- stasjonene ved Hjartøy, 2015.

Stasjon	St 1	St 2	St 3
Dyp (m)	88	113	209
Posisjon	67°39.2278N 15°06.989Ø	67°39.077N 15°07.135Ø	68°38.798N 15°07.510Ø



Sedimentanalyser. TOC og kornfordeling (pelittandel= % <0,063 mm). C-stasjoner ved Hjartøy, 2015.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandskl.*	Pelitt %	pH/Eh
St 1	Småstein, sand og skjellrester på leire. Sverting og lukt av hydrogensulfid.	46,8	63,8	V Meget dårlig	5,6	7,65/39
St 2	Småstein, sand og skjellrester på leire. Noe sverting.	10,2	23,7	II God	24,8	7,58/136
St 3	Gråfarget sand på leire. Noe sverting.	6,1	18,8	I Meget god	29,5	7,63/193

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

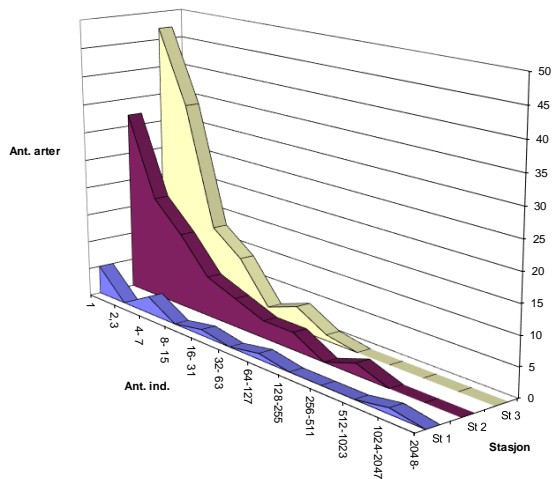
Sedimentanalyser. Total fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu), alle i mg/kg TS. C-stasjoner ved Hjartøy, 2015.

St.	Cu	Tilst.klasse Cu
St 1	9,3	I Bakgrunn

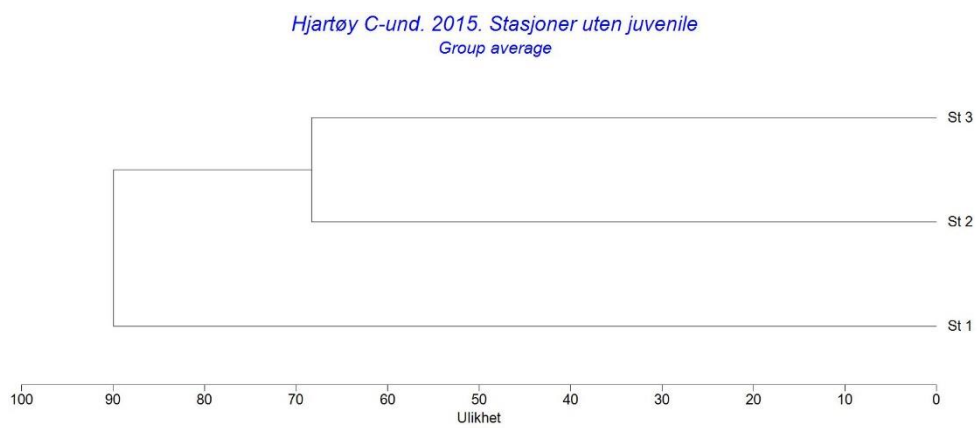
Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQII = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQII). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. C-stasjoner ved Hjartøy, 2015. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks iht. Veileder 02:2013.

St.	Individtall	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
St 1	1395	11	0,53	3,8	0,370	5,81	13,7	0,25	0,79	4,55	0,18
St 2	1524	83	3,49	22,1	0,593	8,55	15,9	0,5996	0,83	4,24	0,59
St 3	561	110	5,13	42,0	0,884	10,63	25,9	0,89	0,39	0,96	0,83

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



Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. C stasjoner Hjartøy 2015.



Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Hjartøy, 2015.

Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på C stasjonene. Hjørtøy 2015..

St 1 (totalt 11 arter)	Ant.	Kum.	EG	St 2 (totalt 83 arter)	Ant.	Kum.	EG
Ophryotrocha sp.	1278	92 %	IV	Capitella capitata	454	30 %	V
Capitella capitata	81	97 %	V	Heteromastus filiformis	368	54 %	IV
Microphthalmus sczelkowi	18	99 %	ik	Spio arctica	112	61 %	ik
Malacoceros fuliginosus	5	99 %	V	Thyasira sarsi	97	68 %	IV
Heteromastus filiformis	4	99 %	IV	Caulleriella killariensis	71	72 %	II
Nudibranchia indet.	4	100 %	III	Chaetozone sp.	41	75 %	III
Asteroidea indet. juv.	1	100 %	III	Galathowenia oculata	34	77 %	III
Caprellidae indet.	1	100 %	ik	Nereimyra punctata	34	79 %	IV
Caulleriella killariensis	1	100 %	II	Exogone verugera	24	81 %	I
Chaetozone sp.	1	100 %	III	Ophelina acuminata	20	82 %	II
Paramphinome jeffreysii	1	100 %	III				
Pholoe sp.	1	100 %	II				
St 3 (totalt 110 arter)	Ant.	Kum.	EG				
Thyasira obsoleta	68	12 %	I				
Kelliella miliaris	47	20 %	III				
Pterolysippe vanelli	44	28 %	I				
Mendicula ferruginosa	36	34 %	I				
Paramphinome jeffreysii	35	40 %	III				
Heteromastus filiformis	18	44 %	IV				
Onchnesoma steenstrupii	17	46 %	I				
Amythasides macroglossus	15	49 %	I				
Axinulus croulinensis	14	52 %	I				
Melinna albicincta	14	54 %	ik				

*Økologiske grupper: I = sensitive arter. II = nøytrale arter. III = tolerante arter. IV = opportunistiske arter.

V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013.

ik = ikke kjent gruppe.