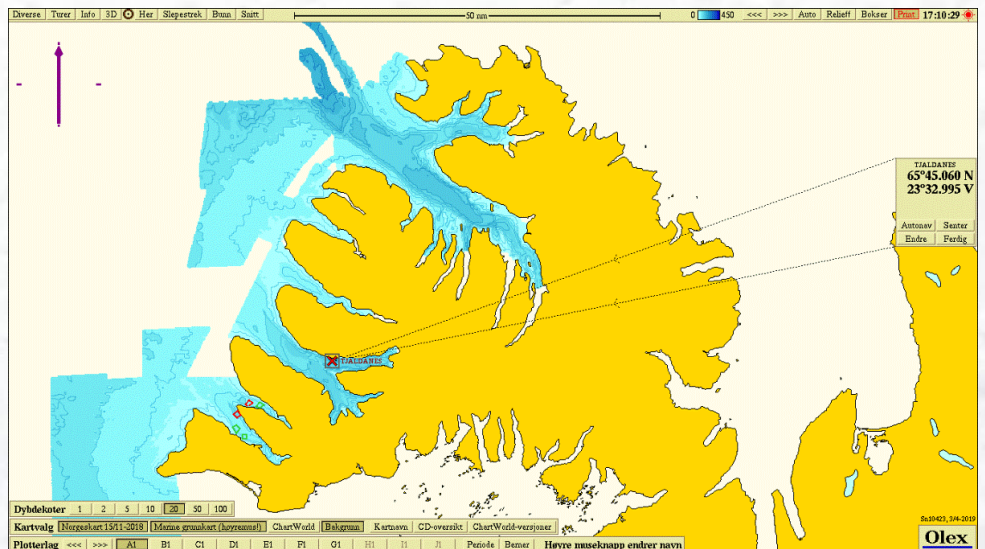


Arnarlax ASC- and C- survey Tjaldaneseyrar, 2019.



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

**Report title / Rapporttittel**

Arnarlax. ASC- and C-survey Tjaldaneseyrar, 2019.

Author(s) / Forfatter(s)

Hans-Petter Mannvik

Snorri Gunnarson

Akvaplan-niva report nr / rapport no

60976.01

Date /Dato

11.09.2019

No. of pages / Antall sider

20 + appendix

Distribution / Distribusjon

Through client

Client /Oppdragsgiver

Arnarlax, Strandgata 1, 465 Bíldudalur. Iceland

Client's reference / Oppdragsg. referanse

Silja Baldvinsdóttir

Summary / Sammendrag

The results of monitoring at the fish farm site Tjaldaneseyrar in 2019 indicated that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the copper concentrations were slightly elevated at C1. No load effect was recorded in fauna and fauna index nEQR showed moderate impact for all stations (< 0.6). The Diversityindex H' was just over 3 on C5 and under 3 at the other stations where it ranged from 1.4 to 2.1. NS 9410:2016-assessment of the fauna community in the local impact zone (C1) was rated with environmental condition 2 (good). No pollution indicators were recorded among the top-10 on any of the stations. The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the sampling stations. The oxygen saturation in March was good in the whole water column with 100% in the bottom water.

Project manager / Prosjektleder

Handwritten signature of Snorri Gunnarsson in blue ink.

Snorri Gunnarsson

Quality control / Kvalitetskontroll

Handwritten signature of Roger Velvin in black ink.

Roger Velvin

© 2019 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.

Contents

FOREWORD.....	2
1 SUMMARY	3
1.1 Summary of the ASC results	3
1.2 Oppsummering av ASC resultatene (in norwegian).....	4
1.3 Summary of C-results.....	5
1.4 Oppsummering av C-resultatene (in norwegian).....	6
2 INTRODUCTION.....	7
2.1 Background and aim of study.....	7
2.2 Site operation and feed use.....	7
2.3 Previous surveys.....	8
3 MATERIALS AND METHODS	9
3.1 Professional program.....	9
3.2 Placement of ASC-stations and AZE	9
4 ASC-SURVEY TJALDANESEYRAR.....	11
4.1 Results	11
4.1.1 Bottom sediment and redox measurements (Eh).....	11
4.1.2 Copper in sediments	11
4.1.3 Quantitative analyses of bottom fauna	11
5 C-SURVEY TJALDANESEYRAR.....	13
5.1 Introduction	13
5.2 Professional program and placement of sampling stations	13
5.3 Results	14
5.3.1 Hydrography.....	14
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, grain size and pH/Eh.....	14
5.3.3 Copper	15
5.3.4 Soft bottom fauna	15
5.4 Summary and conclusions – C-survey	19
5.4.1 Summary.....	19
5.4.2 Conclusion.....	19
5.4.3 Environmental trend since the last C- survey.....	19
6 REFERENCES	20
7 APPENDIX	21
Appendix 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer (in norwegian).....	21
Appendix 2. Prosedyre for beregning av AZE (in norwegian).....	24
Appendix 3. Bunndyrstatistikk og artslister (in norwegian).....	25
Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian).....	33

Foreword

Akvaplan-niva has done an environmental survey of the type ASC and C at the site Tjaldaneseýrar. The survey is done following a fallow period but the placement of the site has also been moved further out into the fjord from previous location. The survey includes pH/redox measurements (Eh), hydrography, geochemical analyses and analyses of the bottom fauna by the fish farming site. Results from all stations are included in the ASC survey and results from five stations are included in the C-survey. This survey is done upon request from Arnarlax hf.


The following personnel have contributed in this work:

Snorri Gunnarson	Akvaplan-niva	Field work, report, project leader.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Echinodermata). Report, professional assessments and interpretations.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Varia). QS report, professional assessments and interpretations.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Crustaceans). Statistics.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identification of bottom fauna (Polychaeta and Mollusca).
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Coordination of sorting of bottom fauna.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Coordination of geo-chemical analyses.

Akvaplan-niva would like to thank Arnarlax, Silja Baldvinsdóttir, for good cooperation.

Accreditation information:

The survey is done by Akvaplan-niva AS with ALS Laboratory Group (Czech Republic) as a sub-contractor.

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

Kópavogur, 11.09 2019


Snorri Gunnarson

Project leader

1 Summary

1.1 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results								Remarks of the sampling
		C1	C2	C3	C4	C5	Cu1	Cu2	Cu3	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	205	215	261	175	274	-	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	1.72	1.74	2.09	1.38	3.02	-	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	3	-	-	-	7				
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	48.0	44.1/ 47.4	44.8/ 53.0	45.0/ 56.0	-	47.5/ 45.2	52.5/ 49.7	52.0/ 39.4	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.								

Conclusions:

The copper level was relatively high and between 39.4 and 56.0 mg/kg in the sediments. The redox potential (Eh) was positive in all sediments. The faunal diversity was highest at station C5 with the diversity index H' just above 3. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1 and C5) in accordance to the ASC standard showed that there were three and seven species, respectively, which were not pollution indicator species, present with 100 or more individuals/m².

An overview of the location of the stations and the AZE zone (red line) is shown in the figure below.



1.2 Oppsummering av ASC resultatene (in norwegian)

Indikator i ASC	ASC krav	Resultater								Kommentarer til prøvetaking
		C1	C2	C3	C4	C5	Cu1	Cu2	Cu3	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	205	215	261	175	274	-	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	1,72	1,74	2,09	1,38	3,02	-	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	3	-	-	-	7				
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	48,0	44,1/ 47,4	44,8/ 53,0	45,0/ 56,0	-	47,5/ 45,2	52,5/ 49,7	52,0/ 39,4	
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kapt. 3.2.								

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var forholdsvis høye og mellom 39,4 og 56,0 mg/kg i de undersøkte sedimentene. Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene på alle stasjonene. Artsmangfoldet var høyest i bløtbunnsamfunnet fra stasjon C5 med diversitetsindeks H' like over 3. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon C1 og C5) i henhold til ASC-standarden viste at det fantes hhv. tre og syv arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m².


En oversikt over anlegget med stasjoner og AZE-sone inntegnet (rød linje) er vist i figuren under.



1.3 Summary of C-results

Information client			
Title :	C-survey Tjaldaneseýrar, 2019.		
Report nr.	60976.01	Site:	Tjaldaneseýrar
Site nr.		Map coordinates (construction):	65°34,850 N 23°58,440 V
		Municipal:	
MTB-permission:	Site MTB	Operations manager:	Rolf Ørjan Nordli
Client:	Arnarlax		


Biomass/production status at time of survey 07.03.2019			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	0
Feed input:	0	Produced amount of fish:	0
Type/time of survey			
Maximum biomass:		Follow up study:	
Fallow (resting period):	x	New locationi:	x

Results from the C study /NS 9410 (2016) – Main results from soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		Diversity index H' (Shannon-Wiener)	
Fauna C1 (closest to farm)	0,519	Fauna C1 (closest to farm)	1,72
Fauna C2 (furthest from farm)	0,524	Fauna C2 (furthest from farm)	1,74
Fauna C3	0,579	Fauna C3	2,09
Fauna C4 (deep area)	0,468	Fauna C4 (deep are)	1,38
Fauna C5	0,594	Fauna C5	3,02
Date fieldwork:	07.03.2019	Date of report:	11.09 2019
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)			nTOC from 23,4 to 35,3 Copper 48,0 at C1 Eh positive at all stations O ₂ -conditions were good throughout the water column.
Responsible for field work:	Snorri Gunnarson	Signature:	

1.4 Oppsummering av C-resultatene (in norwegian)

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Tjaldanes, 2019.		
Rapport nr.	60976.01	Lokalitet:	Tjaldanes
Lokalitet nr.		Kartkoordinater (anlegg):	65°34,850 N 23°58,440 V
Fylke:		Kommune:	
MTB-tillatelse:	Område MTB	Driftsleder:	Rolf Ørjan Nordli
Oppdragsgiver:	Amarlax		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 07.03.2019			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	0
Utført mengde:	0	Produsert mengde:	0
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:	x	Ny lokalitet:	x

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Diversitetsindeks H' (Shannon-Wiener)	
Fauna C1 (innerst)	0,519	Fauna C1 (innerst)	1,72
Fauna C2 (ytterst)	0,524	Fauna C2 (ytterst)	1,74
Fauna C3	0,579	Fauna C3	2,09
Fauna C4 (dypområde)	0,468	Fauna C4 (dypområde)	1,38
Fauna C5	0,594	Fauna C5	3,02
Dato feltarbeid:	07.03.2019	Dato rapport:	11.09.2019
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			nTOC fra 23,4 til 35,3 Copper 48,0 på C1 Eh positive på alle stasjoner O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Snorri Gunnarson	Signatur:	

2 Introduction

2.1 Background and aim of study

Akvaplan-niva has on behalf of Arnarlax done an ASC-survey for the site Tjaldaneseyrar in Arnarfjörður, Iceland (Figure 1). The study was conducted based on the Arnarlax intention to have the Tjaldaneseyrar site certified according by the Aquaculture Stewardship Council (ASC-standard). It is simultaneously undertaken an environmental study with reference to chapter 5.0 in NS 9410:2016 which follows the methodology for C- study described in NS 9410:2016. The survey also fulfils the requirements from Icelandic authorities regarding bottom surveys referring to the standard ISO 12878 and demand for environmental bottom surveys (according to Vöktunaráætlun).

The methodology applied also follows the guidelines described for environmental surveillance in ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 and ASC Salmon Standard. This report is presented in manners to fulfil the demands from the Aquaculture Stewardship Council (ASC). The sampling stations were chosen based on results from earlier ocean current measurements (spread current) and bottom topography at the site (Olex).

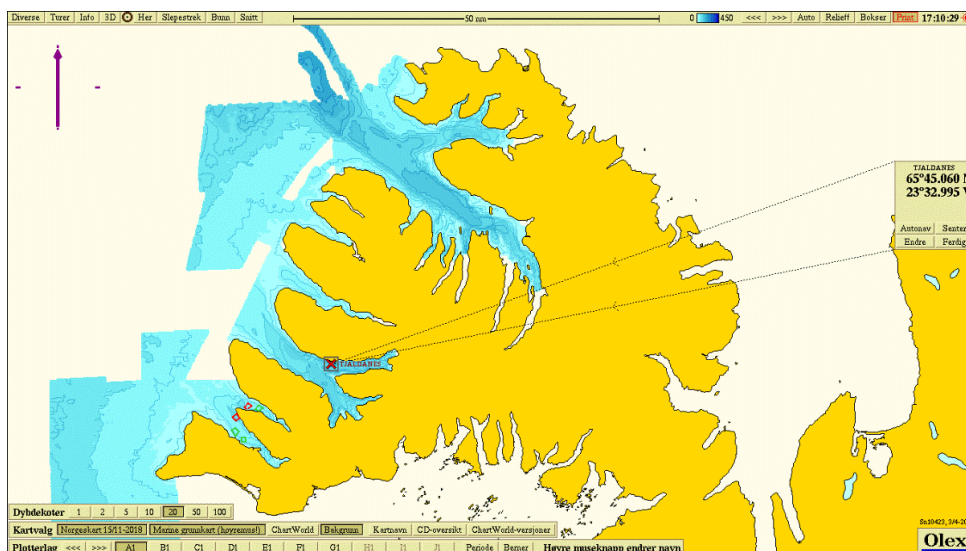


Figure 1. Overview of Arnarfjörður with the farming site Tjaldaneseyri (red cross). The map coordinates for the midpoint of the farming site is given at right side of the picture.

2.2 Site operation and feed use

The area has been in use for fish farming since 2015 but the present site has been moved further out into the fjord than the previous site. This survey is therefore aimed at monitoring the environmental status at the new site after fallow of about two years (slaughter of last generation at old site was finished in spring 2017). There was no fish in the site at time of sampling. For the site the estimated maximal standing biomass for the next generation is 5.000 ton (used as MTB here). The production for previous generation at Tjaldaneseyrar is shown in table 1.

Table 1. Production at Tjaldaneseyri.

Time fish in sea	Production of salmon (ton, round weight).	Feed use (ton)
June 2015 – mai 2017	3.119	4.089

2.3 Previous surveys

Akvaplan-niva AS has not done any previous environmental surveys of the type B/C (NS 9410) at the site Tjaldaneseyrar and the present study is the first ASC-survey conducted in combination with a C-survey.

For previous generation at the old Tjaldaneseyrar site there was an environmental survey done by Náttúrustofa Vestfjarða, at peak biomass which followed guidelines in *ISO 12878:2012* (Gallo and Thorsteinsson, 2017). The bottom was hard and sampling with grab proved difficult and samples were collected and analysed for only 4 stations out of 15. These were 0, 0, 55 and 55 m from the cages. The stations closest to the farm had strong smell and negative redox values. At stations in 55 m distance from the farm there was little or none sign of organic accumulation. The Shannon-Weiner index was reported for three stations as 2.27 (0 m), 2.29 and 1.37 for the two 55 m stations. In general the bottom was described as hard bottom.

Table 2 gives overview over previous environmental bottom surveys conducted at Tjaldaneseyrar.

Table 2. Previous surveys conducted at Tjaldaneseyrar.

Date Sampling	Report number (Author, 2019)	Type survey	Classification	Site condition
28.02 2017	NV NR. 24-14. Gallo og Thorsteinsson, 2017	NA	NA	NA

3 Materials and methods

3.1 Professional program

Choice of study parameters, placement of sampling stations and other criteria for the study is based on descriptions in the ASC-standard and the NS 9410 (C-undersøkelser). An overview of the planned professional program is given in Table 3.

For performing the study and analysis, current standards and quality control systems are applied (see Appendix 1 and 2).

Table 3. The planned professional program for the ASC- and C-survey at Tjaldaneseyrar, 2019. TOC = total organic carbon. Korn = grain size in sediment. TOM = total organic material. TN = total nitrogen. Cu = Copper. pH/Eh = acidity and redox potential. C1, C2, C3, C4 and C5 are also part of the C-survey.

Station	Type analyses/parameters
C1 (local impact zone, inside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2 (transect zone, control outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C3 (transect zone, outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C4 (transect zone, deep area, outside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrography/O ₂ . pH/Eh.
C5 (local impact zone, inside AZE)	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Cu1 (reference station ASC)	2 x Cu.
Cu2 (reference station ASC)	2 x Cu.
Cu3 (reference station ASC)	2 x Cu.

The date for field work was 07.03.2019.

3.2 Placement of ASC-stations and AZE

ASC-standard allows that a site specific AZE zone can be defined deviating from the 30 m from the fish farm (site-specific AZE, see pkt. 2.1.4. in «audit manual»). Based on measured current at the site an AZE zone of 100 m from the frame of the fish farm has been calculated. Procedure for calculating the AZE zone is given in Appendix 2.

With background in sampling system described in point 2.1 in ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») we suggest five biological sampling stations. The placement of the stations is based on results from measured oceanic current measured at 60 m depth (distribution current) at the site. (Helgeland Havbruksstasjon, 2013).

Coordinates, depth and distance of stations from frame of fish farm is given in Table 4 and Figure 2.

Table 4. Distance between the nearest frame of the fish farm and sampling stations. Coordinates for stations, depth, ASC-stations at Tjaldaneseyrar, 2019. C1, C2, C3, C4 and C5 are also part of the C-survey.

Station	Depth, m	Distance from frame, m	Position
C1	100	80	N 65°44,987 – V 23°32,983
C2	104	500	N 65°44,823 – V 23°33,427
C3	103	155	N 65°44,966 – V 23°32,897
C4	104	195	N 65°44,952 – V 23°32,854
C5	82	80	N 65°45,211 – V 23°33,657
Cu1 ref	105	1000	N 65°44,650 – V 23°31,912
Cu2 ref	93	1000	N 65°45,211 – V 23°35,004
Cu3 ref	104	500	N 65°44,823 – V 23°33,427

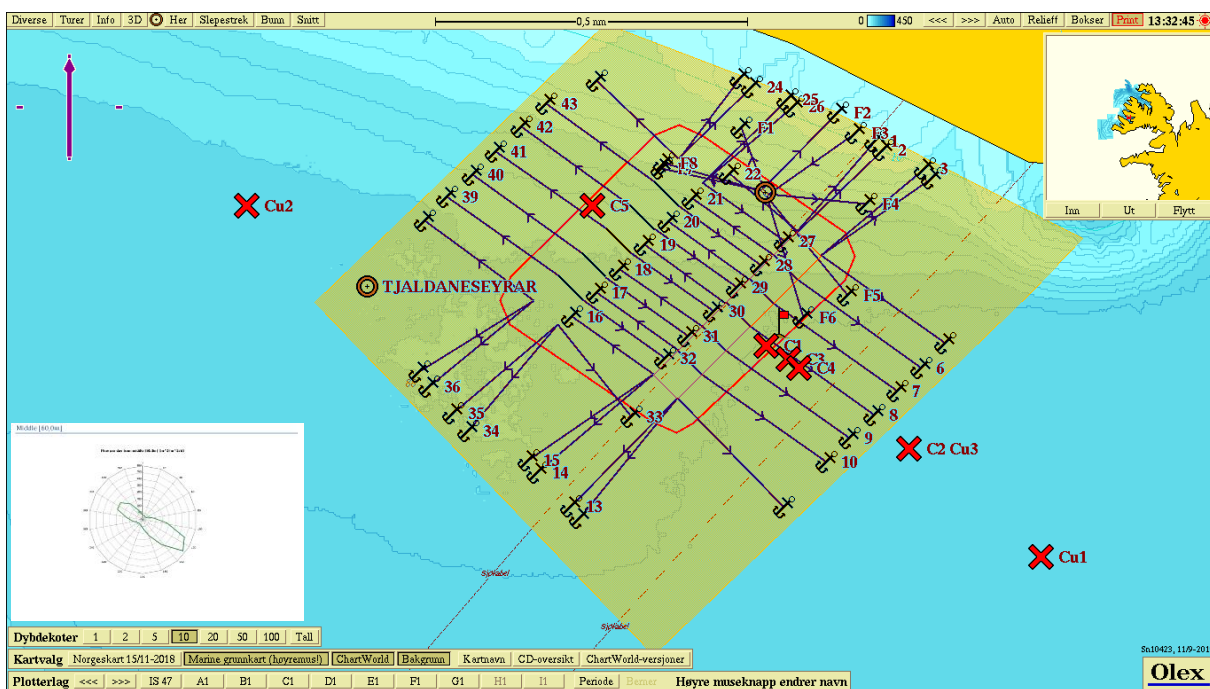


Figure 2. Sampling stations, ASC Tjaldaneseyrar, 2019. The site specific AZE is indicated with a red line with distance of 100 m from the frame of the fish farm. The spread current at the site is measured at 60 m depth.

4 ASC-survey Tjaldaneseýrar

4.1 Results

4.1.1 Bottom sediment and redox measurements (Eh)

Table 5 shows the description of bottom sediment and results from redox measurements at the sampling stations. Eh had a positive value at all sampling stations.

Table 5. Description of bottom sediment and redox measurements (Eh). ASC-stations Tjaldaneseýrar, 2019.

St.*	Description of bottom sediment	Eh
C1	Clay, Olive green	205
C2	Clay, silt, små stein, skjellsand. Olive green	215
C3	Clay, silt, skjellsand. Olive green	261
C4	Clay. Olive green	175
C5	Clay, sand. Olive green.	274

4.1.2 Copper in sediments

The level of copper in the bottom sediments are shown in Table 6. The level of copper varied from 39,4 to 56,0 mg/kg in the sediments at the sampling stations.

Table 6. Copper (Cu), mg/kg TS. ASC Tjaldaneseýrar, 2019.

St.	Cu
C1-1	48
C2-1	44,1
C2-2	47,4
C3-1	44,8
C3-2	53,0
C4-1	45,0
C4-2	56,0
C5-1	-
C5-2	-
Cu1-1	47,5
Cu1-2	45,2
Cu2-1	52,5
Cu2-2	49,7
Cu3-1	52,0
Cu3-2	39,4

4.1.3 Quantitative analyses of bottom fauna

4.1.3.1 Number of species – Shannon Wiener diversity index (H')

The Shannon-Wiener diversity index (H') for bottom fauna communities are presented in Table 7. Here are also presented number of species and individuals for each of the sampling stations. Other fauna indexes according to Veileder 02:2018 are given in Appendix 3.

Number of individuals varied from 202 (C3) to 678 (C5) and number of species from 16 (C4) to 34 (C5). Diversity index H' varied from 1,38 to 3,02.

Table 7. Number of species and individuals pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversity index. ASC-stations at Tjaldaneseyrar, 2019.

St.*	Number individuals	Number species	H'
C1	369	17	1,72
C2	362	18	1,74
C3	202	19	2,09
C4	337	16	1,38
C5	678	34	3,02

4.1.3.2 ASC evaluation of the bottom fauna communities at stations C1 and C5

Below there is a review of to what extent the soft bottom fauna communities at the two sampling stations inside the AZE zone (stations C1 and C5) fulfil the criteria given in the ASC- standard:

"2 highly abundant* taxa that are not pollution indicator species"

*Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)

In Rygg and Norling (2013) the species are categorized into ecological group's base on the values of the sensitivity indexes. The pollution indicators (pollution indicator species) are categorized into ecological group V. Results are presented in Table 8.

At stations C1 and C5 there were respectively total of three and seven species with more than 100 ind/m² and none of these were pollution indicator species. The criteria in the ASC-is therefore fulfilled at both stations.

Table 8. The dominating taxa with number of individuals per m² at C1 and C5, Tjaldaneseyrar, 2019.

Station	Taxa	Number per 0,2 m ²	Number per m ²	NSI Ecological group *
C1	Prionospio steenstrupi	251	1255	II
	Ophelina acuminata	50	250	II
	Chaetozone setosa	25	125	IV
C5	Thyasira sarsii	170	850	IV
	Prionospio steenstrupi	154	770	II
	Chaetozone setosa	111	555	IV
	Abra nitida	50	250	III
	Ampharete petersenae	38	190	Ik
	Ennucula tenuis	23	115	II
	Nuculana pernula	21	105	II

*Ecological group: I = sensitive species. II = neutral species. III = tolerant species. IV = oppertunistic species. V = Pollution indicator species. From Rygg and Norling, 2013. Ik = ecological group not none.

5 C-survey Tjaldaneseýrar

5.1 Introduction

C-survey is aimed at studying the environmental condition of the bottom sediment in a transect sector from the fish farm that extends from the local, to the intermediate and to the regional impact zone. Main emphasis is on the study of the soft bottom fauna which is conducted according to standards ISO 5567-19:2004 and ISO 16665:2014. The obligatory parameters that are included in the survey are described in NS 9410:2016.

Fauna index is given in Appendix 1.

There have not been developed a classification or threshold values for this type of survey by Icelandic officials so it is not possible to apply the classification based on Norwegian threshold values to Icelandic conditions. However we report the results with these same indexes as with reference to Norwegian threshold values but it should be emphasized that some of these (such as NSI) are developed according to Norwegian conditions. For further descriptions of these indexes see details in Appendix 1 and Miljødirektoratets Veileder 02:2018.

5.2 Professional program and placement of sampling stations

The profession program follows the descriptions and guidance given in NS 9410:2016 for C-surveys (Table 9). The number of stations was assigned with reference to the sites estimated maximal standing biomass for the current generation which is 5.000 ton (used as MTB here). According to the standard we assign five sampling stations. Depth and position of the stations are given in Table 10 and shown in Figure 3. The stations are placed according to the direction of the main oceanic current direction at 60 m (Helgeland Havbruksstasjon, 2013) which is assigned current for spread of particles under the fish farm.

Table 9. The planned professional program for the C-survey at Tjaldaneseýrar, 2019. TOC = total organic carbon. Korn = grain size distribution in sediment. TOM = total organic material. TN = total nitrogen. Cu = copper. pH/Eh = acidity and redox potential.

Station	Type analyses
C1	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C3	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. Hydrography/O ₂
C5	Quantitative analyses of bottom fauna. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Table 10. Depth, distance between the nearest frame of the fish farm and sampling stations and coordinates for C-stations at Tjaldaneseýrar, 2019.

Station	Depth, m	Distance from farm, m	Position
C1	100	80	N 65°44,987 – V 23°32,983
C2	104	500	N 65°44,823 – V 23°33,427
C3	103	155	N 65°44,966 – V 23°32,897
C4	104	195	N 65°44,952 – V 23°32,854
C5	82	80	N 65°45,211 – V 23°33,657

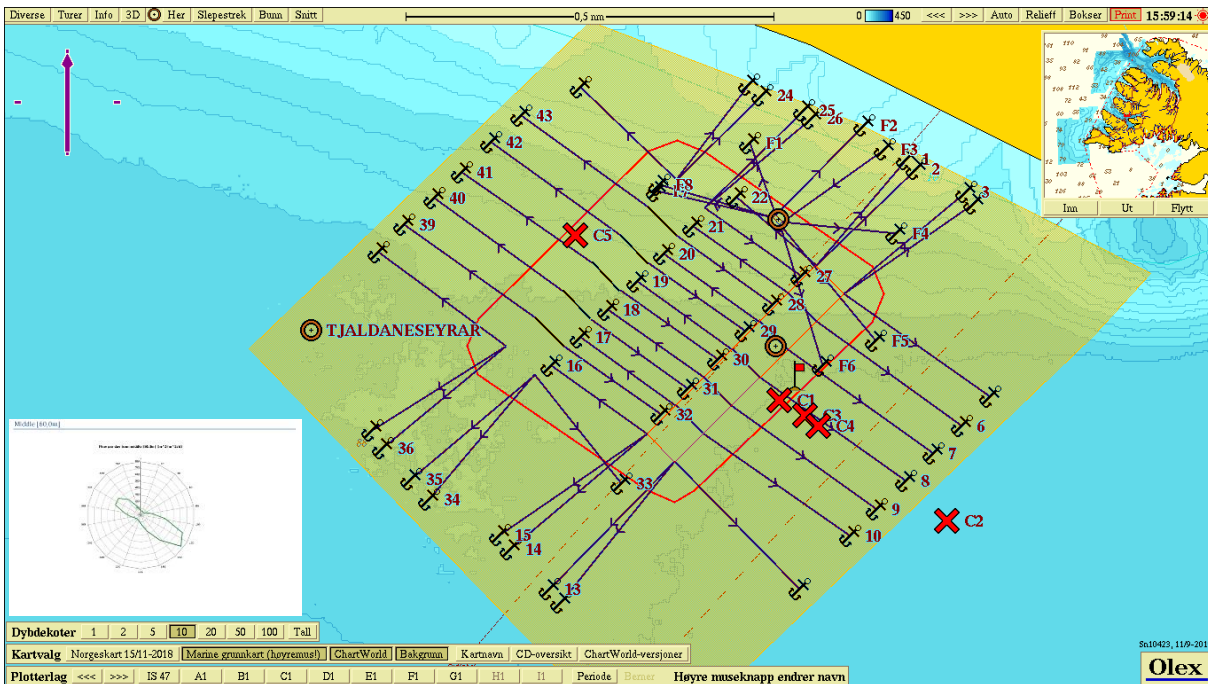


Figure 3. Map showing the sampling stations for the C-survey at Tjaldaneseyrar, 2019. Current for spread of particles is measured at 60 m depth.

5.3 Results

5.3.1 Hydrography

The hydrographical profile for the deep station C4 in mars 2019 is presented in f Figure 4. Temperature was below 2 °C and oxygen saturation around 100% in the whole water column.

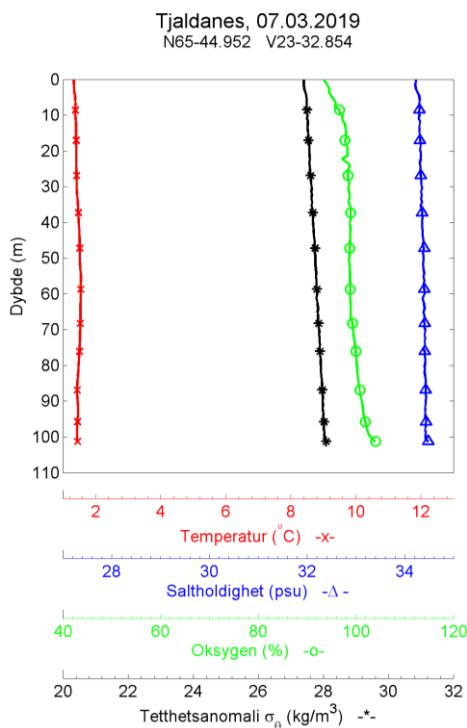


Figure 4. Vertical profiles. Temperature, salinity, density and oxygen at C4 at Tjaldaneseyrar, 2019.

5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, grain size and pH/Eh

The level of total organic material (TOM), total organic carbon (TN), C/N-relationship, grain size distribution in sediment (Pelitt) and pH/Eh in the sediment is presented in Table 11.

TOM-levels varied from 5,3 to 12,4 %. TN-levels were low (1,7 – 3,2 mg/g) and the same was for the C/N-ratio. TOC was rather high at all stations and nTOC varied from 23,4 to 35,3 mg/g TS. The bottom sediments grain size were moderately coarse with pellitt ratio between 30,0 and 49,8 %.

Redox measurements (pH/Eh) gave a grade 0 for all the sampling stations according to Appendix D in NS 9410:2016.

Table 11. Sediment description, TOM (%), TOC (mg/g), TN (mg/g), C/N, grain size distribution (pellitt ratio % <0,063 mm) and pH/Eh. Tjaldaneseeyrar, 2019.

St.	Sediment description	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Clay, Olive green	9,4	19,4	30,3	2,2	8,7	39,7	7,8/ 205
C2	Clay, silt, små stein, skjellsand. Olive green	11,7	21,0	30,4	2,7	7,7	48,0	7,9/ 215
C3	Clay, silt, skjellsand. Olive green	10,2	18,7	29,3	3,1	6,0	41,0	7,8/ 261
C4	Clay. Olive green	12,4	26,3	35,3	3,2	8,2	49,8	7,7/ 175
C5	Clay, sand. Olive green.	5,3	10,5	23,4	1,7	6,3	30,0	7,8/ 274

5.3.3 Copper

The level of copper at station C1 (station closest to farm) is presented in Tabell 12. The concentration was 48,0 mg/kg.

Tabell 12. Sediment analyses. Copper (Cu) in mg/kg TS. C1-station at Tjaldaneseeyrar, 2019.

St.	Cu
C1	48,0

5.3.4 Soft bottom fauna

5.3.4.1 Fauna indexes and ecological classification

Results from the quantitative soft bottom fauna analyses at the C-stations are presented in Table 13. Faunal index nEQR in the table is presented without the density index (DI) in accordance with recommendations from the Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet).

Number of individuals varied from 202 (C3) to 678 (C5) and number of species from 16 (C4) to 34 (C5). The diversity H' varied from 1,38 to 3,02. At all stations, the overall index of nEQR was lower than 0.6. The nEQR values indicates moderate disturbance of the communities.

J (Pielous evenness index) is a measure of how equally individuals are divided between species, and will vary between 0 and 1. A station with low-value has a "crooked" individual distribution between the species, indicating a disturbed bottom fauna community. The index varied from 0,40 to 0,65 which indicates somewhat uneven distribution.

Table 13. Number of species and individuals pr. 0,2 m². *H'* = Shannon-Wieners diversity index. *ES*₁₀₀ = Hurlberts diversity index. *NQII* = overall index (diversity and sensitivity). *ISI*₂₀₁₂ = sensitivity index. *NSI* = sensitivity index. *J* = Pielous evenness index. *AMBI* = AZTI marine biotic index (part of *NQII*). *nEQR* = normalized *EQR* (excl. *DI*). *DI* = density index. C-stations at Tjaldaneseyrar, 2019. Ecological classification base on the observations and values of indexes according to Veileder 02:2018.

St.	Numb. ind.	Numb. species	<i>H'</i>	<i>ES</i> ₁₀₀	<i>NQII</i>	<i>ISI</i> ₂₀₁₂	<i>NSI</i>	<i>nEQR</i>	<i>AMBI</i>	<i>J</i>
C1	369	17	1,72	10,24	0,494	8,65	22,69	0,519	4,05	0,46
C2	362	18	1,74	12,01	0,506	8,37	22,19	0,524	4,00	0,45
C3	202	19	2,09	16,20	0,551	8,51	22,44	0,579	3,81	0,52
C4	337	16	1,38	8,67	0,461	7,82	22,50	0,468	4,22	0,40
C5	678	34	3,02	16,44	0,587	8,28	19,29	0,594	3,45	0,65

I Very good	II Good	III Average	IV Bad	V Very bad
-------------	---------	-------------	--------	------------

5.3.4.2 NS 9410 Evaluation of the bottom fauna at station C1 (local impact zone, inside AZE).

According to NS 9410 can the classification of the environmental status in the local impact zone also be evaluated base on the number of species in relation to their dominance within the bottom fauna community (see chapter 8.6.2 in NS 9410:2016).

The soft bottom communities were classified to environmental condition 2 "Good". The criteria for condition 1 is that there are at least 20 species/0,2 m² and that none of these are in numbers more than 65 % of the individuals (Table 14). The data for number of species and dominating taxa at station C1 is collected from Table 13 and Table 15.

Table 14. Classification of the environmental status of the soft bottom fauna at station C1 at the Tjaldaneseyrar site 2019.

Station	Site name	Num. species	Dominating taxa	Environmental condition-NS 9410
C1	Tjaldaneseyrar	17	Prionospio steenstrupi – 68 %	2 - Good

5.3.4.3 Geometric classes

Figure 6 shows the number of species plotted against the number of individuals, where the number of individuals is divided into geometric classes. For an explanation of the concept of geometric classes it is referred to Appendix 3.

All curves started relatively low (≤ 11 species with one individual) and stretched out to varying degrees towards higher classes. These did not give any clear indications of fauna condition.

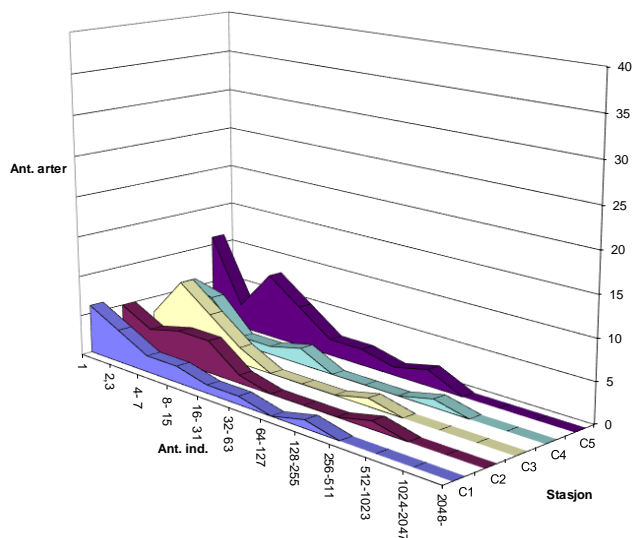


Figure 5. The soft bottom fauna shown as number of species against number of individual's pr. species in geometric classes. Tjaldaneseyrar, 2019.

5.3.4.4 Cluster analyses

To investigate the similarity of the fauna composition between the sampling stations, the multivariate technique cluster analysis was used. The results of this are presented in dendrogram in Figure 7.

The fauna composition of C1 and C4 was 80 % similar, C2 was 74 % similar to these, C3 70 % similar to the three former stations and C5 57% similar to the other stations.

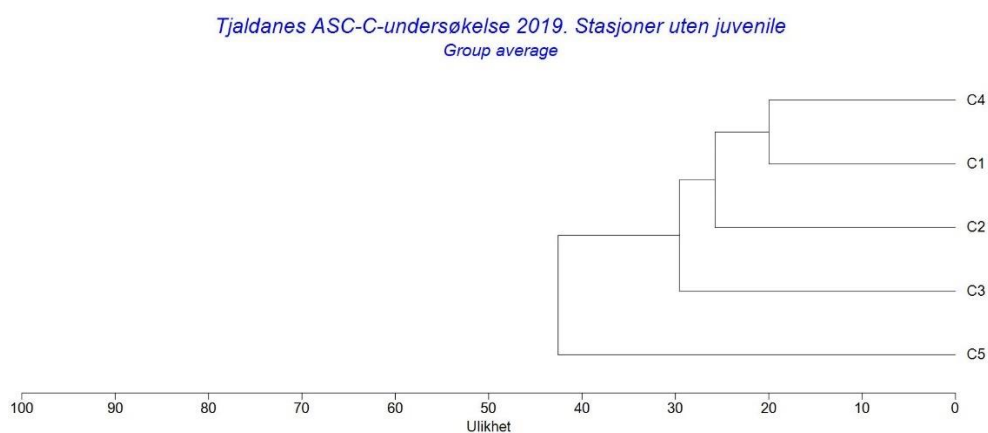


Figure 6. Clusterplott for the soft bottom fauna at the C- sampling stations at Tjaldaneseyrar, 2019.

5.3.4.5 Species composition

Arts Composition

The main features of the species composition are shown in the form of a top ten species list from each station in Table 15.

In Rygg and Norling (2013) the species are divided into five ecological groups (EG) based on the value of the sensitivity index. These groups run from sensitive species (group I) to pollution indicators (group V).

The stations C1, C2, C3 and C4 were dominated by the neutral bristle worm *Prionospio steenstrupi* with between 66 and 76% of the individuals. The other most dominant species of the stations were a mixture of neutral, tolerant and opportunistic species.

On station C5, the opportunistic clam, *Thyasira sarsii*, dominated with 25% of the individuals. The other most dominant species of the station were also a mixture of neutral, tolerant and opportunistic species.

No pollution indicators were recorded among the top-10 on any of the stations.

Table 15. Number of individuals, cumulative percentage and ecological group* for the ten most dominant species on the C stations. Tjaldaneseyrar, 2019.

C1	Numb.	Cum.	EG	C2	Numb.	Cum.	EG
Prionospio steenstrupi	251	68 %	II	Prionospio steenstrupi	263	72 %	II
Ophelina acuminata	50	81 %	II	Chaetozone setosa	27	80 %	IV
Chaetozone setosa	25	88 %	IV	Ampharete borealis	12	83 %	III
Thyasira sarsii	10	91 %	IV	Thyasira sarsii	12	87 %	IV
Melinna cristata	8	93 %	II	Lumbrineris mixochaeta	8	89 %	IV
Ampharete borealis	5	94 %	III	Mediomastus fragilis	8	91 %	IV
Praxillella gracilis	4	95 %	IV	Ampharete finmarchica	7	93 %	II
Ampharete finmarchica	3	96 %	II	Praxillella gracilis	5	94 %	IV
Lumbrineris mixochaeta	3	97 %	IV	Melinna cristata	4	95 %	II
Galathowenia oculata	2	98 %	III	Nuculana pernula	4	96 %	II
C3	Numb.	Cum.	EG	C4	Numb.	Cum.	EG
Prionospio steenstrupi	133	66 %	II	Prionospio steenstrupi	257	76 %	II
Chaetozone setosa	13	72 %	IV	Chaetozone setosa	28	85 %	IV
Ophelina acuminata	10	77 %	II	Ophelina acuminata	23	91 %	II
Thyasira sarsii	7	81 %	IV	Thyasira sarsii	8	94 %	IV
Ampharete finmarchica	5	83 %	II	Mediomastus fragilis	4	95 %	IV
Lumbrineris mixochaeta	5	86 %	IV	Ampharete finmarchica	3	96 %	II
Nuculana pernula	5	88 %	II	Leucon sp.	2	96 %	Ik
Ampharete borealis	4	90 %	II	Lumbrineris mixochaeta	2	97 %	IV
Melinna cristata	3	92 %	II	Nephtys ciliata	2	98 %	III
Ennucula tenuis	2	93 %	II	Praxillella gracilis	2	98 %	IV
C5	Numb.	Cum.	EG				
Thyasira sarsii	170	25 %	IV				
Prionospio steenstrupi	154	48 %	II				
Chaetozone setosa	111	64 %	IV				
Abra nitida	50	71 %	III				
Ampharete petersenae	38	77 %	Ik				
Ennucula tenuis	23	80 %	II				
Nuculana pernula	21	83 %	II				
Ampharete borealis	15	85 %	II				
Galathowenia oculata	12	87 %	III				
Mediomastus fragilis	11	89 %	IV				

*Ecological groups: EG I = sensitive species. EG II = neutral species. EG III = tolerant species. EG IV = opportunistic species. EG V = pollution indicator species. From Rygg and Norling, 2013. Ik = unidentified group.

5.4 Summary and conclusions – C-survey

5.4.1 Summary

The results from the environmental monitoring (type C) at Tjaldaneseýrar, 2019, can be summarized as follows:

- The hydrography measurement showed around 100 % oxygen saturation throughout the water column in March 2019.
- TOC was slightly elevated at all stations and nTOC ranged from 23.4 to 35.3 mg/g TS. TOM- levels ranged from 5.3 to 12.4%. The TN levels were low (1.7 – 3.2 mg/g) and the same was the case for the C/N ratio. The copper level of C1 was a bit high (48.0 mg/kg). The sediment was moderately coarse grain with a pelite share between 30.0 and 49.8%. The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the stations.
- Number of individuals ranged from 202 (C3) to 678 (C5) and the number of species from 16 (C4) to 34 (C5). The diversity index H' ranged from 1.38 to 3.02. At all stations, the overall index of nEQR was lower than 0.6, which indicates moderate disturbance.

5.4.2 Conclusion

The results from the monitoring at the farming site Tjaldaneseýrar in 2019 showed that the sediment was somewhat loaded with organic carbon and the copper concentration was slightly elevated at C1 (48.0 mg/kg) but within natural levels reported for bottom sediment around Iceland (Egilsson et al., 1999). No load effect was recorded in fauna and fauna index nEQR showed moderate impact for all stations (< 0.6). The Diversity index H' was just over 3 on C5 and under 3 at the other stations where it ranged from 1.4 to 2.1. NS 9410:2016-assessment of the community in the local impact zone (C1) showed environmental condition 2 (Good). No pollution indicators were recorded among the top-10 species on any of the stations. The redox measurements (pH/Eh) gave points 0 acc. Appendix D in NS 9410:2016 for all the sampling stations. The oxygen saturation in March was good in the whole water column with 100% in the bottom water.

5.4.3 Environmental trend since the last C- survey

There is no previous survey that is comparable to the present environmental survey at the same stations for Tjaldaneseýrar. Since previous generation at the site the farm was moved further out into the fjord and the monitoring performed during that period (Gallo and Thorsteinsson, 2017) is not comparable to the present survey. In the previous study there were reported negative redox values for two sampling station closest to the farm. The diversity index reported ranged from 1.37 to 2.27 which is in line with the present results with H' in the range from 1.38 to 3.02.

It is difficult to assess the results from previous study against today's results (march, 2019) mainly do to transfer for the fish farm further out and the fact that in the previous study there were difficulties sampling bottom sediments due to hard bottom. In the present survey done after about two year fallout the the environment status must generally be regarded as good at the site. There was reported somewhat high organic loads but without any apparent negative effects on the fauna.

6 References

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018. 139 s.

Egilsson, D, Ólafsdóttir E. D., Yngvadóttir E., Halldórsdóttir H., Sigurðsson F.H., Jónsson G.S., Jensson H., Gunnarsson K., Þráinsson S.A., Stefánsson A., Indriðason H.D., Hjartarson H., Torlaciús J., Ólafsdóttir K., Gíslason S.R. og Svavarsson J. (1999). Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Starfshópur um mengunarmælingar. Mars 1999, 138 s.

Gallo, C. and Thorsteinsson, M., 2017. Vöktun á fiskeldi við Tjaldaneseyrar. Lokaskýrsla 2017, Unnið fyrir Arnarlax. NV nr. 24-17.

Helgeland Havbruksstasjon AS. 2013. Current investigation. Tjaldaneseyrar. In VesturBarðastranarsýsla County. November 2013. Unnið fyrir Arnarlax.

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 macrofauna.

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 Appendix

Appendix 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer (in norwegian)

Hydrografi og oksygen

I henhold til NS 9410 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofilen med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn på den dypeste stasjonen. Målingene ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 202 sonde.

Geokjemiske analyser

Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² grabb (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.

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. Reproduerbarheten 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

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).

Totalt 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 tørrvektsbasis.

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

Kobber (Cu)

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

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

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter.

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

Redoks- og pH målinger

På alle stasjonene ble det utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og oksydasjon/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 for å få Eh-verdien.

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine 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 under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

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.

Kvantitative bunndyranalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. 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 Appendix 2 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 (ES₁₀₀) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI₂₀₁₂), uegnet ved lavt individ/artstall
- 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-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

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

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
nEQR	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

Bunndyrsamfunnet i anleggssonen ble også vurdert i henhold til NS 9410 klassifisering av miljøtilstand, basert på antallet arter og dominansforhold (C-undersøkelsen). I tillegg ble det gjort en vurdering av hvorvidt bunndyrsamfunnene på anleggssonestasjonen oppfylte følgende krav fra ASC-standarden (ASC-undersøkelsen):

"2 highly abundant taxa that are not pollution indicator species"*

**Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)*

Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018. 139 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.

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.

Appendix 2. Prosedyre for beregning av AZE (in norwegian)

I ASC-undersøkelser skal det fastlegges AZE (Allowable Zone of Effect) rundt oppdrettsanlegg som danner utgangspunkt for valg av prøvestasjonsnett. I standarden, som ble laget for skotske forhold, står det at den skal være 30 meter fra merdkanten. På grunn av store dyp og sterk strøm blir dette ikke riktig avstand for norske forhold.

ASC-standarder tillater at en fastlegger en lokalitetsavhengig AZE (site specific AZE). Det er laget en intern AZE kalkulator til formålet for Akvaplan-niva.

Beregning av "site specific" AZE:

På grunn av påvirkning fra strøm og vind og lange fortøyningslinjer er oppdrettsanlegg på svai. En må derfor regne med at fôrpartikler og fiskeavføring vil havne på bunnen i det området der anlegget befinner seg på svai. En AZE må inkludere dette område. Svaier legges til 20 % av dybde, f.eks. for et anlegg med størst dybde på 100 m legges det inn en mulig svai på 20 m i hver retning. Tallet er tidligere brukt av Fiskeridirektoratet ved kontroll av anleggets koordinater. Det stemmer også overens med oppgitt strekk (inntil 10 %) og elastisitet fra fortøyningslinjer.

Videre vil enhver lokalitet ha et eget påvirkningsmønster fra fôrpartikler og fiskeavføring som havner på bunnen, ofte kalt lokalitetens fotavtrykk, som bestemmes av dybde, partiklens synkehastighet og lokalitetens strømforhold. Forventet utstrekning (L) av påvirkningsområdet kan beregnes ved å dele dybde (D) med synkehastighet (V_f) og gange med gjennomsnittlig strømhastighet (V_s) på spredningsstrøm. Synkehastighet er satt til 7,5 cm/s utfra Bannister et al (2016) sin vitenskapelige artikkel der resultatet fra forsøkene var at mellom 60 og 80 % av all feces synker med en hastighet mellom 5 og 10 cm/s.

$L = (V_s) * D / (V_f)$ eksempel 100 m dybde, 7,5 cm/s synkehastighet og 6 cm/s gjennomsnittlig spredningsstrøm

$L = 6 \text{ cm/s} * 10000 \text{ cm} / 7,5 \text{ cm/s} = 80 \text{ m}$.

Med svai på 20% av 100 m = 20 m blir

AZE da $L + \text{svai} = 80 \text{ m} + 20 \text{ m} = 100 \text{ m}$

D og (V_s) hentes fra lokalitetsrapport.

Referanse:

Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsw027

Appendix 3. Bunndyrstatistikk og artslister (in norwegian)

Diversitetsmål

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

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

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

der n_i = antall individer av art i i prøven
 N = total antall individer
 s = antall arter

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

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

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

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

Hurlberts diversitetskurver

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

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

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

der N = total antall individ i prøven
 N_i = antall individ av art i
 n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)
 s = total antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv., slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2, \dots$. En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

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

normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og 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:

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

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 Tjaldanes, 2019:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	1948	369	362	202	337	678
no. spe.	40	17	18	19	16	34

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	1948	166	203	171	191	107	95	137	200	501	177
no. spe.	40	12	15	16	13	18	15	9	13	31	19
Shannon-Wiener:		1,7	1,8	1,8	1,7	2,3	1,9	1,3	1,4	3,4	2,6
Pielou		0,46	0,46	0,45	0,45	0,54	0,49	0,42	0,39	0,69	0,61
ES100		10	10	13	11	17	15	8	10	18	15
SN		1,52	1,62	1,69	1,55	1,87	1,79	1,38	1,54	1,88	1,79
ISI-2012		8,69	8,62	8,46	8,28	8,44	8,59	7,99	7,66	8,23	8,33
AMBI		4,03	4,071	3,944	4,052	3,764	3,846	4,27	4,168	3,124	3,771
NQI1		0,49	0,50	0,52	0,49	0,56	0,54	0,44	0,48	0,62	0,55
NSI		22,8	22,6	22,3	22,1	22,1	22,8	22,3	22,7	18,3	20,3

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	1,72	1,74	2,09	1,38	3,02
Pielou	0,46	0,45	0,52	0,40	0,65
ES100	10,2	12,0	16,2	8,7	16,4
SN	1,57	1,62	1,83	1,46	1,84
ISI-2012	8,65	8,37	8,51	7,82	8,28
AMBI	4,051	3,998	3,805	4,219	3,448
NQI1	0,49	0,51	0,55	0,46	0,59
NSI	22,69	22,19	22,44	22,50	19,29
Tilstandsklasse nEQR	0,519	0,524	0,579	0,468	0,594

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	6	5	3	6	11
2,3	4	3	8	5	3
4-7	2	4	5	1	8
8-15	2	4	2	1	5
16-31	1	1	0	2	2
32-63	1	0	0	0	2
64-127	0	0	0	0	1
128-255	1	0	1	0	2
256-511	0	1	0	1	0
512-1023	0	0	0	0	0
1024-2047	0	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artliste

Tjaldaneseyrar ASC-C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
NEMERTINI						
			Nemertea indet.		1	1
ANNELIDA	Polychaeta	Spionida				
			Prionospio steenstrupi	119	132	251
			Tharyx killariensis		1	1
			Chaetozone setosa	5	20	25
		Capitellida				
			Mediomastus fragilis	1	1	2
			Praxillella gracilis	3	1	4
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	19	31	50
		Phyllodocida				
			Nephtys ciliata		1	1
		Eunicida				
			Lumbrineris mixochaeta	2	1	3
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	2		2
		Terebellida				
			Ampharete borealis	3	2	5
			Ampharete finmarchica	2	1	3
			Melinna cristata	2	6	8
		Sabellida				
			Euchone papillosa	1		1
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoida				
			Nuculana pernula		1	1
		Veneroida				
			Thyasira sarsii	7	3	10
			Abra nitida		1	1
ECHINODERMATA	Asteroidea					
			Asteroidea indet. juv.		1	1
				Maks:	119	132
				Antall:	12	16
				Sum:		370

Stasjonsnr.: C2

NEMERTINI

			Nemertea indet.	1	2	3
ANNELIDA	Polychaeta	Spionida				
			Prionospio steenstrupi	124	139	263
			Spio limicola		1	1
			Chaetozone setosa	12	15	27
		Capitellida				
			Mediomastus fragilis	4	4	8
			Praxillella gracilis	3	2	5
		Opheliida				
			Ophelina acuminata		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
		Phyllococida	Nephtys ciliata	1	1	2	
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	4	4	8	
			Parougia eliasoni	1		1	
		Terebellida	Ampharete borealis	5	7	12	
			Ampharete finmarchica	3	4	7	
			Melinna cristata	2	2	4	
		Sabellida	Euchone papillosa	2		2	
MOLLUSCA	Bivalvia	Nuculoidea	Nuculana pernula	4		4	
		Veneroidea	Thyasira sarsii	3	9	12	
			Macoma calcarea	1		1	
		Myoidea	Hiatella arctica	1		1	
ECHINODERMATA	Ophiuroidea		Ophiuroidea indet. juv.		1	1	
				Maks:	124	139	263
				Antall:	16	14	19
				Sum:			363

Stasjonsnr.: C3

NEMERTINI

			Nemertea indet.	2		2
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida	Scoloplos armiger	2		2
		Spionida	Prionospio steenstrupi	67	66	133
			Chaetozone setosa	12	1	13
		Capitellida	Mediomastus fragilis	1	1	2
		Opheliida	Ophelina acuminata	2	8	10
		Phyllococida	Eteone flava/longa		1	1
			Nephtys ciliata	1		1
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	2	3	5
		Terebellida	Ampharete borealis	1	3	4
			Ampharete finmarchica	4	1	5
			Melinna cristata	1	2	3
			Laphania boeckii	1		1
			Terebellides sp.	1	1	2
		Sabellida	Euchone papillosa	1	1	2
MOLLUSCA	Prosobranchia	Neogastropoda	Propebela sp.	1	1	2
	Bivalvia	Nuculoidea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Ennucula tenuis	1	1	2
			Nuculana pernula	4	1	5
		Veneroidea	Thyasira sarsii	3	4	7
			Maks:	67	66	133
			Antall:	18	15	19
			Sum:			202

Stasjonsnr.: C4

NEMERTINI

		Nemertea	indet.		1	1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	104	153	257
			Chaetozone setosa	16	12	28
		Capitellida				
			Mediomastus fragilis		4	4
			Praxillella gracilis		2	2
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	7	16	23
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1		1
			Nephtys ciliata	1	1	2
		Eunicida				
			Lumbrineris mixochaeta		2	2
		Oweniida				
			Galathowenia oculata		1	1
		Terebellida				
			Ampharete borealis	1		1
			Ampharete finmarchica		3	3
		Sabellida				
			Euchone papillosa	1		1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.	1	1	2
		Amphipoda				
			Rhachotropis sp.		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Veneroidea				
			Thyasira sarsii	5	3	8

Maks: 104 153 257
Antall: 9 13 16
Sum: 337

Stasjonsnr.: C5

NEMERTINI

		Nemertea	indet.	1	1	2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos armiger	1		1
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	71	83	154
			Aphelochaeta sp.	1		1
			Chaetozone setosa	83	28	111

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Capitellida				
			Mediomastus fragilis	9	2	11
			Praxillella gracilis	7	2	9
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	1	3	4
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	5		5
			Pholoe assimilis	2		2
			Nephtys ciliata	4		4
		Eunicida				
			Lumbrineris mixochaeta	5	2	7
			Parougia eliasoni		1	1
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	9	3	12
		Terebellida				
			Ampharete borealis	13	2	15
			Anobothrus gracilis	1		1
			Ampharete finmarchica	8		8
			Ampharete petersenae	38		38
			Melinna cristata	3		3
			Ampharetidae indet.	1		1
			Laphania boeckii	5		5
		Sabellida				
			Euchone papillosa	3	1	4
			Euchone sp.	1		1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Cumacea indet.		1	1
		Isopoda				
			Pleurogonium spinosissimum	1		1
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira pallida	1		1
		Neogastropoda				
			Propebela sp.		1	1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana minuta	4	1	5
	Bivalvia					
		Nuculoidea				
			Ennucula tenuis	22	1	23
			Nuculana pernula	16	5	21
		Veneroidea				
			Thyasira sarsii	144	26	170
			Macoma calcarea	3	1	4
			Abra nitida	37	13	50
			Bivalvia indet.	1		1
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					
			Asteroidea indet. juv.	2	1	3
	Ophiuroidea					
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1
			Maks:	144	83	170
			Antall:	32	21	36
			Sum:			682

Rekke Klasse Orden Art/Taxa

01 02

Sum

TOTAL:

Maks:

263

Sum:

1954

Appendix 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser (in norwegian)

60976_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_140219



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: Arnarlax
Kunde referanse: Tjaldanes ASC/C og B undersøkelse 2019
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Snorri Gunnarsson

Dato: 19.06.2019

Rapport nr.: 60976
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Anja Sjøvoll

Analyseansvarlig: *Ida Griener Tveter* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Anja Sjøvoll* (sign.)

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

Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

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

Side 1 av 3

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
60976/C1	60976/C1	Sediment	15.05.2019	Korn, TOM, TOC/TN, Cu	15.05.19-03.06.19
60976/C2	60976/C2	Sediment	15.05.2019	Korn, TOM, TOC/TN, 2xCu	15.05.19-03.06.19
60976/C3	60976/C3	Sediment	15.05.2019	Korn, TOM, TOC**/TN**, 2xCu	15.05.19-03.06.19
60976/C4	60976/C4	Sediment	15.05.2019	Korn, TOM, TOC/TN**, 2xCu	15.05.19-03.06.19
60976/C5	60976/C5	Sediment	15.05.2019	Korn, TOM, TOC/TN	15.05.19-03.06.19
60976/Cu.ref1	60976/Cu.ref1	Sediment	15.05.2019	2xCu	24.05.19-03.06.19
60976/Cu.ref2	60976/Cu.ref2	Sediment	15.05.2019	2xCu	24.05.19-03.06.19
60976/Cu.ref3	60976/Cu.ref3	Sediment	15.05.2019	2xCu	24.05.19-03.06.19

** Analysen er uakkreditert

Følgende analysemetoder er benyttet

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

Resultater

	TOC	TN	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	Cu*	N TOC	C/N [#]
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/g TS	
60976/C1	19.4	2.2	9.4	39.7	60.3	48	ia	30.3	8.7
60976/C2	21.0	2.7	11.7	48.0	52.0	44.1	47.4	30.4	7.7
60976/C3	18.7	3.1	10.2	41.0	59.0	44.8	53	29.3	6.0
60976/C4	26.3	3.2	12.4	49.6	50.4	45	56	35.3	8.2
60976/C5	10.8	1.7	5.3	30.0	70.0	ia	ia	23.4	6.3
60976/Cu.ref1	ia	ia	ia	ia	ia	47.5	45.2	ia	ia
60976/Cu.ref2	ia	ia	ia	ia	ia	52.5	49.7	ia	ia
60976/Cu.ref3	ia	ia	ia	ia	ia	52	39.4	ia	ia

* 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

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

ia = ikke analysert

#) TOC-resultat større enn ca 60 mg/g TS kan gi underestimert TN-resultat og derved gi forhøyet C/N-verdi

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