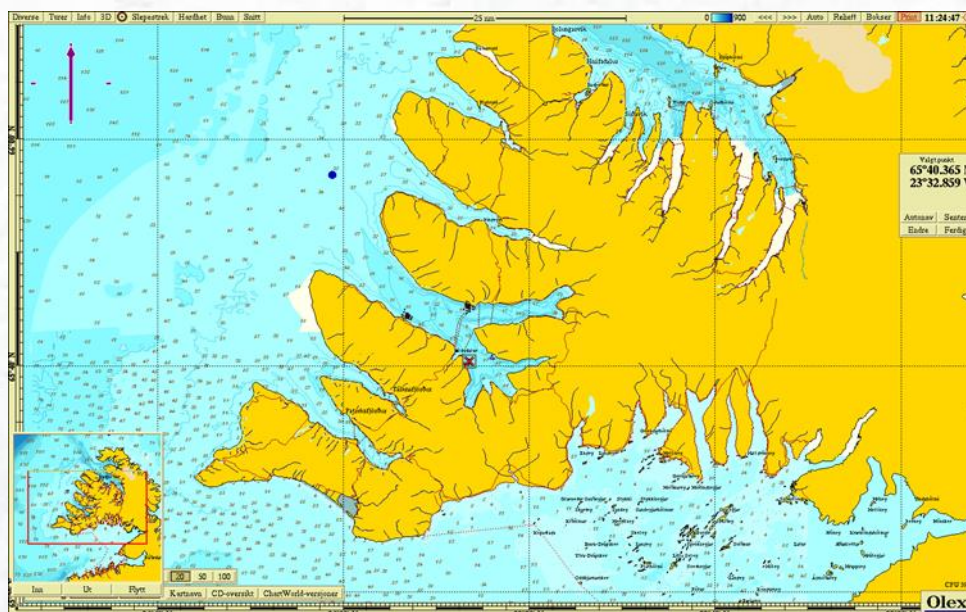


Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Haganes, 2018.



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**

Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Haganes, 2018.

Forfatter(e) / Author(s)

Hans-Petter Mannvik

Snorri Gunnarson

Akvaplan-niva rapport nr / report no

60528.01

Dato / Date

27.02.2019

Antall sider / No. of pages

21 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client


Arnarlax hf., 465 Bíldudal, Island

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Resultatene fra C-undersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Haganes i 2018 viste at sedimentene var noe belastet med organisk karbon og kobberkonsentrasjonen var noe forhøyet på C1. Det ble registrert belastningseffekt spesielt på stasjon C1 og C3 og samlet faunaindeks nEQR viste moderat påvirkning for alle stasjonene (< 0,6). Diversitetsindeksen H' var like over 3,0 på C1 og under 3 på de øvrige stasjonene der den varierte fra 1,7 til 2,4. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen (C1 og C3) viste miljøtilstand 1 (Meget god). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1 og C3, men ikke på de andre stasjonene. Eh-verdiene var positive i sediment fra alle stasjonene Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene.

Prosjektleder / Project manager
Snorri Gunnarson**Kvalitetskontroll / Quality control**
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.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERING	3
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene	3
1.2 Summary of the ASC results	4
1.3 Oppsummering av C-resultatene	5
1.4 Summary of the C results	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og formål.....	7
2.2 Drift og fôrforbruk.....	7
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	9
3.1 Faglig program	9
3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	9
4 ASC-UNDERSØKELSE HAGANES.....	11
4.1 Resultater	11
4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh).....	11
4.1.2 Kobber i sedimenter.....	11
4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser	11
5 C-UNDERSØKELSE HAGANES	14
5.1 Innledning.....	14
5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse.....	14
5.3 Resultater	15
5.3.1 Hydrografi	15
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh.....	16
5.3.3 Kobber	16
5.3.4 Bløtbunnfauna	16
5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse.....	19
5.4.1 Sammenfatning	19
5.4.2 Konklusjon	20
5.4.3 Sammenligning med C-undersøkelsen i 2017	20
6 REFERANSER.....	21
7 VEDLEGG	22
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer	22
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	25
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	26
Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser.....	35
Vedlegg 5. Resultater fra foregående undersøkelse	38

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Haganes. C-undersøkelsen er utført etter i NS 9410:2016. Undersøkelsene har inkludert pH/redoksmålinger (Eh), hydrografi, geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbnunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten. Resultatene fra alle stasjoner inngår i ASC-undersøkelsen og resultatet fra fem stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdragsgiver har vært Arnarlax.


Følgende personer har deltatt:

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

Akvaplan-niva vil takke Arnarlax, Þóra Dögg Jörundsdóttir, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

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

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

Kópavogur, 27.02.2019


Snorri Gunnarson

Prosjektleder

1 Oppsummering

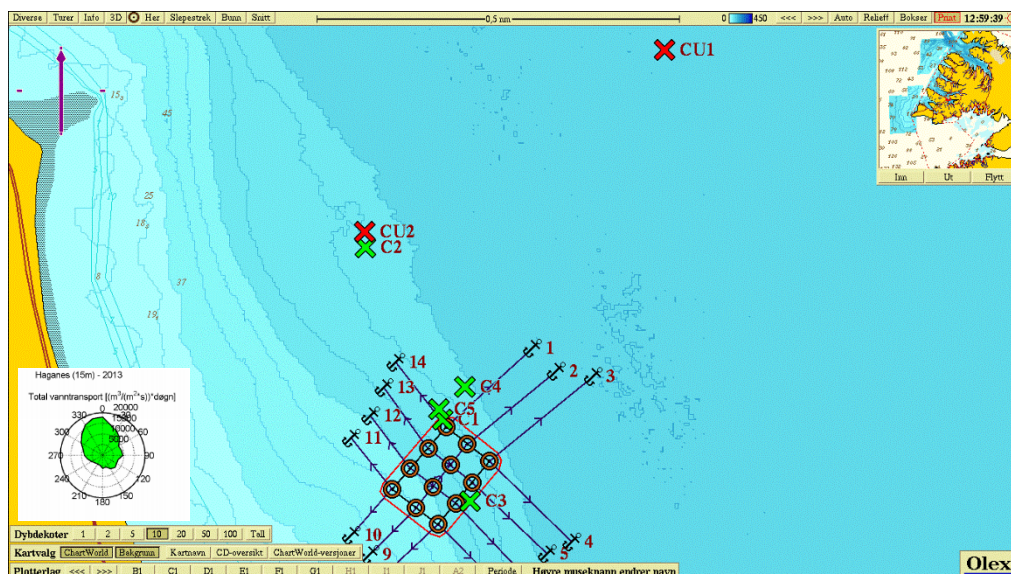
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

Indikator i ASC	ASC krav	Resultater							Kommentarer til prøvetaking
		C1 (i-Inside AZE)	C2 ref (Out side AZE)	C3 (Inside AZE)	C4 (Out side AZE)	C5 (Out side AZE)	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	240	330	90	119	190	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	3,07	2,03	1,71	2,18	2,42	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	14	-	6	-	-	-	-	
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	39,1	45,1/45,1	-	49,8/52,5	44,6/50,1	49,6/44,8	50,2/45,8	
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kapt. 3.2.							

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var forholdsvis høye og mellom 39 og 53 mg/kg i de undersøkte sedimentene. Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene på alle stasjonene. Artsmangfoldet var høyest i bløtbunnsamfunnet fra stasjon C1 med diversitetsindeks H' like over 3 og < 3 på de andre stasjonene. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon C1 og C3) i henhold til ASC-standarden viste at det fantes hhv. 13 og 5 arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m². En vurdering av faunaen på stasjonene innenfor AZE i hht. NS 9410:2016 viste miljøtilstand 1 (Meget god) for bløtbunnsamfunnet på begge stasjonene.

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



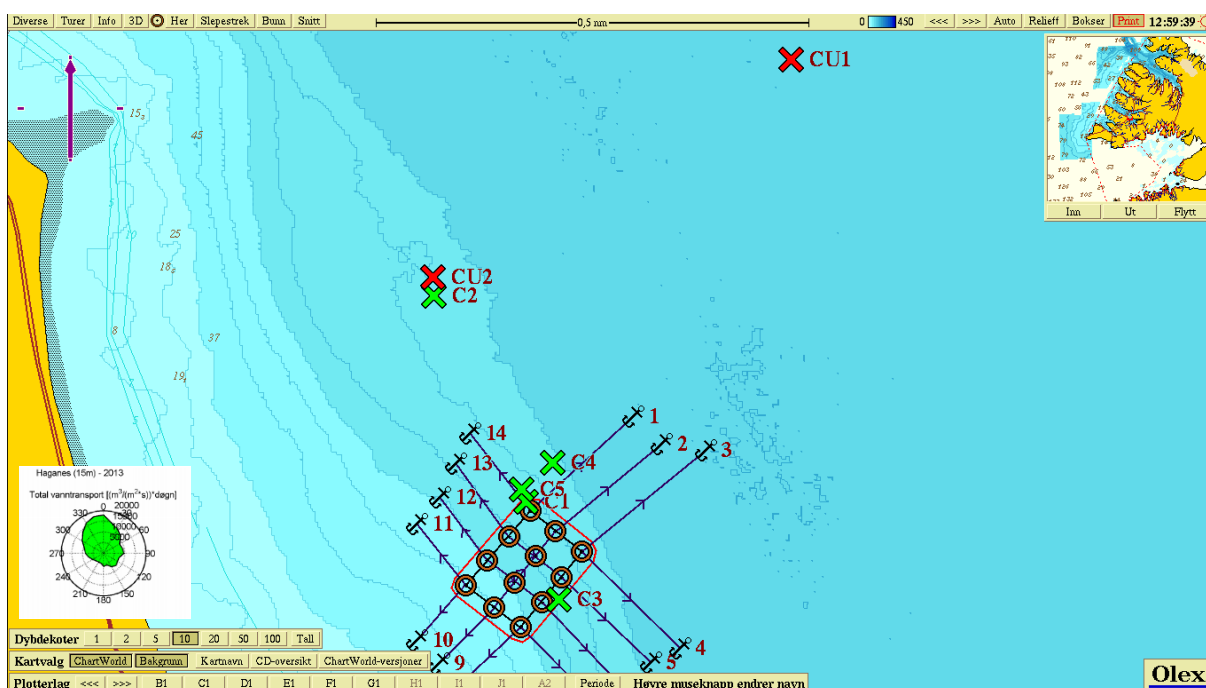
1.2 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results							Remarks of the sampling
		C1 (inside AZE)	C2 ref (Outside AZE)	C3 (Inside AZE)	C4 (Outside AZE)	C5 (Outside AZE)	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	240	330	90	119	190	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	3.07	2.03	1.71	2.18	2.42	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	14	-	6	-	-	-	-	
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	39.1	45.1/45.1	-	49.8/52.5	44.6/50.1	49.6/44.8	50.2/45.8	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper level was relatively high and between 39 and 53 mg/kg in all the sediments. The redox potential (Eh) was positive in all sediments. The faunal diversity was highest at station C1 with the diversity index H' just above 3 and < 3 at the other stations. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations C1 and C3) in accordance to the ASC standard showed that there were 13 and 5 species, respectively, which were not pollution indicator species, present with 100 or more individuals/m². An evaluation of the fauna at the stations within the AZE, in accordance with NS 9410:2016, gave an environmental classification of 1 (Very good) for the community at both stations.


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



1.3 Oppsummering av C-resultatene

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Haganes, 2018.		
Rapport nr.	60528.01	Lokalitet:	Haganes
Lokalitet nr.		Kartkoordinater (anlegg):	65°40.368° N, 23°32.893 V
Fylke:	Vesturbyggd	Kommune:	
MTB-tillatelse:	5000 tonn	Driftsleder:	Rolf Orjan Nordli
Oppdragsgiver:	Arnarlax		


Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 05.09.2018			
Fiskegruppe:	Laks	Biomasse ved undersøkelse:	1608 tonn
Utføret mengde:	3153 tonn	Produsert mengde:	2049 tonn
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:	X	Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:		Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1 (innerst)	0,562	Fauna C1 (innerst)	3,07
Fauna C2 (ytterst)	0,567	Fauna C2 (ytterst)	2,03
Fauna C3	0,381	Fauna C3	1,71
Fauna C4 (dypområde)	0,561	Fauna C4 (dypområde)	2,18
Fauna C5	0,555	Fauna C5	2,42
Dato feltarbeid:	05.09.2018	Dato rapport:	27.02.2019
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			nTOC fra 23,1 – 30,7 (moderat) Kobber 39,1 mg/kg på C1 Eh positiv på alle stasjonene O ₂ -metningen var litt lav i bunnvannet
Ansvarlig feltarbeid:	Snorri Gunnarsson	Signatur:	

1.4 Summary of the C results

Client information			
Title :	C-survey Haganes, 2018.		
Report nr.	60528.01	Location:	Haganes
Location nr.		Map co/ordinates (construction):	65°40.368° N, 23°32.893 V
Fylke:	Vesturbyggð	Kommune:	
MTB-permission:	5000 ton	Operations manager:	Rolf Orjan Nordli
Client:	Amarlax		

Biomass/production status at date of investigation 05.09.2018			
Fish group:	Salmon	Biomass on examination:	1608 ton
Feed input:	3153 ton	Produced quantity:	2049 ton
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass	X	Follow up study:	
Fallow:		New location:	

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR (Veileder 02:2018)		Diversity index H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1 (inner)	0.562	Fauna C1 (inner)	3.07
Fauna C2 (outer)	0.567	Fauna C2 (outer)	2.03
Fauna C3	0.381	Fauna C3	1.71
Fauna C4 (deep station)	0.561	Fauna C4 (deep station)	2.18
Fauna C5	0.555	Fauna C5	2.42
Date fieldwork:	05.09.2018	Date of report:	27.02.2019
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)		nTOC from 23,1 – 30,7 (moderate) Copper 39.1 mg/kg at C1 Eh positive at all stations O ₂ -saturation somewhat low in the bottom water.	
Responsible for fieldwork:	Snorri Gunnarsson	Signature:	

2 Innledning

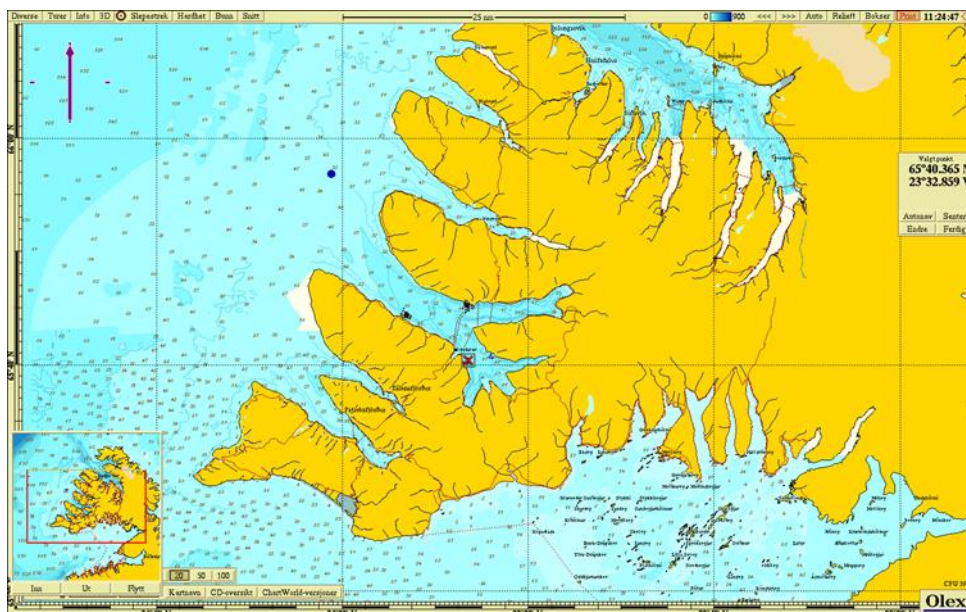
2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC- og C-undersøkelse på lokalitet Haganes i Arnarfjord, Island (Figur 1) ved maksimal biomasse i anlegget. Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere lokaliteten i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden) samt oppfølge krav fra Islandske myndigheter vedrørende miljøovervåking av anlegget. Det er samtidig foretatt en miljøundersøkelse iht. kap 5.0 i NS 9410:2016. Denne følger C-metodikk beskrevet i NS 9410:2016.

Undersøkelsen følger metodikken for miljøundersøkelse beskrevet i ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 og ASC Salmon Standard. Denne rapporten er utarbeidet for å kunne tilfredsstillere kravene fra Aquaculture Stewardship Council (ASC). Prøvetakingsstasjonene er valgt på bakgrunn av resultater fra tidligere strømmålinger gjennomført på 15 meters dyp i anledning lokalitetsundersøkelser, samt bunntopografisk kartlegging ved bruk av Olex.

Metodene ved prøvetaking og analyser oppfyller også krav stilt i ISO 12878. Undersøkelsen er også utført etter overvåkingsplan (sent til Umhverfisstofnun) for å tilfredsstillere krav i lokalitetsstillatelse fra Islandske myndigheter.

Figur 1. Oversiktskart over Arnarfjörður med plassering av lokaliteten Haganes (rødt kryss). Koordinater for anleggets senterpunkt er angitt i bildets høyre kant.



2.2 Drift og fôrforbruk

Anlegget er en rammefortøyning med 2 x 3 bur, totalt 6 merder på 120 meters omkrets. Lokaliteten har vært i drift siden juni 2017 etter at det ble satt ut smolt (G 2016). På undersøkelsestidspunktet var stående biomasse på ca. 1.608 tonn laks fordelt på 6 merder (Jörundsdóttir pers. medd). Tidligere produksjon ved lokaliteten ble slaktet vår/tidlig sommer 2016 (Gallo et al, 2017). Lokaliteten hadde da vært brakklagt i ca. 1 år før denne nåværende generasjonen ble satt ut. Produksjonen var for denne forrige generasjonen; 2414 tonn laks med et tilhørende fôrforbruk på 3342 tonn (Jörundsdóttir pers. medd).

På Island gis ikke MTB-grense på lokalitetsnivå (maksimal tillatt biomasse) slik som i Norge. MTB-grense bestemmer hvor mye levende fisk innehaveren av tillatelsen kan ha stående i sjøen til enhver tid. MTB reguleres på to nivå; lokalitetsnivå og selskapsnivå. Arnarlax er tildelt en

MTB på selskapsnivå de kan produsere i flere anlegg i Arnarfjordur. Til Haganes er planlagt maks stående mengde fisk i sjøen til denne generasjon 2250 tonn og det tallet brukt vedrørende anslag av antall prøvestasjoner (Jörundsdóttir pers medd.).

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har foretatt tidligere miljøundersøkelser i området før utsett av den nåværende generasjon laks i anlegget med prøvetakings dato 27. juni 2017 (Mannvik og Eriksen, 2018). Oppdragsgiver har fremlagt en lokalitetsspesifikk miljøundersøkelse rettet mot Haganes tatt ved maks biomasse (Gallo & Thorsteinsson, 2017). Det er også foretatt andre perifere undersøkelser i Arnarfjordur, men ikke tilknyttet Haganes.

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 ASC-standarden og NS 9410 (C-undersøkelser). En oversikt over planlagt faglig program er gitt i Tabell 1.

For gjennomføring og opparbeiding er gjeldende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet (se Vedlegg 1 og 2).

Tabell 1. Planlagt faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Haganes, 2018. TOC = total organisk karbon. Korn = kornfordeling. TOM = total organisk materiale. TN = total nitrogen. Cu = kobber. pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. C1, C2, C3, C4 og C5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Type analyse/parametere
Fauna C1 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
Fauna C2 (fjernstasjon utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
Fauna C3 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
Fauna C4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
Fauna C5 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
Cu 1	2 x Cu
Cu 2	2 x Cu

Feltarbeidet ble gjennomført 05.09.2018.

3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE

ASC-standarden tar rede for en AZE sone (Allowable Zone of Effect) på 30 m rundt anlegget som ble anvendt ved denne undersøkelsen.

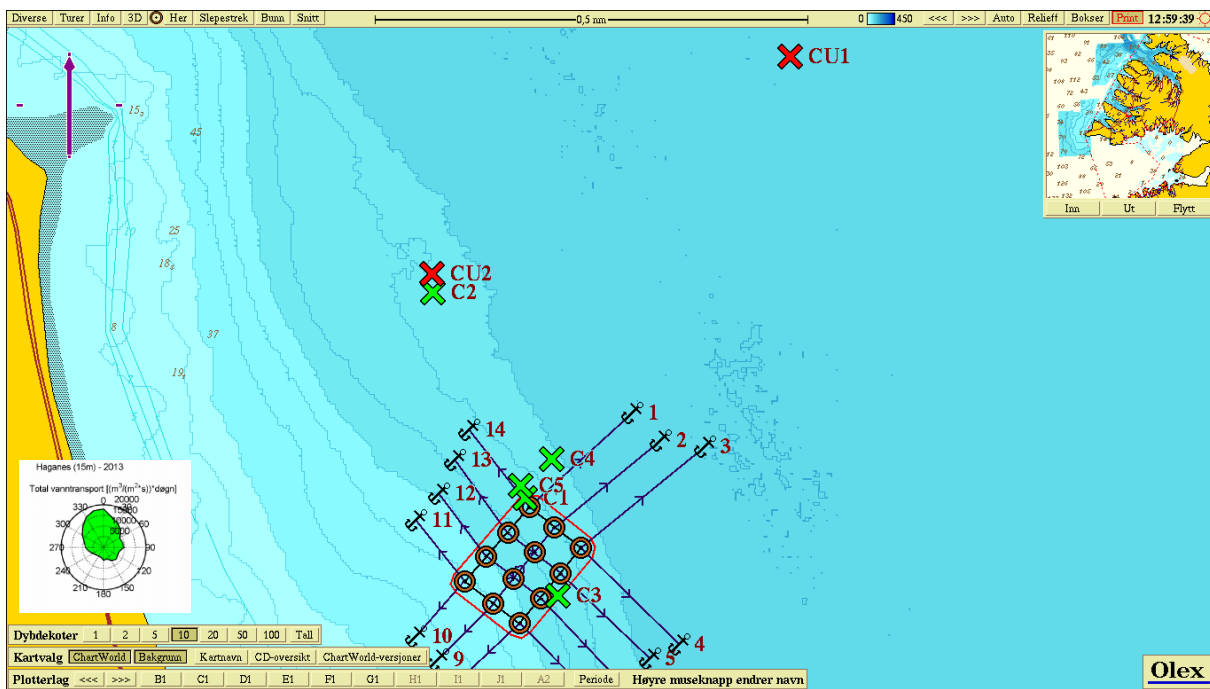
Med bakgrunn i prøvetakingssystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det samlet inn prøver fra fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført på spredningsdyp (15 m) ved lokaliteten (Eriksen, 2017).

Koordinater, dyp og stasjonsnettet for prøvetaking er vist i Tabell 2 og Figur 2.

Tabell 2. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Haganes, 2018. C1, C2, C3, C4 og C5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon
C1	77	25	N 65°40,445 – V 23°32,890
C2	82	500	N 65°40,683 – V 23°33,148
C3	71	25	N 65°40,332 – V 23°32,797
C4	87	115	N 65°40,490 – V 23°32,816
C5	76	55	N 65°40,519 – V 23°32,779
Cu1	98	1100	N 65°40,956 – V 23°32,148
Cu2	82	500	N 65°40,683 – V 23°33,148



Figur 2. Stasjonskart, ASC Haganes, 2018. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 30 m fra rammen til anlegget. Spredningsstrøm er målt på 15 meters dyp (Eriksen, 2017).

4 ASC-undersøkelse Haganes

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)

Tabell 3 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene redoksmålingene på stasjonene. Eh viste positive verdier på alle stasjonene.

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner Haganes, 2018.

St.	Sedimentbeskrivelse	Eh
C1	Lys/grå farge, silt og sand, noen lukt, en del tomme skjell (2 bomskudd pga. stein i kjeft av grabb)	240
C2	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, full grabb	330
C3	Brun farge, sand og skjellsand (hardbunn), noen lukt, ikke nok prøve til kjemi (3 bomskudd)	90
C4	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, (2 bomskudd pga stein i kjeft)	119
C5	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, full grabb	190

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 4. Kobberkonsentrasjonene varierte fra 39,1 til 52,5 mg/kg TS i sedimentet på stasjonene. Analysen ble ikke utført for stasjon C3 (ikke nok prøvemateriale).

Tabell 4. Kobber (Cu), mg/kg TS. ASC Haganes, 2018.

St.	Cu
C1-1	39,1
C2-1	45,1
C2-2	45,1
C4-1	49,8
C4-2	52,5
C5-1	44,6
C5-2	50,1
Cu1-1	49,6
Cu1-2	44,8
Cu2-1	50,2
Cu2-2	45,8

4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H')

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 5. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene i henhold til Veileder 02:2018 finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 398 (C4) til 2521 (C1) og antall arter fra 25 (C4) til 54 (C1). Diversiteten H' varierte fra 1,7 til 3,1.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Haganes, 2018.

St.	Individtall	Ant arter	H'
C1	2521	54	3,07
C2	489	27	2,03
C3	1876	32	1,71
C4	398	25	2,18
C5	451	27	2,42

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonene innenfor AZE (stasjon C1 og C3) oppfylte følgende krav fra ASC-standarden:

"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)

I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i økologiske grupper basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 6.

C1 hadde totalt 14 arter mer enn 100 ind./m² (kun de ti mest dominante er vist i tabellen). En av disse 14 artene er forurensningsindikator (børstemarken *Capitella capitata*).

C3 hadde totalt seks arter mer enn 100 ind./m². En av disse er forurensningsindikator (børstemarken *C. capitata*).

ASC-kravet er dermed innfridd for begge stasjonene.

Tabell 6. Dominerende taksa med individtall per m² på C1 og C3, Haganes, 2018.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C 1	Chaetozone setosa	1110	5550	IV
C 1	Chaetozone sp.	427	2135	III
C 1	Ennucula tenuis	236	1180	II
C 1	Ophryotrocha lobifera	119	595	IV
C 1	Mediomastus fragilis	87	435	IV
C 1	Spio limicola	64	320	Ik
C 1	Axinopsida orbiculata	55	275	Ik
C 1	Capitella capitata	43	215	V
C 1	Euchone sp.	38	190	II
C 1	Prionospio steenstrupi	34	170	III
C 3	Ophryotrocha lobifera	691	3455	IV
C 3	Chaetozone setosa	630	3150	IV
C 3	Chaetozone sp.	194	970	III
C 3	Mediomastus fragilis	136	680	IV
C 3	Capitella capitata	131	655	V
C 3	Scoloplos armiger	22	110	III

*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 økologisk gruppe.

4.1.3.3 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnene i anleggssonen/AZE.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen også baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kapt. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god" (Tabell 7). Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 %.

Tabell 7. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 og C3 (anleggssonen/AZE) i hht. NS 9410:2016 ved lokaliteten Haganes, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand-NS 9410
C 1	Haganes	54	Chaetozone setosa – 44 %	1 – Meget god
C 5	Haganes	32	Ophryotrocha lobifera – 37 %	1 – Meget god

5 C-undersøkelse Haganes

5.1 Innledning

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i overgangssonen. Hoveddelen er en undersøkelse av bunnfaunaen på bløtbunn, som gjennomføres i henhold til ISO 5567-19:2004 og ISO 16665:2014. De obligatoriske parametere som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

Faunaindekser er vist i Vedlegg 1.

Det er ikke utviklet klassifiseringsgrenser for denne type undersøkelser ved kysten av Island og klassifisering av sediment- og faunatilstand tilsvarende det som utføres i Norge er derfor ikke utført. Imidlertid er resultater med de samme indeksene som brukes i Norge gitt her, men det gjøres oppmerksom på at noen av disse (f. eks. NSI) er utviklet for norske forhold. For nærmere beskrivelse av indeksene vises det til Vedlegg 1 og Miljødirektoratets Veileder 02:2018.

5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse

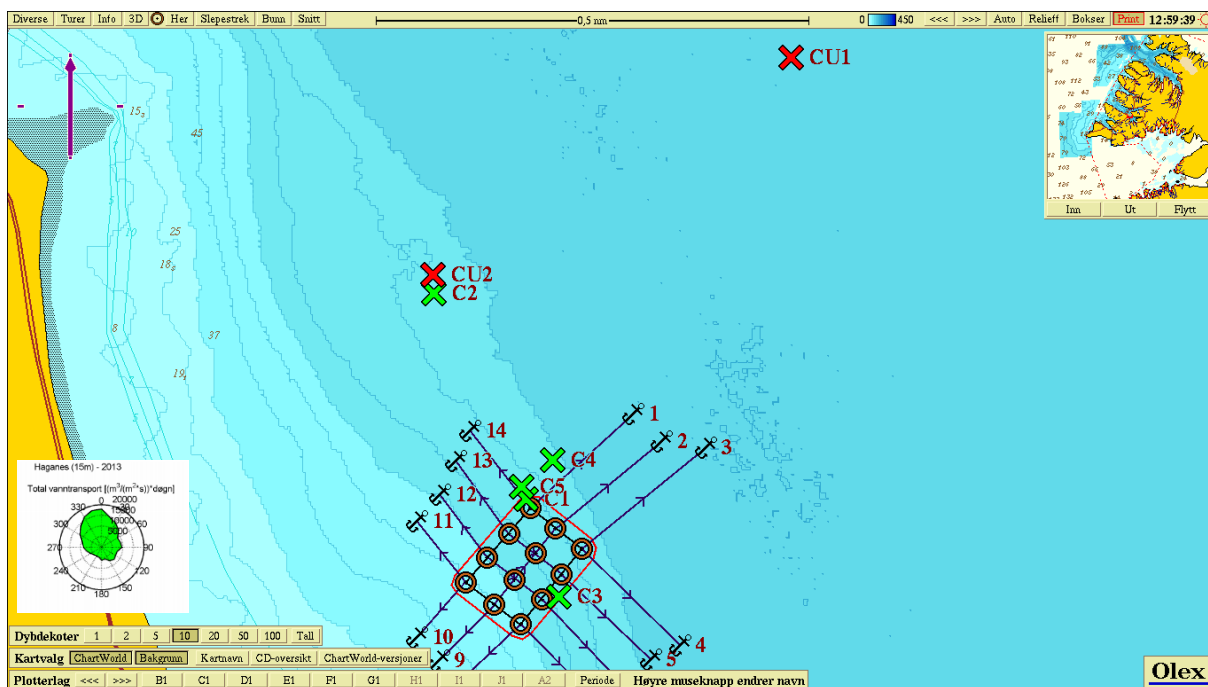
Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for C-undersøkelser (Tabell 8). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens maksimal biomasse, som for denne lokaliteten er 2.250 tonn. Standarden krever da 4 stasjoner men det rapporteres her 5 stasjoner (ekstra stasjon tatt pva. ASC undersøkelse). Stasjonsdyp og posisjoner er gitt i Tabell 9 og vist i Figur 3. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er ved spredningsdyp på 15 meter (Eriksen, 2017).

Tabell 8. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Haganes, 2018. TOC = total organisk karbon, Korn = kornfordeling, TOM = Totalt organisk materiale, TN = Totalt nitrogen, Cu = kobber, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. Hydrografi
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Tabell 9. Stasjonsdyp avstand til merd og koordinater, C-stasjonene ved Haganes, 2018.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon
C1	77	25	N 65°40,445 – V 23°32,890
C2	82	500	N 65°40,683 – V 23°33,148
C3	71	25	N 65°40,332 – V 23°32,797
C4	87	115	N 65°40,490 – V 23°32,816
C5	76	55	N 65°40,519 – V 23°32,779

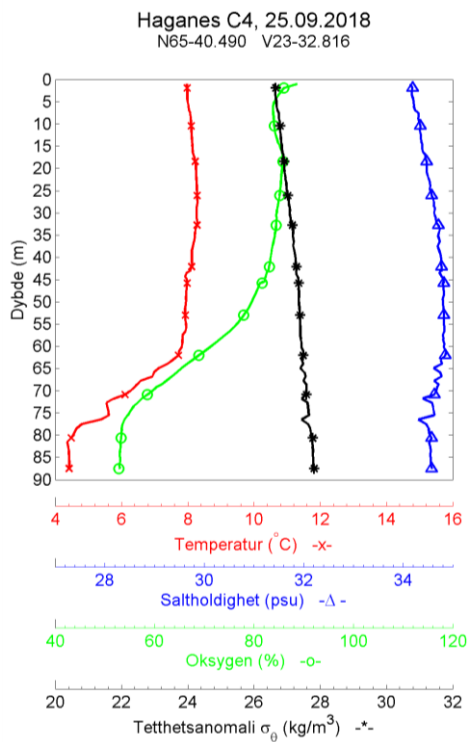


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Haganes, 2018. Spredningsstrøm er målt på 15 m dyp (Eriksen, 2017).

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

Den hydrografiske vertikale profilen for C4 er vist i Figur 4. Temperaturen var 8 °C fra overflaten til omtrent 60 m dyp og sank deretter til 4,5 C i bunnvannet. Oksygenmetningen var 86 % i overflaten og ned til omtrent 40 m dyp og sank deretter til 52 % i bunnvannet.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Haganes, 2018.

5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, 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 10.

TOM-nivåene varierte fra 3,3 til 14,0 %. TN-nivåene var lave (1,8 – 6,4 mg/g) og det samme var C/N-forholdene. TOC var litt forhøyet på alle stasjonene og nTOC varierte fra 23,1 til 30,7 mg/g TS. Sedimentene var moderat grov- til finkornet med pelittandel mellom 15,4 og 77,1 %.

Eh-verdiene var positive i sediment fra alle stasjonene. Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene.

Tabell 10. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Haganes, 2018.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Lys/grå farge, silt og sand, noen lukt, en del død skjell (2 bomskudd pga. stein i kjeft av grabb)	3,3	7,9	23,1	1,8	4,5	15,4	7,6/ 240
C2	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, full grabb	14,0	25,3	30,7	6,4	4,0	70,0	7,7/ 330
C3	Brun farge, sand og skjellsand (hardbunn), noen lukt, ikke nok prøve til kjemi (3 bomskudd)	7,0	15,8	26,3	3,7	4,3	41,9	7,6/ 90
C4	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, (2 bomskudd pga stein i kjeft)	12,2	21,6	25,7	5,1	4,2	77,1	7,6/ 119
C5	Oliven/grå farge, leire og silt, ingen lukt, full grabb	11,5	22,9	27,2	5,4	4,2	76,1	7,7/ 190

* Tilstandsklassifisering (Veileder 02:2013 rev 2015) 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).

5.3.3 Kobber

Kobbernivået i sedimentet på stasjon C1 er presentert i Tabell 11. Nivået var 39,1 mg/kg TS.

Tabell 11. Sedimentanalyser. Kobber (Cu) i mg/kg TS. C-stasjon ved Haganes, 2018.

St.	Cu
C1	39,1

5.3.4 Bløtbunnfauna

5.3.4.1 Faunaindekser

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 12.

Antall individ varierte fra 398 (C4) til 2521 (C1) og antall arter fra 25 (C4) til 54 (C1). På alle stasjonene var den samlede indeksen nEQR lavere enn 0,6. Diversitetsindeksen H' var like over 3,0 på C1 og under 3 på de øvrige stasjonene der den varierte fra 1,7 til 2,4.

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. Indeksen varierte fra 0,39 til 0,58 noen som indikerer forholdsvis ujevn fordeling.

Tabell 12. 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. C-stasjoner ved Haganes, 2018.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	2521	54	3,07	17,8	0,584	7,39	16,8	0,562	3,79	0,56
C2	489	27	2,03	13,8	0,551	8,65	22,6	0,567	3,77	0,47
C3	1876	32	1,71	8,4	0,476	6,57	14,2	0,381	4,40	0,39
C4	398	25	2,18	13,2	0,545	8,56	22,1	0,561	3,79	0,52
C5	451	27	2,42	13,0	0,537	8,38	21,1	0,555	3,86	0,58

5.3.4.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen også baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kapt. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 65 %. (Tabell 13). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 12 og Tabell 14.

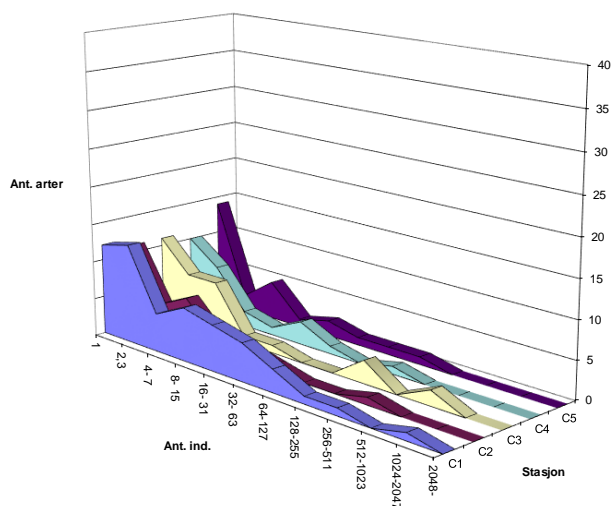
Tabell 13. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 og C3 ved lokaliteten Haganes, 2018.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Haganes	54	Chaetozone setosa – 44 %	1 – Meget god
C3	Haganes	32	Ophryotrocha lobifera – 37 %	1 – Meget god

5.3.4.3 Geometriske klasser

Figur 5 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser. Det vises til Vedlegg 3 for en forklaring av begrepet geometriske klasser.

Alle kurvene startet forholdsvis lavt (< 20 arter med ett individ) og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser. Disse kan, til en viss grad, indikere faunapåvirkning.

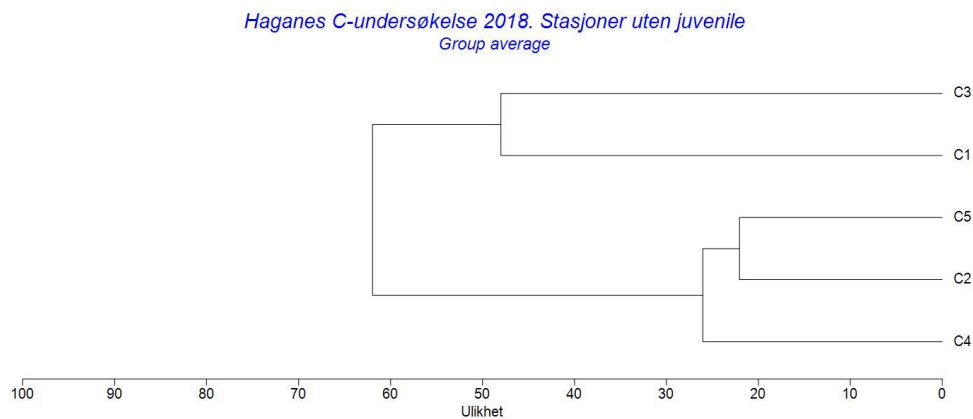


Figur 5. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Haganes, 2018.

5.3.4.4 Clusteranalyse

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet. Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 6.

Stasjonene ble skilt i to hovedgrupper med C1 og C3 i den ene gruppen og resten av stasjonene i den andre. Faunasammensetningen på C1 og C3 var 52 % lik. Stasjon C2, C4 og C5 var mer enn 73 % lik hverandre, mens de to stasjonsgruppene var 37 % lik hverandre.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Haganes, 2018.

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 14.

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 den opportunistiske børstemarken *Chaetozone setosa* med 44 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter sammen med forurensningsindikatoren *Capitella capitata* (børstemark).

På C2, C4 og C5 dominerte den nøytrale børstemarken *Prionospio steenstrupi* med hhv. 67, 61 og 49 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig en blanding av nøytrale, tolerante og opportunistiske arter. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på disse tre stasjonene.

På C3 dominerte den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha lobifera* med 37 % av individene. De andre mest dominante artene på stasjonen var hovedsakelig en blanding av tolerante og opportunistiske arter sammen med forurensningsindikatoren *C. capitata*.

Tabell 14. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på C stasjonene. Haganes, 2018.

C 1	Ant.	Kum.	EG	C 2	Ant.	Kum.	EG
Chaetozone setosa	1110	44 %	IV	Prionospio steenstrupi	333	67 %	II
Chaetozone sp.	427	61 %	III	Chaetozone setosa	35	74 %	IV
Ennucula tenuis	236	70 %	II	Nuculana pernula	24	79 %	II
Ophryotrocha lobifera	119	75 %	IV	Ennucula tenuis	17	82 %	II
Mediomastus fragilis	87	78 %	IV	Ampharete lindstroemi	15	85 %	Ik
Spio limicola	64	81 %	Ik	Chaetozone sp.	10	88 %	III
Axinopsida orbiculata	55	83 %	Ik	Ampharete borealis	7	89 %	III
Capitella capitata	43	85 %	V	Leucon sp.	7	90 %	Ik
Euchone sp.	38	86 %	II	Nuculana sp. juv.	6	92 %	Ik
Prionospio steenstrupi	34	87 %	III	Mediomastus fragilis	5	93 %	IV
C 3	Ant.	Kum.	EG	C 4	Ant.	Kum.	EG
Ophryotrocha lobifera	691	37 %	IV	Prionospio steenstrupi	246	61 %	II
Chaetozone setosa	630	70 %	IV	Chaetozone setosa	46	73 %	IV
Chaetozone sp.	194	81 %	III	Chaetozone sp.	21	78 %	III
Mediomastus fragilis	136	88 %	IV	Ennucula tenuis	21	83 %	II
Capitella capitata	131	95 %	V	Nuculana pernula	19	88 %	II
Scoloplos armiger	22	96 %	III	Ampharete lindstroemi	8	90 %	Ik
Lepeta caeca	8	97 %	Ik	Leucon sp.	6	91 %	Ik
Ennucula tenuis	7	97 %	II	Ampharete borealis	5	93 %	III
Eteone flava/longa	7	97 %	Ik	Nuculana sp. juv.	4	94 %	Ik
Echiurus echiurus	5	98 %	Ik	Ophelina acuminata	3	94 %	II
C 5	Ant.	Kum.	EG				
Prionospio steenstrupi	226	49 %	II				
Chaetozone setosa	91	69 %	IV				
Chaetozone sp.	46	79 %	III				
Ennucula tenuis	18	83 %	II				
Nuculana pernula	16	86 %	II				
Ampharete lindstroemi	11	89 %	Ik				
Nuculana sp. juv.	9	91 %	Ik				
Ampharete borealis	7	92 %	III				
Nephtys ciliata	5	93 %	III				
Chone sp.	4	94 %	I				

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

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Haganes, 2018, kan sammenholdes som følger:

- Hydrografimålingen viste 52 % oksygenmetning i bunnvannet i september 2018.
- TOC var litt forhøyet på alle stasjonene og nTOC varierte fra 23,1 til 30,7 mg/g TS. TOM-nivåene var høye på noen av stasjonene (3,3 – 14,0 %) mens TN var lave i sedimentene fra alle stasjonene og det samme var C/N-forholdet. Kobbernivået på C1 var litt høyt (39,1 mg/kg). Sedimentene var moderat grov- til finkornet med pelittandel mellom 15,4 og 77,1 %. Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene og redoksverdier var positive på alle stasjon.
- Antall individ varierte fra 398 (C4) til 2521 (C1) og antall arter fra 25 (C4) til 54 (C1). På alle stasjonene var den samlede indeksen nEQR lavere enn 0,6. Diversitetsindeksen

H' var like over 3,0 på C1 og under 3 på de øvrige stasjonene der den varierte fra 1,7 til 2,4.

5.4.2 Konklusjon

Resultatene fra C-undersøkelsen ved oppdrettslokaliteten Haganes i 2018 viste at sedimentene var noe belastet med organisk karbon og kobberkonsentrasjonen var noe forhøyet på C1. Det ble registrert belastningseffekt spesielt på stasjon C1 og C3 og samlet faunaindeks nEQR viste moderat påvirkning for alle stasjonene (< 0,6). Diversitetsindeksen H' var like over 3,0 på C1 og under 3 på de øvrige stasjonene der den varierte fra 1,7 til 2,4. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen (C1 og C3) viste miljøtilstand 1 (Meget god). Det ble registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på C1 og C3, men ikke på de andre stasjonene. Redoks var positive på alle stasjon og redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 0 iht. tillegg D i NS 9410:2016 for alle stasjonene.

5.4.3 Sammenligning med C-undersøkelsen i 2017

Det ble utført en C-undersøkelse på lokaliteten i 2017 (Mannvik & Eriksen, 2018; se Vedlegg 5). Konklusjonen i den undersøkelsen var: "*Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen. Eh-verdiene var positive på alle stasjonene. Nivået av TOC var lavt på C1, lett forhøyet på C3 og C5 og tydelig forhøyet på de to andre stasjonene. Bløtbunnsamfunnene var forholdsvis artsfattige på stasjonene. På C1 dominerte en forurensningsindikator, børstemarken Capitella capitata. Denne ble også registrert blant topp-10 på C5, men med få individ. På de fire andre stasjonene var det nøytrale og tolerante børstemarker som var mest dominant.*"

Stasjonsposisjonene er ikke helt identiske i de to undersøkelsene slik at det bare gjøres en generell sammenligning for lokaliteten.

TOC-nivåene er forholdsvis lik i de to undersøkelsene og det samme er kobbernivået nærmest anlegget. Arts- og individantallet har generelt økt siden 2017 og da spesielt på C1 (individantall fra 430 til 2521 og artsantall fra 26 til 54).

6 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.
- Eriksen, S., 2017 Lokalitetsrapport Haganes APN rapport 8803.01
- Gallo, C. & M. Thorsteinsson, 2017. Miljøundersøkelser ved Haganes (på Islandsk).
- ISO 5667-19:2004. Guidance on sampling of marine sediments.
- ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.
- Mannvik, H.-P. & S. Eriksen, 2018. Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Haganes, 2017. APN-rapport 8952.02.
- 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.

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer

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 vekt tap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen

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 ble innhold av totalt 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 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 oppluttet 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

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

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrestre/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert 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 bunndyrsanalyser

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 Vedlegg 2 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
- 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 artsclasser
- 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

Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen i hht kapt. 8.7 i NS9419:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

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*.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., og Hylland, K., 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT veiledning TA-2229/2007. 12 s.

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

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.

Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE

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, partiklernes 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

Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på individfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forenskingsundersøkelser 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 forurensing 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 Haganes, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	5735	2521	489	1876	398	451
no. spe.	73	54	27	32	25	27

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.	5735	1139	1382	243	246	1030	846	185	213	230	221
no. spe.	73	44	44	23	18	25	17	16	21	20	17
Shannon-Wiener:		3,6	2,6	2,2	1,9	2,0	1,4	2,2	2,2	2,3	2,6
Pielou		0,65	0,47	0,49	0,44	0,43	0,35	0,54	0,50	0,53	0,63
ES100		21	14	15	13	10	7	12	14	13	13
SN		1,94	1,91	1,84	1,69	1,66	1,48	1,68	1,81	1,77	1,68
ISI-2012		7,38	7,41	9,13	8,16	6,56	6,59	8,10	9,02	7,97	8,79
AMBI		3,543	4,038	3,71	3,839	4,294	4,496	3,856	3,725	3,972	3,747
NQI1		0,60	0,56	0,57	0,53	0,50	0,45	0,53	0,56	0,54	0,54
NSI		17,2	16,4	22,4	22,8	15,3	13,1	21,7	22,5	21,4	20,8
DI		1,007	1,091	0,336	0,341	0,963	0,877	0,217	0,278	0,312	0,294

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon-Wiener:	3,07	2,03	1,71	2,18	2,42
Pielou	0,56	0,47	0,39	0,52	0,58
ES100	17,8	13,8	8,4	13,2	13,0
SN	1,93	1,77	1,57	1,75	1,72
ISI-2012	7,39	8,65	6,57	8,56	8,38
AMBI	3,791	3,775	4,395	3,791	3,860
NQI1	0,58	0,55	0,48	0,54	0,54
NSI	16,80	22,58	14,17	22,10	21,09
Tilstandsklasse nEQR ¹⁾	0,562	0,567	0,381	0,561	0,555

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	12	11	11	10	14
2,3	13	4	7	7	2
4-7	5	6	7	2	5
8-15	7	2	1	1	1
16-31	6	2	1	3	2
32-63	5	1	0	1	1
64-127	3	0	0	0	1
128-255	1	0	3	1	1
256-511	1	1	0	0	0
512-1023	0	0	2	0	0
1024-2047	1	0	0	0	0
2048-	0	0	0	0	0

Artsliste

Haganes ASC-C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<i>Stasjonsnr.: C1</i>						
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4	3	7
ECHIURIDA						
			Echiurus echiurus	14	8	22
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos armiger	16	18	34
		Cossurida				
			Cossura longocirrata	8	1	9
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	18	16	34
			Spio limicola	52	12	64
			Chaetozone setosa	420	690	1110
			Chaetozone sp.	122	305	427
		Capitellida				
			Capitella capitata	9	34	43
			Mediomastus fragilis	36	51	87
			Arenicola marina		1	1
			Maldanidae indet.	1		1
		Opheliida				
			Ophelina acuminata	12	5	17
			Scalibregma inflatum		2	2
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	4	7	11
			Gattyana amondseni	8	5	13
			Pholoe assimilis	5	3	8
			Microphthalmus szcelkowi	1		1
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys ciliata		1	1
			Nephtys pente	1	1	2
			Sphaerodorum gracilis	1		1
		Eunicida				
			Ophryotrocha lobifera	77	42	119
			Parugia eliasoni	22	4	26
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	7	2	9
		Flabelligerida				
			Brada villosa		1	1
		Terebellida				
			Cistenides hyperborea		1	1
			Lagis koreni		1	1
			Ampharete borealis	6	1	7
			Ampharete lindstroemi		1	1
			Ampharete petersenae	25	5	30
			Ampharetidae indet. juv.	1		1
			Polycirrus medusa		2	2
		Sabellida				
			Euchone sp.	35	3	38
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Leucon sp.	2		2
	Amphipoda		Protomeдея fasciata	1		1
			Lysianassidae indet.	3	2	5
			Paroediceros sp.	1	1	2
			Westwoodilla caecula		2	2
			Oedicerotidae indet.	3		3
			Stenothoidae indet.	2	2	4
	Decapoda					
			Crangonidae indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Neogastropoda				
			Oenopota sp.	3		3
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Retusa obtusa	11	2	13
			Philine denticulata	6	2	8
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	126	110	236
			Nuculana pernula	11	8	19
			Nuculana sp. juv.	3	6	9
			Yoldia hyperborea	1	2	3
		Mytiloida				
			Mytilus edulis	2	1	3
		Veneroida				
			Axinopsida orbiculata	41	14	55
			Thyasira gouldi	2		2
			Thyasira sarsii	4	2	6
			Thyasiridae indet.	2	1	3
			Macoma calcarea	11	6	17
			Abra nitida	2		2
		Myoida				
			Mya sp. juv.	1		1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
			Ophiuroidea indet. juv.	1		1
				Maks:	420	690
				Antall:	48	45
				Sum:		1110
						58
						2533

Stasjonsnr.: C2

NEMERTINI

			Nemertea indet.		1	1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	155	178	333
			Chaetozone setosa	25	10	35
			Chaetozone sp.	3	7	10
		Capitellida				
			Mediomastus fragilis		5	5
			Praxillella gracilis	4	1	5
		Opheliida				
			Ophelina acuminata		1	1
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Gattyana amondseni	1		1
			Nephtys ciliata	2	3	5
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	1		1
		Oweniida	Galathowenia oculata	1	1	2
		Flabelligerida	Diplocirrus longisetosus	1		1
		Terebellida	Ampharete borealis	1	6	7
			Ampharete lindstroemi	7	8	15
			Melinna cristata	2		2
			Laphania boeckii	2	1	3
		Sabellida	Euchone sp.	1	2	3
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea	Leucon sp.	2	5	7
		Amphipoda	Rhachotropis sp.		1	1
			Oedicerotidae indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida	Ennucula tenuis	14	3	17
			Nuculana pernula	13	11	24
			Nuculana sp. juv.	2	4	6
			Yoldia hyperborea	1		1
		Veneroida	Thyasira gouldi	1		1
			Thyasira sarsii	3	2	5
			Thyasiridae indet.	1		1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
			Ophiuroidea indet. juv.	1		1
			Maks:	155	178	333
			Antall:	25	19	29
			Sum:			496

Stasjonsnr.: C3

NEMERTINI

			Nemertea indet.	2		2
PRIAPULIDA						
			Priapulus caudatus	3	1	4
ECHIURIDA						
			Echiurus echiurus	5		5
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida	Scoloplos armiger	21	1	22
		Spionida	Laonice cirrata	1		1
			Prionospio steenstrupi	3		3
			Spio limicola	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
			Chaetozone setosa	621	9	630	
			Chaetozone sp.	184	10	194	
		Capitellida	Capitella capitata	19	112	131	
			Mediomastus fragilis	63	73	136	
			Nicomache minor		1	1	
		Opheliida	Scalibregma inflatum	1		1	
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	5	2	7	
			Eumida sanguinea		1	1	
			Gattyana amondseni	4		4	
			Pholoe assimilis		1	1	
			Syllidae indet.		1	1	
			Nereis zonata		4	4	
			Nephtys ciliata	2		2	
			Nephtys pente	1		1	
		Eunicida	Ophryotrocha sp.		3	3	
			Ophryotrocha lobifera	74	617	691	
			Parugia eliasoni	1	1	2	
		Terebellida	Ampharete octocirrata	1		1	
			Ampharete lindstroemi	1		1	
CRUSTACEA							
	Malacostraca						
		Amphipoda	Caprellidae indet.	1	1	2	
MOLLUSCA							
	Prosobranchia		Archaeogastropoda				
			Lepeta caeca		8	8	
	Opisthobranchia						
		Cephalaspidea	Philine denticulata	1		1	
	Bivalvia						
		Nuculoida	Ennucula tenuis	7		7	
			Nuculana sp. juv.	1		1	
			Yoldia hyperborea	3		3	
		Veneroida	Macoma calcarea	5		5	
				Maks:	621	617	691
				Antall:	26	17	33
				Sum:			1877

Stasjonsnr.: C4

NEMERTINI

			Nemertea indet.	1		1
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Cossurida	Cossura longocirrata	1		1
		Spionida	Prionospio steenstrupi	109	137	246
			Chaetozone setosa	28	18	46
			Chaetozone sp.	13	8	21
		Capitellida	Mediomastus fragilis		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Praxillella gracilis		1	1
		Opheliida	Ophelina acuminata	1	2	3
		Phyllodocida	Nephtys ciliata		1	1
			Nephtys pente		2	2
		Eunicida	Lumbrineris mixochaeta	1	1	2
		Terebellida	Ampharete borealis	1	4	5
			Ampharete lindstroemi	4	4	8
			Melinna cristata		1	1
			Laphania boeckii		1	1
		Sabellida	Chone sp.		1	1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea	Leucon sp.	5	1	6
		Amphipoda	Oedicerotidae indet.	1		1
			Gammaridea indet.	2		2
MOLLUSCA						
	Prosobranchia					
		Neogastropoda	Oenopota sp.		2	2
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea	Retusa obtusa		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoidea	Ennucula tenuis	7	14	21
			Nuculana pernula	9	10	19
			Nuculana sp. juv.	2	2	4
			Yoldia hyperborea	1	1	2
		Veneroidea	Thyasira sarsii	1	2	3
			Maks:	109	137	246
			Antall:	17	22	26
			Sum:			402

Stasjonsnr.: C5

NEMERTINI

			Nemertea indet.	1		1
ECHIURIDA						
			Echiurus echiurus	2		2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida	Prionospio steenstrupi	127	99	226
			Spio limicola	1		1
			Chaetozone setosa	40	51	91
			Chaetozone sp.	25	21	46
		Capitellida	Mediomastus fragilis		1	1
			Praxillella gracilis	1		1
		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				
			Eteone flava/longa	1		1
			Gattyana amondseni	1		1
			Nephtys ciliata	2	3	5
		Eunicida				
			Paradiopatra quadricuspis		1	1
			Lumbrineris mixochaeta	2	1	3
		Oweniida				
			Galathowenia oculata		1	1
		Terebellida				
			Ampharete borealis		7	7
			Ampharete lindstroemi	6	5	11
			Melinna cristata	1		1
		Sabellida				
			Chone sp.	2	2	4
			Euchone sp.	1		1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.		4	4
		Amphipoda				
			Lysianassidae indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula tenuis	8	10	18
			Nuculana pernula	6	10	16
			Nuculana sp. juv.	2	7	9
			Yoldia hyperborea	1		1
		Veneroida				
			Thyasira sarsii	1	3	4
			Abra nitida		1	1
			Maks:	127	99	226
			Antall:	21	18	28
			Sum:			460
				TOTAL:		Maks: 1110
						Sum: 5768

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

60528_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_231118

Analysenr.: 156



Fransenteret
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: Haganes ASC/C undersøkelse Høst 2018
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Snorri Gunnarsson

Dato: 21.02.2019

Rapport nr.: 60528
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Ida G. Tveter

Analyseansvarlig: *Anja Sjøvoll* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Ida G. Tveter* (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 for 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
60528 C1	C1	Sediment	13.09.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	25.09-02.11.18
60528 C2A	C2	Sediment	13.09.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	25.09-02.11.18
60528 C2B	C2	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 C3	C3	Sediment	13.09.2018	Korn, TOM, TOC, TN	25.09-02.11.18
60528 C4A	C4	Sediment	13.09.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	25.09-02.11.18
60528 C4B	C4	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 C5A	C5	Sediment	13.09.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu	25.09-02.11.18
60528 C5B	C5	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 Cu REF 1A	Cu Ref 1A	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 Cu REF 1B	Cu Ref 1B	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 Cu REF 2A	Cu Ref 2A	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18
60528 Cu REF 2B	Cu Ref 2B	Sediment	13.09.2018	Cu	26.10.-02.11.18

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metodererreferanse
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
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

Kundens id.:	TOC **	TN **	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	N TOC	C/N
	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/g TS	
C1	7,9	1,8	3,3	15,4	84,6	39,1	23,1	4,5
C2A	25,3	6,4	14,0	70,0	30,0	45,1	30,7	4,0
C2B	ia	ia	ia	ia	ia	45,1	ia	ia
C3	15,8	3,7	7,0	41,9	58,1	ia	26,3	4,3
C4A	21,6	5,1	12,2	77,1	22,9	49,8	25,7	4,2
C4B	ia	ia	ia	ia	ia	52,5	ia	ia
C5 A	22,9	5,4	11,5	76,1	23,9	44,6	27,2	4,2
C5B	ia	ia	ia	ia	ia	50,1	ia	ia
Cu Ref 1A	ia	ia	ia	ia	ia	49,6	ia	ia
Cu Ref 1B	ia	ia	ia	ia	ia	44,8	ia	ia
Cu Ref 2A	ia	ia	ia	ia	ia	50,2	ia	ia
Cu Ref 2B	ia	ia	ia	ia	ia	45,8	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

** Ikke-akkreditert analyse utført av Akvplan-niva

ia = ikke analysert

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

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter iht. 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

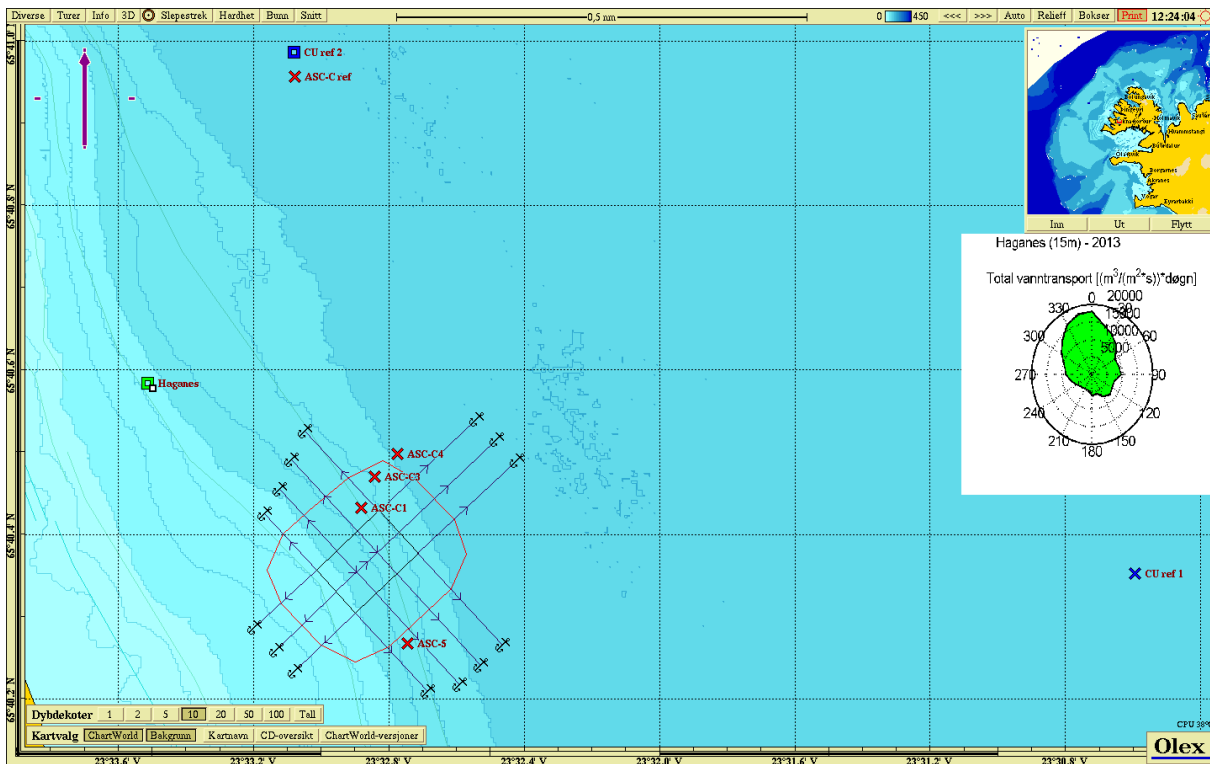
Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

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

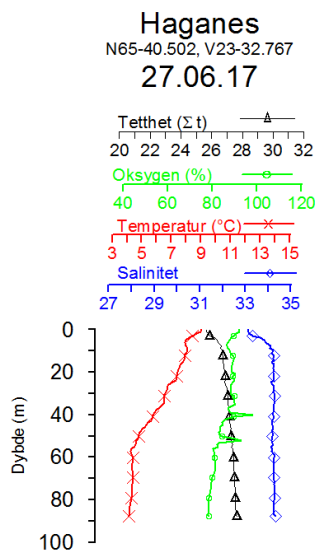
Vedlegg 5. Resultater fra foregående undersøkelse

Stasjonsdyp og -koordinater, C-stasjonene ved Haganes, 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5
Dyp (m)	75	99	81	93	75
GPS	65°40,448 N 23°32,871 V	65°40,980 N 23°33,049 V	65°40,475 N 23°32,840 V	65°40,496 N 23°32,772 V	65°40,263 N 23°32,773 V
Avstand til merd (m)	30	1000	75	130	130



Stasjonskart, C-undersøkelse Haganes, 2017. Strøm er målt på 15 m dyp. ASC-Cref = C2.



Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Haganes, 2017.

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

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Finkornet sand/leire, ingen lukt eller sverting. Mye knuste skjell i prøve	3,1	5,3	19,6	0,7	7,8	21,0	7,6/ 225
C2	Olivengrønn leire, full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	14,0	30,8	31,4	5,3	5,8	96,4	7,79/ 66
C3	Grov skjellsand iblandet stein og knuste skjell, ingen lukt. Lite prøve i grabb	2,2	8,5	20,6	1,1	7,6	32,5	7,7/ 120
C4	Olivengrønn leire med innslag grov skjellsand. Ingen lukt eller sverting. Full grabb men mye vasket ut gjennom 1 mm sikt, lite prøve til analyse	10,2	22,3	27,4	3,7	6,0	72,5	7,68/ 222
C5	Mye stein og grus, ingen lukt. Olivengrønn og sort leire. 1x bomskudd pga stein i grabb	4,3	7,7	20,3	1,2	6,5	29,9	7,7/ 220

* 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).

Sedimentanalyser. Kobber (Cu), mg/kg TS. C1-stasjon ved Haganes, 2017. Tilstandsklassifisering i hht M-608/2016.

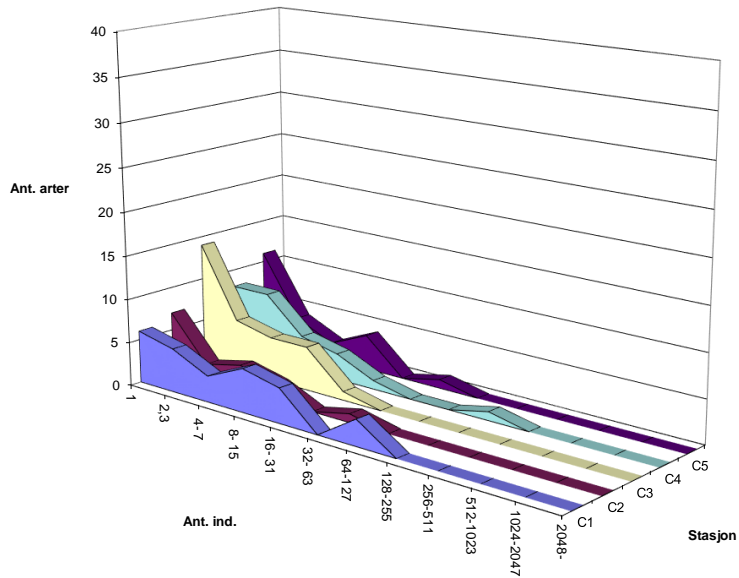
St.	Cu
C1	36,7

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. C-stasjoner ved Haganes, 2017.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	430	26	3,24	17,3	0,563	8,51	18,3	0,592	0,25	3,78	0,73
C2	91	15	2,46	11,5	0,570	9,02	22,5	0,581	0,39	3,27	0,70
C3	132	31	3,93	21,5	0,746	8,49	22,6	0,695	0,26	1,73	0,89
C4	265	25	2,28	15,3	0,559	9,04	23,5	0,601	0,10	3,67	0,56
C5	107	22	3,12	14,0	0,635	10,41	22,7	0,658	0,51	2,69	0,86

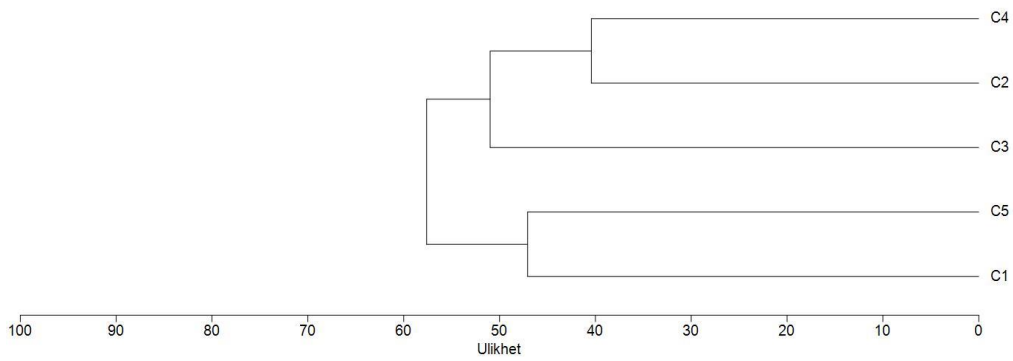
Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 og C3 ved lokaliteten Haganes, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Haganes	26	Capitella capitata - 25 %	1 – Meget god
C3	Haganes	31	Sabellides borealis – 16 %	1 – Meget god



Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Haganes, 2017.

*Haganes C-und. 2017. Stasjoner uten juvenile
Group average*



Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Haganes, 2017.

Antall individer og kumulativ prosent for de ti mest dominerende artene på C-stasjonene. Haganes, 2017.

C1	Ant.	Kum.	C2	Ant.	Kum.
Capitella capitata	109	25 %	Prionospio steenstrupi	47	51 %
Ophelina acuminata	76	43 %	Thyasira sarsii	11	62 %
Chaetozone sp.	75	60 %	Nuculana pernula	8	71 %
Heteromastus filiformis	30	67 %	Ennucula tenuis	5	76 %
Prionospio steenstrupi	21	72 %	Chaetozone sp.	4	81 %
Schistomeringos sp.	17	76 %	Melinna cristata	4	85 %
Sabellides borealis	16	80 %	Ampharete finmarchica	3	88 %
Scoloplos sp.	13	83 %	Crustacea indet. juv.	2	90 %
Ampharetidae indet.	12	86 %	Ophelina acuminata	2	92 %
Ennucula tenuis	11	88 %	Ampharetidae indet.	1	94 %
C3	Ant.	Kum.	C4	Ant.	Kum.
Sabellides borealis	22	16 %	Prionospio steenstrupi	168	63 %
Ennucula tenuis	15	27 %	Chaetozone sp.	21	71 %
Nuculana pernula	14	37 %	Ampharete finmarchica	10	74 %
Ampharetidae indet.	9	43 %	Ennucula tenuis	10	78 %
Galathowenia oculata	8	49 %	Nuculana pernula	9	81 %
Macoma calcarea	8	55 %	Ampharetidae indet.	7	84 %
Thyasira sarsii	7	60 %	Melinna cristata	5	86 %
Nuculana sp. juv.	6	64 %	Stenothoidae indet.	5	88 %
Prionospio steenstrupi	6	69 %	Ophelina acuminata	4	89 %
Euchone southerni	5	72 %	Crustacea indet. juv.	3	90 %
C5	Ant.	Kum.			
Chaetozone sp.	37	35 %			
Ophelina acuminata	13	47 %			
Heteromastus filiformis	10	56 %			
Schistomeringos sp.	9	64 %			
Nephtys pente	8	72 %			
Scoloplos sp.	6	78 %			
Ennucula tenuis	4	81 %			
Capitella capitata	3	84 %			
Ampharete finmarchica	2	86 %			
Macoma calcarea	2	88 %			