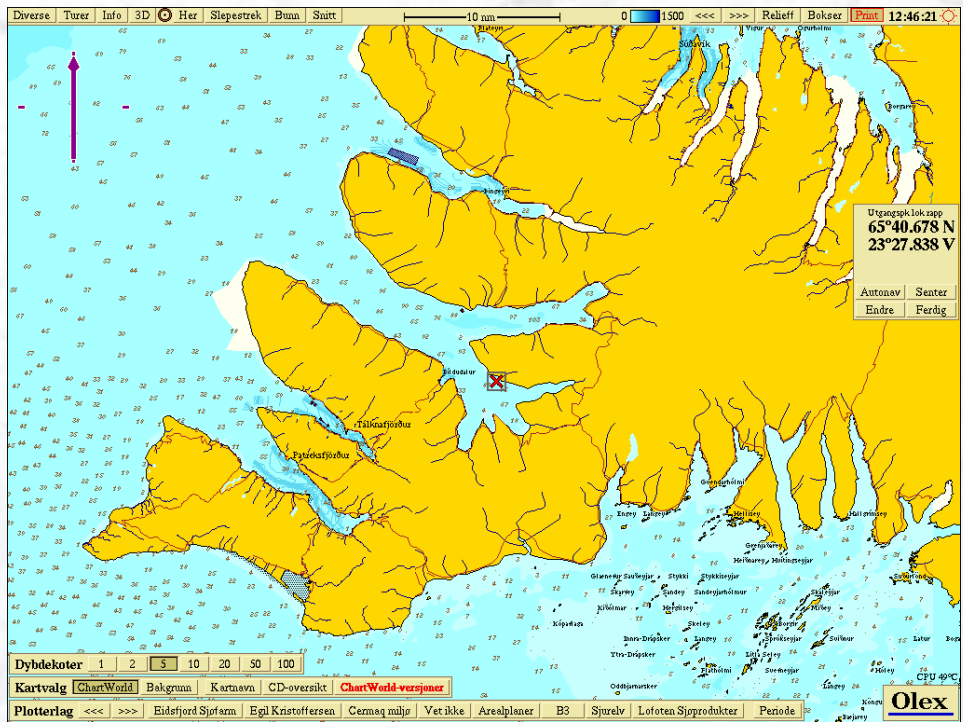


Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017.



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

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

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017.

Forfatter(e) / Author(s)Hans-Petter Mannvik
Steinar Dalheim Eriksen**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

8951.02

Dato / Date

17.09.2018

Antall sider / No. of pages

21 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / ClientArnarlax hf.
465 Bildudal,
Island**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en miljøundersøkelse på lokaliteten Steinanes i juni 2017. Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen ved lokaliteten. Eh-verdiene var positive på alle stasjonene. Sammenlignet med norske forhold var verdiene av normalisert TOC noe høye selv om sedimentene er forholdsvis finkornet. Det samme gjelder nivået av kobber i sedimentet. Eh-målingene i sedimentene viste positive verdier på alle stasjonene. Faunaen på stasjonene var arts- og individfattig og hadde meget lav diversitet ($H' < 1,5$). Det ble ikke registrert noen kjente forurensningsindikatorer, f. eks. børstemarken *Capitella capitata*, blant de mest dominante artene på noen av stasjonene.

Prosjektleder / Project manager

Steinar Dalheim Eriksen

Kvalitetskontroll / Quality control

Roger Velvin

© 2018 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 | 4 |
| 1.1 Oppsummering av ASC-resultatene | 4 |
| 1.2 Summary of the ASC results | 5 |
| 1.3 Oppsummering av C-resultatene | 6 |
| 1.4 Summary of the C results | 7 |
| 2 INNLEDNING | 8 |
| 2.1 Bakgrunn og formål..... | 8 |
| 2.2 Drift | 8 |
| 2.3 Tidligere undersøkelser | 9 |
| 3 MATERIALE OG METODE..... | 10 |
| 3.1 Faglig program | 10 |
| 3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE..... | 10 |
| 4 ASC-UNDERSØKELSE STEINANES | 12 |
| 4.1 Resultater | 12 |
| 4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)..... | 12 |
| 4.1.2 Kobber i sedimenter..... | 12 |
| 4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser | 12 |
| 5 C-UNDERSØKELSE STEINANES | 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..... | 15 |
| 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 |
| 6 REFERANSER..... | 21 |
| 7 VEDLEGG | 22 |
| Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer brukt i Norge | 22 |
| Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE | 25 |
| Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister | 26 |
| Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser..... | 32 |

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Steinanes. C-undersøkelsen er utført etter i NS 9410:2016, og inngår som del av en forundersøkelse av ny lokalitet iht. kap. 5.0. Det er i den anledning satt en egen referansestasjon ca. 1 km unna anlegget. Undersøkelsene har inkludert pH/redoksmålinger (Eh), hydrografi, geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten. Resultatene fra alle stasjoner inngår i ASC-undersøkelsen og resultatet fra fem stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdrags giver har vært Arnarlax.

Følgende personer har deltatt:


| | | |
|---------------------|---------------|--|
| Steinar D. Eriksen | 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). |
| Vera Remen | Akvaplan-niva | Koordinering av bunndyrsortering. |
| Ingar H. Wasbotten | Akvaplan-niva | Koordinering av geokjemiske analyser. |

Akvaplan niva vil takke Arnarlax, Gaute Hilling, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med følgende underleverandører

- ALS Laboratory Group, Tsjekkia

| | |
|---|--|
|  <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p> | <p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for feltinnsamlinger av sediment og fauna, analyser av TOC, TOM, TN, kornstørrelse, makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akkrediteringen er 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> |

Denne rapporten er versjon nummer 2 for undersøkelsen på Steinanes. Verdien for redoksmålinger er korrigerert på grunn av feil i avlesning av verdier fra ORP til Eh i forhold til referanseelektroden. Den korrekte konverteringen innebærer en økning av notert Eh-verdi med 200 mV. Dette er nå innarbeidet i alle tabeller og konklusjoner i rapport versjon 2.

Tromsø, 17.09.2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Steinar D. Eriksen', with a long horizontal flourish extending to the right.

Steinar Dalheim Eriksen

Prosjektleder

1 Oppsummering

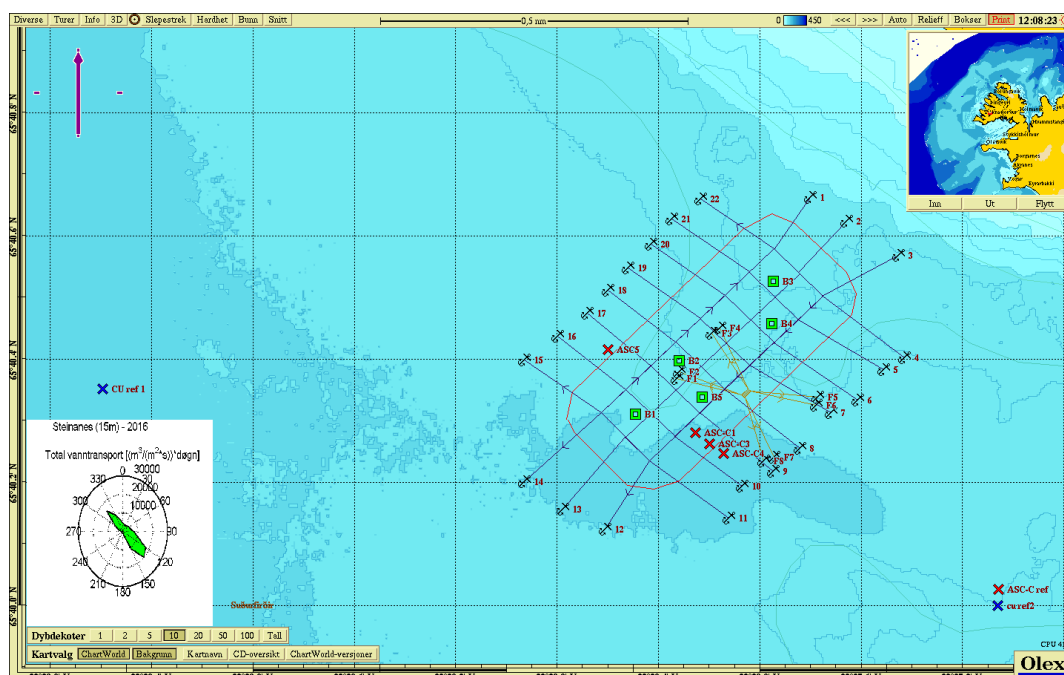
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

| Indikator i ASC | ASC krav | Resultater | | | | | | | Kommentarer til prøvetaking |
|-----------------|---|---------------|---------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| | | St 1 | St 2 | St 3 | St 4 | St 5 | Cu1 | Cu2 | |
| 2.1.1 | Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L | 105 | 110 | 120 | 155 | 90 | - | - | |
| 2.1.2 | «Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3 | 1,25 | 1,46 | 1,10 | 1,21 | 1,29 | - | - | |
| 2.1.3 | >= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ² | 1 | | 1 | | | | | |
| 4.7.4 | Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff | - | 46,8/ 47,0 | - | 50,1/ 49,9 | 51,9/ 49,4 | 51,5/ 51,8 | 46,8/ 47,0 | |
| 2.1.4 | Lokalspesifikk AZE | Se kapt. 3.2. | | | | | | | |

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var høye og over 34 mg/kg i alle undersøkte sedimenter. Redokspotensialene (Eh) var positive i sedimentene på alle stasjonene. Artsmangfoldet var lavt i bløtbunnsamfunnet fra alle stasjonene med diversitetsindeks $H' < 3$. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon 1 og 3) i henhold til ASC-standarden viste at det ikke fantes to eller flere arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m². En vurdering av faunaen på stasjonene innenfor AZE iht. NS 9410:2016 viste miljøtilstand 2 for begge bløtbunnsamfunnene.

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



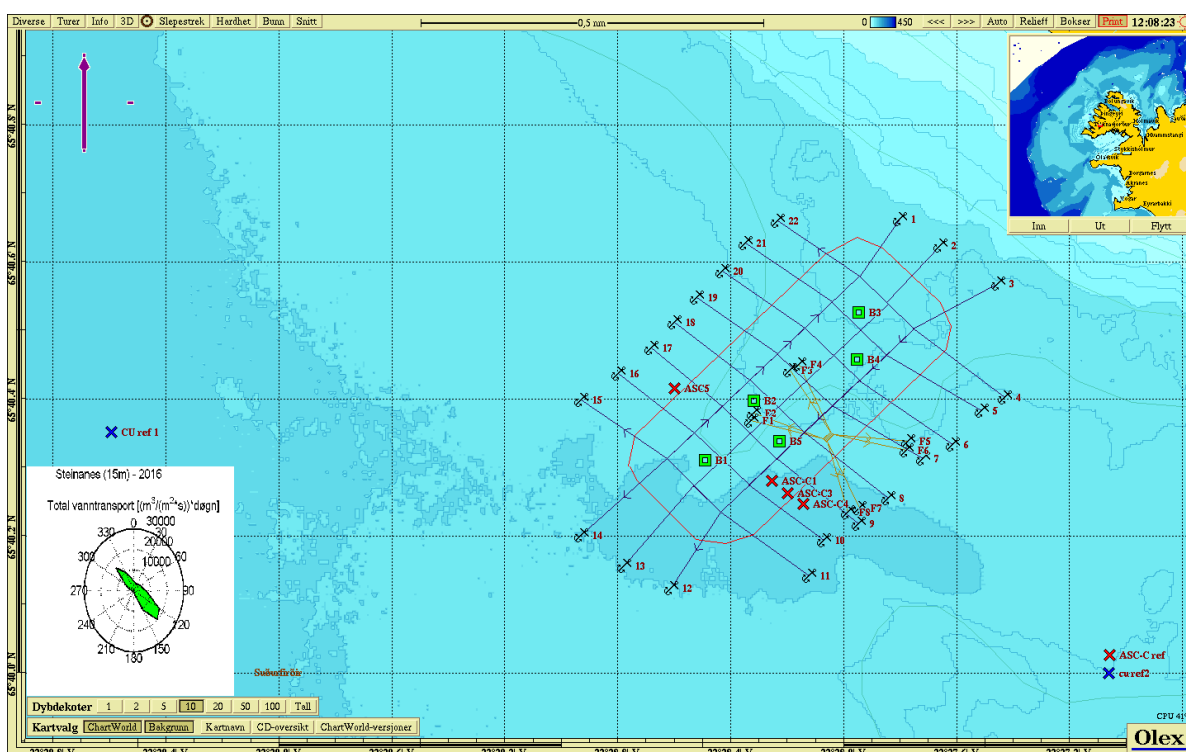
1.2 Summary of the ASC results

| Indicator in ASC | ASC demand | Results | | | | | | | Remarks of the sampling |
|------------------|---|------------------|---------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|
| | | St 1 | St 2 | St 3 | St 4 | St 5 | Cu1 | Cu2 | |
| 2.1.1 | Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L | 105 | 110 | 120 | 155 | 90 | - | - | |
| 2.1.2 | «Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3 | 1.25 | 1.46 | 1.10 | 1.21 | 1.29 | - | - | |
| 2.1.3 | >= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present | 1 | | 1 | | | | | |
| 4.7.4 | Copper level < 34 mg/kg dry sediment | - | 46.8/ 47.0 | - | 50.1/ 49.9 | 51.9/ 49.4 | 51.5/ 51.8 | 46.8/ 47.0 | |
| 2.1.4 | Location specific AZE | See chapter 3.2. | | | | | | | |

Conclusions:

The copper level was high and above 34 mg/kg in all the sediments. The redox potential (Eh) was positive in the sediments at all stations. The faunal diversity was low at all stations with the diversity index $H' < 3$. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations 1 and 3) in accordance to the ASC standard showed that there were not two or more species, 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 2 for both communities.


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 Steinanes, 2017. | | |
| Rapport nr. | 8951.02 | Lokalitet: | Steinanes |
| Lokalitet nr. | xxxxx | Kartkoordinater (anlegg): | 65°40.396° N, 23°28.209 V. |
| MTB-tillatelse: | Område MTB | Kontaktperson: | Bóra Dögg Jörundsdóttir |
| Oppdragsgiver: | Amarlax hf. | | |


| Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 27.06.2017 | | | |
|---|-------|----------------------------|-------|
| Fiskegruppe: | Ingen | Biomasse ved undersøkelse: | Ingen |
| Utføret mengde: | Ingen | Produsert mengde: | Ingen |
| Type/tidspunkt for undersøkelse | | | |
| Maks biomasse: | | Oppfølgende undersøkelse: | |
| Brakklegging: | | Ny lokalitet: | x |

| Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna | | | |
|---|-------------------------|--|---|
| Faunaindeks nEQR | | Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener) | |
| Fauna C1/ASC1 | 0,443 | Fauna C1/ASC1 | 1,25 |
| Fauna C2/ASCref2 | 0,446 | Fauna C2/ASCref2 | 1,46 |
| Fauna C3/ASC3 | 0,447 | Fauna C3/ASC3 | 1,10 |
| Fauna C4/ASC4 | 0,447 | Fauna C4/ASC4 | 1,21 |
| Fauna ASC5 | 0,469 | Fauna ASC5 | 1,29 |
| Dato feltarbeid: | 27.06.2017 | Dato rapport: | 14.09.2018 |
| Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen) | | TOC fra 17,9 (C2) til 32,0 mg/g TS (C3) Kobber 50,1 mg/kg TS (C4) Eh positiv på alle stasjoner O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen. | |
| Ansvarlig feltarbeid: | Steinar Dalheim Eriksen | Signatur: |  |

1.4 Summary of the C results

| Client information | | | |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Title : | C-undersøkelse Steinanes, 2017. | | |
| Report nr. | 8951.02 | Location: | Steinanes |
| Location nr. | xxxxx | Map coordinates (construction): | 65°40.396° N, 23°28.209 V. |
| MTB-permission: | Area production/None | Operations manager: | Bóra Dógg Jörundsdóttir |
| Client: | Arnarlax hf | | |

| Biomass/production status at date of investigation field date | | | |
|---|------|-------------------------|------|
| Fish group: | None | Biomass on examination: | None |
| Feed input: | None | Produced quantity: | None |
| Type/tidspunkt for undersøkelse | | | |
| Maximum biomass | | Follow up study: | |
| Fallow: | | New location: | x |

| Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna | | | |
|--|-------------------------|---|---|
| Faunal index nEQR | | Diversity index H' (Shannon Wiener) | |
| Fauna C1/ASC1 | 0.443 | Fauna C1/ASC1 | 1.25 |
| Fauna C2/ASCref2 | 0.446 | Fauna C2/ASCref2 | 1.46 |
| Fauna C3/ASC3 | 0.447 | Fauna C3/ASC3 | 1.10 |
| Fauna C4/ASC4 | 0.447 | Fauna C4/ASC4 | 1.21 |
| Fauna ASC5 | 0.469 | Fauna ASC5 | 1.29 |
| Date fieldwork: | 27.06.2017 | Date of report: | 14.09.2018 |
| Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen) | | TOC from 17,9 (C2) to 32,0 mg/g DS (C3) Copper 50,1 mg/kg DS (C4) Eh positive at all stations O ₂ -conditions good throughout the water column. | |
| Responsible for fieldwork: | Steinar Dalheim Eriksen | Signature: |  |

2 Innledning

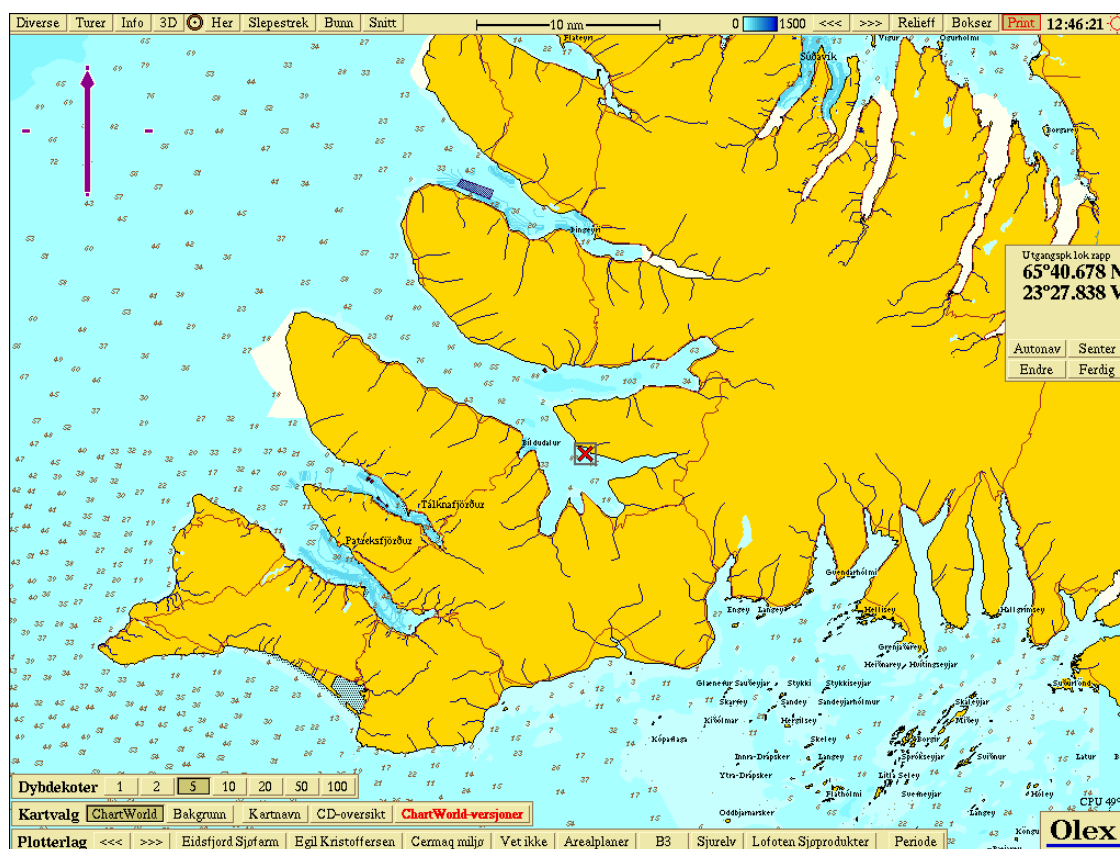
2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC-undersøkelse og C-undersøkelse på lokalitet Steinanes i Arnarfjordur, nordvest på Island (Figur 1).

Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere den nyetablerte lokaliteten Steinanes i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden). Det er samtidig foretatt en miljøundersøkelse iht. kap 5.0 i NS 9410:2016. Denne følger C-metodikk og inngår i lokalitetens forundersøkelse før ny etablering.

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 tilfredsstille 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 tilfredsstille krav i lokalitetstillatelse fra Islandske myndigheter.



Figur 1. Oversiktskart over Arnarfjordur med plassering av lokaliteten Steinanes (rødt kryss). Koordinater for anleggets område er angitt i bildets høyre kant.

2.2 Drift

Lokaliteten er etablert sommeren 2017. På undersøkelsestidspunktet var anlegget ennå ikke tatt i bruk, og anleggets bunnområder forventes være uberørt og i normaltstand for området. På Island gis ikke lokalitetene særlig MTB-grense (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. Det har ikke vært drift på lokaliteten. Denne studien er foretatt ut fra selskapets planlagte produksjon på lokaliteten. Antall prøvestasjoner er foretatt etter en biomasse på 6100 tonn.

Planlagte biomasse i for lokaliteten gjennom hele driftsperiode 2017 og 2018 er vist i (Tabell 1).

Tabell 1 Planlagt biomasse (kg) ved lokaliteten Steinanes. Figuren er innhentet fra oppdragsgiver

| Arnarlax hf | År | Måned | Steinanes |
|-------------|------|--------|-----------|
| | 2017 | mai.17 | 0 |
| | 2017 | jun.17 | 197 403 |
| | 2017 | jul.17 | 351 125 |
| | 2017 | aug.17 | 606 536 |
| | 2017 | sep.17 | 926 175 |
| | 2017 | okt.17 | 1 237 478 |
| | 2017 | nov.17 | 1 474 325 |
| | 2017 | des.17 | 1 643 555 |
| | 2018 | jan.18 | 1 823 335 |
| | 2018 | feb.18 | 1 986 276 |
| | 2018 | mar.18 | 2 178 940 |
| | 2018 | apr.18 | 2 402 646 |
| | 2018 | mai.18 | 2 862 352 |
| | 2018 | jun.18 | 3 609 367 |
| | 2018 | jul.18 | 4 603 761 |
| | 2018 | aug.18 | 5 654 136 |
| | 2018 | sep.18 | 5 969 019 |
| | 2018 | okt.18 | 5 493 869 |
| | 2018 | nov.18 | 5 733 480 |
| | 2018 | des.18 | 6 109 144 |

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har ikke foretatt tidligere miljøundersøkelser i området der anlegget ligger. Det er heller ikke fra oppdragsgiver fremlagt tilsvarende lokalitetsspesifikke undersøkelser. Det er foretatt andre perifere undersøkelser i Arnarfjordur, men ikke tilknyttet Steinanes. Perifere undersøkelser vil ikke ha direkte relevans for resultater for videre oppfølging av denne lokaliteten.

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 2.

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

Tabell 2. Planlagt faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Steinanes, 2017. 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 ASC5 inngår også i C-undersøkelsen.

| Stasjon | Type undersøkelse |
|--|---|
| C1/ASC1 (anleggssone, innenfor AZE) | Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh. |
| C2/ASCref2 (overgangssone, fjernstasjon utenfor AZE) | Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh. |
| C3/ASC3 (overgangssone, utenfor AZE) | Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh. |
| C4/ASC4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE) | Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh. |
| ASC5 (anleggssone, utenfor AZE) | Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. |
| Cu1 (referansestasjon ASC) | 2 x Cu. |
| Cu2 (referansestasjon ASC) | 2 x Cu. |

Feltarbeidet ble gjennomført 27.06.2017.

3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE

ASC-standarden åpner for at en anleggsspesifikk AZE kan avgrenses til andre avstander enn 30 meter rundt anlegget (site-specific AZE, se pkt. 2.1.4. i «audit manual»). En AZE på 30 m kan av tekniske og fysiske årsaker vanskelig praktiseres på denne lokaliteten. Prosedyre for beregning av lokalitetsspesifikk AZE er vist i Vedlegg 2. Ut fra målt strøm på lokaliteten og dybde under denne, er AZE grense satt til 100 meter for denne lokaliteten.

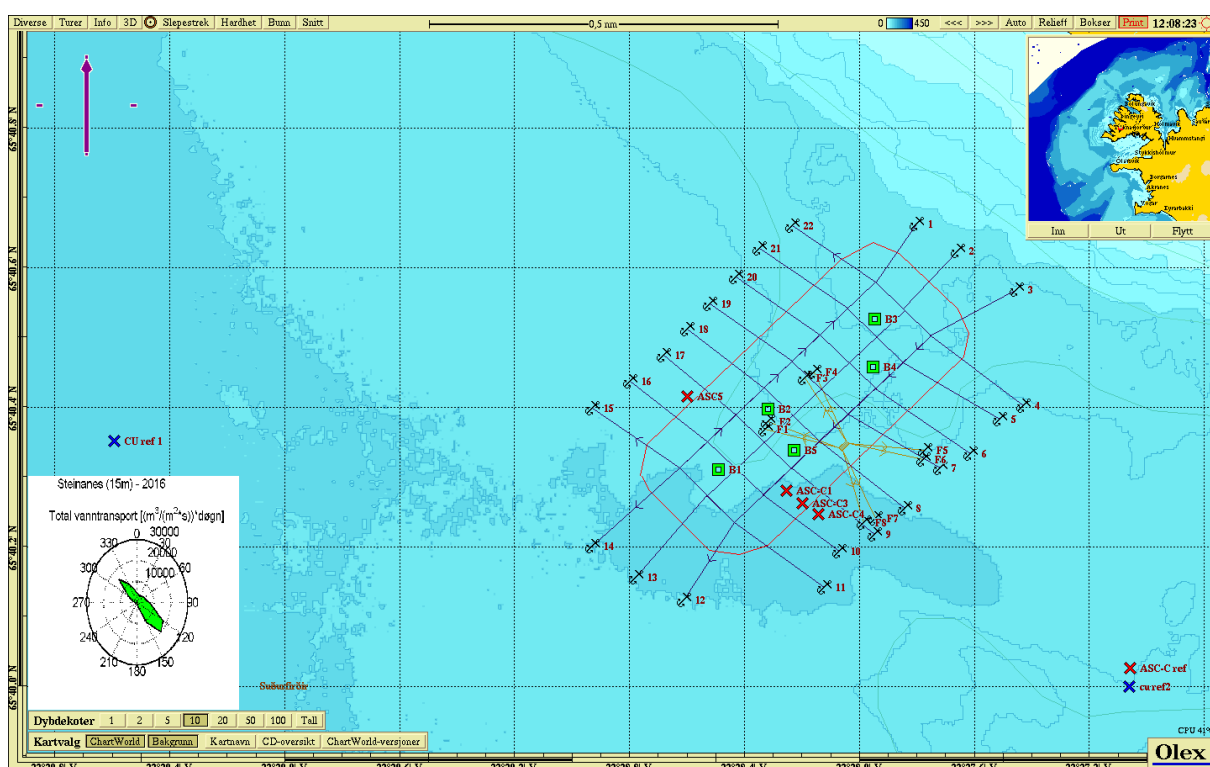
Med bakgrunn i prøvetakingssystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det brukt fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført av Akvaplan-niva AS på 15 meters dyp ved lokaliteten (Eriksen og Gunnarsson, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante, men selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging.

Koordinater, dyp og stasjonsnettet for prøvetaking er vist i Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 3. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Steinanes, 2017. C1, C2, C3, C4 og ASC5 inngår også i C-undersøkelsen.

| Stasjon | Avstand fra nærmeste merd (m) | Stasjonsdyp (m) | Posisjon |
|------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|
| C1/ASC1 | 30 | 91 | 65°40,282 N 23°28,281 V |
| C2/ASCref2 | 1000 | 82 | 65°40,035 N 23°27,111 V |
| C3/ASC3 | 90 | 92 | 65°40,255 N 23°28,245 V |
| C4/ASC4 | 142 | 94 | 65°40,238 N 23°28,157 V |
| ASC5 | 130 | 85 | 65°40,407 N 23°28,618 V |
| Cu1 | 1480 | 92 | 65°40,330 N 23°30,636 V |
| Cu2 | 1000 | 82 | 65°40,035 N 23°27,111 V |



Figur 2. Stasjonskart, ASC Steinanes, 2017. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 100 m fra rammen til anlegget. Strøm er målt på 15 meters dyp.

4 ASC-undersøkelse Steinanes

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)

Tabell 4 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene redoksmålingene på stasjonene. Eh viste positive verdier på alle stasjonene.

Tabell 4. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner Steinanes, 2017.

| St.* | Sedimentbeskrivelse | Eh |
|------------|---|---------|
| C1/ASC1 | Full grabb, Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Noe knuste skjell med innslag av vulkansk stein | 7,7/105 |
| C2/ASCref2 | Full grabb, Olivengrønn leire med noe sverting, ingen lukt. mye knuste skjell i prøve | 7,6/110 |
| C3/ASC3 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand | 7,7/120 |
| C4/ASC4 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand | 7,6/165 |
| ASC5 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av stein/grov sand | 7,7/90 |

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 5. Kobberkonsentrasjonene var gjennomgående høye og over 34 mg/kg TS i alle undersøkte sedimenter. Det ble ikke målt kobber i sedimenter fra C1/ASC1 og C3/ASC3.

Tabell 5. Kobber (Cu), mg/kg TS. ASC Steinanes, 2017.

| St. | Cu |
|--------------|-----------|
| C1/ASC1-1 | Ikke målt |
| C1/ASC1-2 | Ikke målt |
| C2/ASCref2-1 | 46,8 |
| C2/ASCref2-2 | 47,0 |
| C3/ASC3-1 | Ikke målt |
| C3/ASC3-2 | Ikke målt |
| C4/ASC4-1 | 50,1 |
| C4/ASC4-2 | 49,9 |
| ASC5-1 | 51,9 |
| ASC5-2 | 49,4 |
| Curef1-1 | 51,5 |
| Curef1-2 | 51,8 |
| Curef2-1 | 46,8 |
| Curef2-2 | 47,0 |

4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H').

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 6. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 55 til 137 og antall arter fra 6 til 10. Diversiteten H' var lav og under 3 på alle stasjonene.

Tabell 6. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Steinanes, 2017.

| St.* | Individtall | Ant arter | H' |
|------------|-------------|-----------|------|
| C1/ASC1 | 55 | 6 | 1,25 |
| C2/ASCref2 | 137 | 9 | 1,46 |
| C3/ASC3 | 102 | 9 | 1,10 |
| C4/ASC4 | 77 | 8 | 1,21 |
| ASC5 | 79 | 10 | 1,29 |

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnene på begge anleggs-sonestasjonene innenfor AZE (stasjon 1 og 4) oppfylte følgende krav fra ASC-standardten:

"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 7.

Det var en art med mer enn 100 individ/m² tilstede på begge stasjonene. Dette er en nøytral børstemarkart.

Tabell 7. Taksas med flere enn 100 individer per m² på C1 og C3, Steinanes, 2017.

| Stasjon | Taksas | Antall per 0,2 m ² | Antall per m ² | NSI Økologisk gruppe* |
|---------|------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| C1 | Prionospio steenstrupi | 41 | 205 | II |
| C3 | Prionospio steenstrupi | 81 | 405 | II |

*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 kap. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God" (Tabell 8). Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 – 19 arter og minst 20 individer, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 90 % av individene.

Tabell 8. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 og C3 (anleggssonen/AZE) i hht. NS 9410:2016 ved lokaliteten Steinanes, 2017.

| Stasjon | Lokalitet | Ant. arter | Dominerende taksas - % | Miljøtilstand-NS 9410 |
|---------|-----------|------------|-------------------------------|-----------------------|
| C1 | Steinanes | 6 | Prionospio steenstrupi - 75 % | 2 - God |
| C3 | Steinanes | 9 | Prionospio steenstrupi – 79 % | 2 - God |

5 C-undersøkelse Steinanes

5.1 Innledning

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i resipienten (fjernsonen). 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.

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 3 og Miljødirektoratets Veileder 02:2013.

5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse

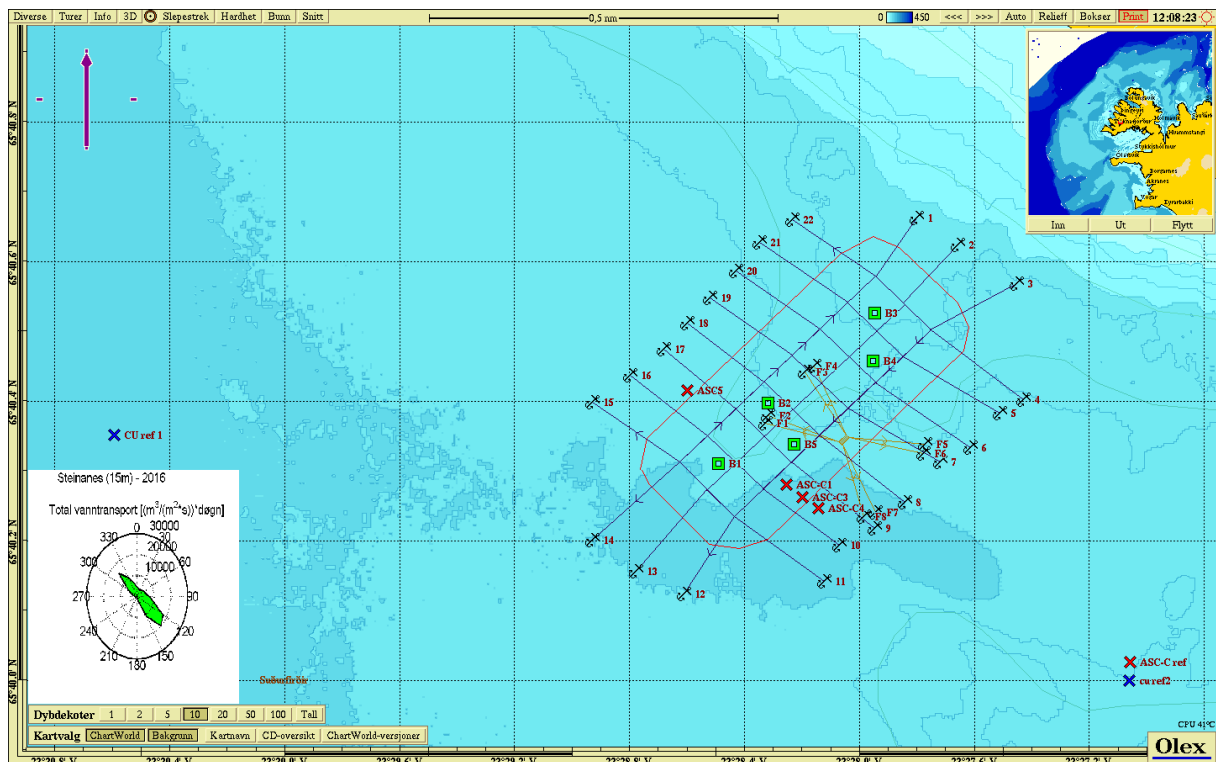
Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for C-undersøkelser (Tabell 9). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens planlagte produksjon i 2018, som er 6100 tonn. Standarden krever da ved forundersøkelse minst tre stasjoner, samt på en referansestasjon 1 km unna. I tillegg har vi satt ekstra stasjoner for å kartlegge området iht. forventet produksjon, og som for ettertid skal danne grunnlag for fremtidig overvåkning. Totalt 5 stk. C-stasjoner. Stasjonsdyp og posisjoner er vist i Figur 3. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er målt på 15 meter (Eriksen og Gunnarsson, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante for denne undersøkelsen, men selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging.

Tabell 9. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Steinanes, 2017. 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 bunndyranalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. |
| C2 | Kvantitativ bunndyranalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh. |
| C3 | Kvantitativ bunndyranalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x. pH/Eh. |
| C4 | Kvantitativ bunndyranalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh. |
| ASC5 | Kvantitativ bunndyranalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh. |

Tabell 10. Stasjonsdyp og -koordinater, C-stasjonene ved Steinanes, 2017.

| Stasjon | C1 | C2 | C3 | C4 | ASC5 |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Dyp (m) | 91 | 82 | 92 | 94 | 85 |
| GPS | 65°40,282 N 23°28,281 V | 65°40,035 N 23°27,111 V | 65°40,255 N 23°28,245 V | 65°40,238 N 23°28,157 V | 65°40,407 N 23°28,618 V |
| Avstand til merd (m) | 30 | 1000 | 90 | 142 | 130 |

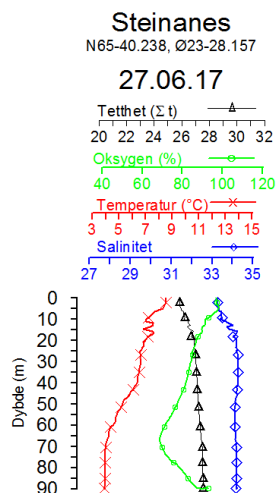


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Steinanes, 2017. Strøm er målt på 15 m dyp. ASC-Cref = C2

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

Den hydrografiske vertikallprofilen for C4 i juni 2017 er vist i Figur 4. Temperaturen sank jevnt fra litt over 8 °C i overflaten til 4 °C ved 70 m dyp og holdt seg der ned mot bunnen. Oksygenmetningen sank også jevnt fra 97 % i overflaten til 68 % ved 70 m dyp og steg deretter igjen til 87 % ved bunnen.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Steinanes, 2017.

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 11.

Nivåene av TOM varierte mellom 11,4 (ASC5) og 13,4 % (C3), TOC mellom 17,9 (C1) og 32,0 mg/g TS (C3) og normalisert TOC med verdier mellom 23,7 og 34,5. TN-nivåene var lave

og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat til meget finkornet med pelittandeler mellom 67,6 og 89,8 %.

Eh-verdiene var positive i sediment på alle stasjonene.

Tabell 11. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Steinanes, 2017.

| St. | Sedimentbeskrivelse | TOM | TOC | nTOC* | TN | C/N | Pelitt | pH/Eh |
|----------|---|------|------|-------|------|-----|--------|---------|
| C1 | Full grabb, Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Noe knuste skjell med innslag av vulkansk stein | 12,3 | 29,6 | 31,5 | 4,75 | 6,2 | 89,8 | 7,7/105 |
| C2 | Full grabb, Olivengrønn leire med noe sverting, ingen lukt. mye knuste skjell i prøve | 11,5 | 17,9 | 23,7 | 2,19 | 8,2 | 67,6 | 7,6/110 |
| C3 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand | 13,4 | 32,0 | 33,9 | 5,37 | 5,9 | 89,3 | 7,7/120 |
| C4 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand | 13,1 | 30,2 | 33,5 | 4,77 | 6,3 | 81,4 | 7,6/155 |
| ASC 5 | Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av stein/grov sand | 11,4 | 29,1 | 34,5 | 4,91 | 5,9 | 69,9 | 7,7/90 |

* 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).

5.3.3 Kobber

Det ble ikke målt kobber i sediment fra C1 eller C3. Kobbernivået på stasjon C4, som da ble nærmeste stasjon, er presentert i Tabell 12 og var 50,1 mg/kg TS.

Tabell 12. Sedimentanalyser. Kobber (Cu) i mg/kg TS. Stasjon C4 ved Steinanes, 2017.

| St. | Cu |
|-----|------|
| C4 | 50,1 |

5.3.4 Bløtbunnfauna

5.3.4.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 13. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 55 til 137 og antall arter fra 6 til 10. Diversitetsindeksen H' var lav og under 1,5 på alle stasjonene. Også forventet antall arter/100 individ var lavt på stasjonene.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Fordelingen var noe til moderat ujevn på stasjonene med verdier mellom 0,43 og 0,59.

Tabell 13. 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 Steinanes, 2017.

| St. | Ant. ind. | Ant. arter | H' | ES ₁₀₀ | NQII | ISI ₂₀₁₂ | NSI | nEQR | DI | AMBI | J |
|------|-----------|------------|------|-------------------|-------|---------------------|------|-------|------|------|------|
| C1 | 55 | 6 | 1,25 | 4,5 | 0,407 | 9,02 | 22,8 | 0,443 | 0,61 | 4,04 | 0,58 |
| C2 | 137 | 9 | 1,46 | 6,0 | 0,396 | 8,57 | 22,1 | 0,446 | 0,22 | 4,36 | 0,59 |
| C3 | 102 | 9 | 1,10 | 6,0 | 0,411 | 8,67 | 23,2 | 0,447 | 0,36 | 4,23 | 0,43 |
| C4 | 77 | 8 | 1,21 | 5,0 | 0,381 | 9,70 | 22,2 | 0,447 | 0,47 | 4,36 | 0,53 |
| ASC5 | 79 | 10 | 1,29 | 6,5 | 0,443 | 8,81 | 23,4 | 0,469 | 0,45 | 4,10 | 0,48 |

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 kap. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God". Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 – 19 arter og minst 20 individer, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 90 % av individene (Tabell 14). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 13 og Tabell 15.

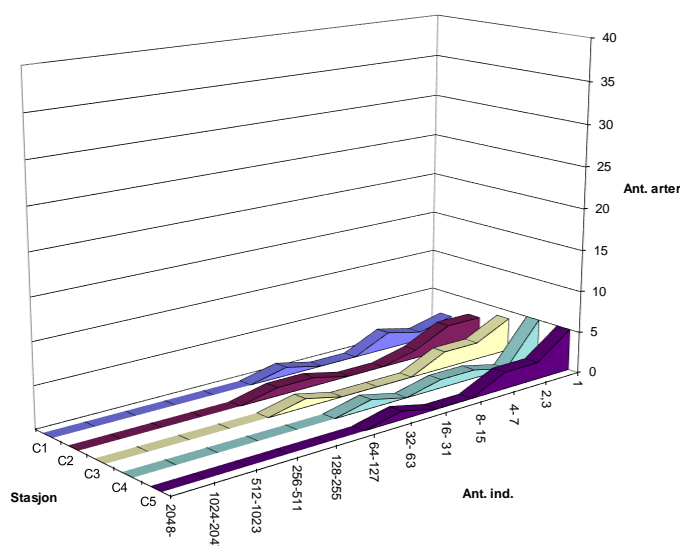
Tabell 14. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 og C3 ved lokaliteten Steinanes, 2017.

| Stasjon | Lokalitet | Ant. arter | Dominerende taksa | Miljøtilstand-NS 9410 |
|---------|-----------|------------|-------------------------------|-----------------------|
| C1 | Steinanes | 6 | Prionospio steenstrupi - 75 % | 2 - God |
| C3 | Steinanes | 9 | Prionospio steenstrupi - 79 % | 2 - 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 lavt og strakk seg ikke særlig langt ut mot høyere klasser.

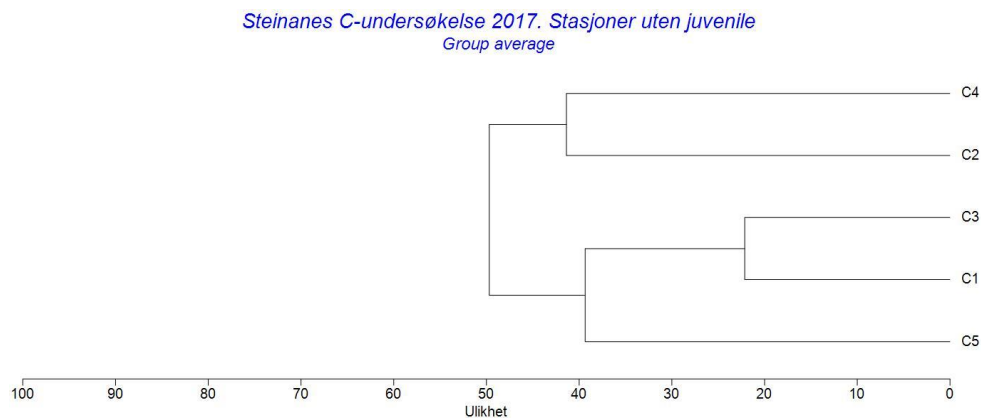


Figur 5. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Steinanes, 2017.

5.3.4.4 Clusteranalyser

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 omtrent 50 % likhet i faunasammensetningen mellom gruppene. I den ene gruppen var stasjonene C1 og C3 78 % lik hverandre og C5 (ASC5) 60 % lik disse to. I den andre gruppen var stasjonene C2 og C4 59 % lik hverandre.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Steinanes, 2017.

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 15.

Børstemarken *Prionospio steenstrupi* var mest dominant på alle stasjonene med mellom 58 og 79 % av individene på stasjonene. Det ble ikke registrert kjente forurensningsindikatorer på noen av stasjonene.

Tabell 15. Antall individer og kumulativ prosent for de ti mest dominerende artene på C-stasjonene. Steinanes, 2017.

| C1 | Ant. | Kum. | C2 | Ant. | Kum. |
|------------------------|------|-------|-------------------------|------|-------|
| Prionospio steenstrupi | 41 | 75 % | Prionospio steenstrupi | 80 | 58 % |
| Chaetozone sp. | 5 | 84 % | Chaetozone sp. | 43 | 90 % |
| Yoldia hyperborea | 4 | 91 % | Heteromastus filiformis | 5 | 93 % |
| Thyasira sarsii | 3 | 96 % | Lumbrineris cingulata | 2 | 95 % |
| Melinna cristata | 1 | 98 % | Melinna cristata | 2 | 96 % |
| Ophelina acuminata | 1 | 100 % | Yoldia hyperborea | 2 | 98 % |
| | | | Ampharetidae indet. | 1 | 99 % |
| | | | Cossura longocirrata | 1 | 99 % |
| | | | Nuculana pernula | 1 | 100 % |
| | | | | | |
| C3 | Ant. | Kum. | C4 | Ant. | Kum. |
| Prionospio steenstrupi | 81 | 79 % | Prionospio steenstrupi | 53 | 69 % |
| Chaetozone sp. | 7 | 85 % | Cossura longocirrata | 13 | 86 % |
| Ophelina acuminata | 4 | 89 % | Chaetozone sp. | 6 | 94 % |
| Cossura longocirrata | 3 | 92 % | Ampharete sp. | 1 | 95 % |
| Yoldia hyperborea | 3 | 95 % | Chone sp. | 1 | 96 % |
| Crustacea indet. juv. | 1 | 96 % | Crangonidae indet. | 1 | 97 % |
| Eteone flava/longa | 1 | 97 % | Heteromastus filiformis | 1 | 99 % |
| Melinna cristata | 1 | 98 % | Nuculana pernula | 1 | 100 % |
| Nephtys sp. | 1 | 99 % | | | |
| Thyasira sarsii | 1 | 100 % | | | |
| ASC5 | Ant. | Kum. | | | |
| Prionospio steenstrupi | 61 | 77 % | | | |
| Chaetozone sp. | 5 | 84 % | | | |
| Nephtys sp. | 4 | 89 % | | | |
| Melinna cristata | 2 | 91 % | | | |
| Thyasira sarsii | 2 | 94 % | | | |
| Ampharete sp. | 1 | 95 % | | | |
| Eteone flava/longa | 1 | 96 % | | | |
| Gammaridea indet. | 1 | 97 % | | | |
| Nuculana pernula | 1 | 99 % | | | |
| Scoletoma sp. | 1 | 100 % | | | |

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Steinanes i juni 2017, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i noen deler av vannsøylen.
- Nivåene av TOM varierte mellom 11,4 (ASC5) og 13,4 % (C3), TOC mellom 17,9 og 32,0 mg/g TS og normalisert TOC mellom 23,7 og 34,5. TN-nivåene var lave og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat til meget finkornet med pelittandeler mellom 67,6 og 89,8 %. Nivået av kobber var 50,1 mg/kg TS på stasjon C4. Eh-verdiene var positive i sediment på alle stasjonene.
- Antall individ varierte fra 55 (C1) til 137 (C2) og antall arter fra 6 (C1) til 10 (ASC5). Diversitetsindeksen H' var lav og under 1,5 på alle stasjonene. Også forventet antall arter/100 individ var lavt på stasjonene.

5.4.2 Konklusjon

Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen ved lokaliteten Steinanes i juni 2017. Sammenlignet med norske forhold var verdiene av normalisert TOC noe høyt selv om sedimentene er forholdsvis finkornet. Det samme gjelder nivået av kobber i sedimentet. Eh-målingene i sedimentene viste positive verdier på alle stasjonene. Faunaen på stasjonene var arts- og individfattig og hadde meget lav diversitet ($H' < 1,5$). Det ble ikke registrert noen kjente forurensningsindikatorer, f. eks. børstemarken *Capitella capitata*, blant de mest dominante artene på noen av stasjonene.

En annen ting det er verdt å merke seg, er at det ikke ble registrert forekomst av pigghuder (Echinodermata), så som sjøstjerner og slangestjerner, i noen av prøvene. Dette er en dyregruppe som er meget vanlig i det marine miljø.

Ettersom det ikke har vært produksjon ved denne lokaliteten forut for undersøkelsen, og det ikke er kjent til eventuelle andre, menneskeskapte påvirkningskilder eller utslipp i området, antas det at disse resultatene gjengir naturtilstanden i sedimentene ved lokaliteten. Det kan av den grunn virke som at de internasjonale ASC-kravene ikke er tilpasset de naturlige forholdene ved Island, som sannsynligvis er påvirket av den geologiske historien til øyen. Det ble observert forekomst av lavaklumper i prøvene, noe som dokumenterer at sedimentforholdene er påvirket av den vulkanske aktiviteten som er, eller har vært, på Island.

I en rapport fra 1999 (Egilsson *et al.*, 1999) sammenlignes nivåer av bl. a. kobber fra kysten av Island, vestkysten av Norge og Waddensjøen utenfor Nederland. Nivåene av kobber er oppgitt som hhv. 55, 17 og 22 mg/kg TS, men uten nærmere opplysninger om kornstørrelsen i sedimentet. Det er kjent at de naturlige bakgrunnsnivåene av tungmetaller i stor grad er korrelert med andelen av pelitt (som er sum av fraksjonene silt og leire) i sedimentene. Jo finere sediment jo høyere bakgrunnsnivåer av bl.a. kobber finnes i sedimentet. Dette kan kanskje indikere at oppgitt grenseverdi i ASC-standarden ikke egner seg for sedimentforholdene ved Island. Det samme kan sies om faunaforhold og innhold av organisk materiale i sedimentene og de krav som ASC-standarden og NS:9410 setter til de analysene.

Det anbefales derfor at naturtilstanden i miljøet ved kysten av Island blir kartlagt og at det blir utviklet standarder som tilpasses disse forholdene.

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, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.
- Egilson, 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.
- Eriksen S.D. & S. Gunnarsson, 2016 Lokalitetsrapport Steinnes APN rapport nr 8453.02
- ISO 5667-19:2004. Guidance on sampling of marine sediments.
- ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom 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.
- Pers. medd. Þóra Dögg Jörundsdóttir, Quality Manager Hatchery & Farms, Arnarlax hf

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringsystemer brukt i Norge

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. 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) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse

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

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 tørrvektbasis.

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 SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m.fl.*, 1997).

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

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

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

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

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.

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrestre/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnavende organismene. Negative effekter i bunnavrsamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunnavrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnavrtene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunnavrsamfunnene 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 bunnavrprøvene 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 bunnavrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunnavryene 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 (ES₁₀₀) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI₂₀₁₂), uegnet ved lavt individ/artstall
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individ/artstall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- Sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i NQI1 (AMBI)
- Normalisert EQR (nEQR)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

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

| Indeks | I Svært god | II God | III Moderat | IV Dårlig | V Svært dårlig |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| NQI1 | 0,9 - 0,82 | 0,82 - 0,63 | 0,63 - 0,49 | 0,49 - 0,31 | 0,31 - 0 |
| H' | 5,7 - 4,8 | 4,8 - 3,0 | 3,0 - 1,9 | 1,9 - 0,9 | 0,9 - 0 |
| ES ₁₀₀ | 50 - 34 | 34 - 17 | 17 - 10 | 10 - 5 | 5 - 0 |
| ISI ₂₀₁₂ | 13 - 9,6 | 9,6 - 7,5 | 7,5 - 6,2 | 6,1 - 4,5 | 4,5 - 0 |
| NSI | 31 - 25 | 25 - 20 | 20 - 15 | 15 - 10 | 10 - 0 |
| DI | 0 - 0,30 | 0,30 - 0,44 | 0,44 - 0,60 | 0,60 - 0,85 | 0,85 - 2,05 |
| nEQR | 1,0 - 0,8 | 0,8 - 0,6 | 0,6 - 0,4 | 0,4 - 0,2 | 0,2 - 0,0 |

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

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

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

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

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

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

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 forensningsundersøkelser 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 Steinanes, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

| st.nr. | tot. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|----------|------|----|-----|-----|----|----|
| no. ind. | 450 | 55 | 137 | 102 | 77 | 79 |
| no. spe. | 18 | 6 | 9 | 9 | 8 | 10 |

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. | 450 | 25 | 30 | 80 | 57 | 36 | 66 | 34 | 43 | 39 | 40 |
| no. spe. | 18 | 4 | 5 | 8 | 4 | 4 | 8 | 3 | 7 | 7 | 6 |
| Shannon-Wiener: | | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 0,7 | 1,7 | 1,3 | 1,2 |
| Pielou | | 0,57 | 0,58 | 0,58 | 0,59 | 0,40 | 0,47 | 0,45 | 0,61 | 0,48 | 0,48 |
| ES100 | | 4 | 5 | 8 | 4 | 4 | 8 | 3 | 7 | 7 | 6 |
| SN | | 1,19 | 1,31 | 1,41 | 0,99 | 1,09 | 1,45 | 0,87 | 1,47 | 1,50 | 1,37 |
| ISI-2012 | | 9,75 | 8,29 | 8,44 | 8,70 | 9,75 | 7,60 | 10,63 | 8,76 | 8,63 | 8,98 |
| AMBI | | 4,08 | 4 | 4,219 | 4,5 | 4,208 | 4,25 | 4,5 | 4,221 | 4,184 | 4,013 |
| NQI1 | | 0,39 | 0,42 | 0,44 | 0,35 | 0,38 | 0,45 | 0,32 | 0,44 | 0,45 | 0,44 |
| NSI | | 23,2 | 22,4 | 21,8 | 22,4 | 23,6 | 22,9 | 23,4 | 21,0 | 23,3 | 23,4 |
| DI | | 0,652 | 0,573 | 0,147 | 0,294 | 0,494 | 0,230 | 0,519 | 0,417 | 0,459 | 0,448 |

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

| st.nr. | St 1 | St 2 | St 3 | St 4 | St 5 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Shannon-Wiener: | 1,25 | 1,46 | 1,10 | 1,21 | 1,29 |
| Pielou | 0,58 | 0,59 | 0,43 | 0,53 | 0,48 |
| ES100 | 4,5 | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 6,5 |
| SN | 1,25 | 1,20 | 1,27 | 1,17 | 1,44 |
| ISI-2012 | 9,02 | 8,57 | 8,67 | 9,70 | 8,81 |
| AMBI | 4,040 | 4,360 | 4,229 | 4,361 | 4,099 |
| NQI1 | 0,41 | 0,40 | 0,41 | 0,38 | 0,44 |
| NSI | 22,82 | 22,06 | 23,24 | 22,19 | 23,38 |
| DI | 0,61 | 0,22 | 0,36 | 0,47 | 0,45 |
| Tilstandsklasse nEQR ^{*)} | 0,443 | 0,446 | 0,447 | 0,447 | 0,469 |

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

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

Artliste

Steinanes Forund. 2017

| <i>Rekke</i> | <i>Klasse</i> | <i>Orden</i> | <i>Art/Taxa</i> | <i>01</i> | <i>02</i> | <i>Sum</i> | |
|------------------------|---------------|--------------|------------------------|----------------|-----------|------------|----|
| <i>Stasjonsnr.: C1</i> | | | | | | | |
| PORIFERA | | | | | | | |
| | | | Porifera indet. | | -1 | -1 | |
| ANNELIDA | | | | | | | |
| | Polychaeta | | | | | | |
| | | Spionida | | | | | |
| | | | Prionospio steenstrupi | 19 | 22 | 41 | |
| | | | Chaetozone sp. | 3 | 2 | 5 | |
| | | Opheliida | | | | | |
| | | | Ophelina acuminata | | 1 | 1 | |
| | | Terebellida | | | | | |
| | | | Melinna cristata | 1 | | 1 | |
| CRUSTACEA | | | | | | | |
| | Copepoda | | | | | | |
| | | Calanoida | | | | | |
| | | | Calanoida indet. | | 1 | 1 | |
| | Malacostraca | | | | | | |
| | | Mysidacea | | | | | |
| | | | Mysidacea indet. | 1 | | 1 | |
| | | Euphausiacea | | | | | |
| | | | Euphausiacea indet. | | 1 | 1 | |
| MOLLUSCA | | | | | | | |
| | Bivalvia | | | | | | |
| | | Nuculoida | | | | | |
| | | | Yoldia hyperborea | 2 | 2 | 4 | |
| | | Veneroidea | | | | | |
| | | | Thyasira sarsii | | 3 | 3 | |
| CHAETOGNATA | | | | | | | |
| | | | Chaetognatha indet. | 1 | 1 | 2 | |
| | | | | Maks: | 19 | 22 | 41 |
| | | | | Antall: | 6 | 9 | 11 |
| | | | | Sum: | | | 59 |

Stasjonsnr.: C2

| | | | | | | |
|-----------|--------------|--------------|-------------------------|----|----|----|
| ANNELIDA | | | | | | |
| | Polychaeta | | | | | |
| | | Cossurida | | | | |
| | | | Cossura longocirrata | 1 | | 1 |
| | | Spionida | | | | |
| | | | Prionospio steenstrupi | 42 | 38 | 80 |
| | | | Chaetozone sp. | 27 | 16 | 43 |
| | | Capitellida | | | | |
| | | | Heteromastus filiformis | 3 | 2 | 5 |
| | | Eunicida | | | | |
| | | | Lumbrineris cingulata | 2 | | 2 |
| | | Terebellida | | | | |
| | | | Melinna cristata | 2 | | 2 |
| | | | Ampharetidae indet. | | 1 | 1 |
| CRUSTACEA | | | | | | |
| | Malacostraca | | | | | |
| | | Mysidacea | | | | |
| | | | Mysidacea indet. | 1 | | 1 |
| | | Euphausiacea | | | | |
| | | | Euphausiacea indet. | 2 | | 2 |
| MOLLUSCA | | | | | | |
| | Bivalvia | | | | | |
| | | Nuculoida | | | | |
| | | | Nuculana pernula | 1 | | 1 |
| | | | Yoldia hyperborea | 2 | | 2 |

| <i>Rekke</i> | <i>Klasse</i> | <i>Orden</i> | <i>Art/Taxa</i> | <i>01</i> | <i>02</i> | <i>Sum</i> | |
|--------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|-----------|------------|-----|
| | | | | Maks: | 42 | 38 | 80 |
| | | | | Antall: | 10 | 4 | 11 |
| | | | | Sum: | | | 140 |

Stasjonsnr.: C3

| | | | | | | | |
|-------------|------------|--------------|------------------------|----------------|----|----|-----|
| ANNELIDA | Polychaeta | Cossurida | Cossura longocirrata | | 3 | 3 | |
| | | Spionida | Prionospio steenstrupi | 31 | 50 | 81 | |
| | | | Chaetozone sp. | 2 | 5 | 7 | |
| | | Opheliida | Ophelina acuminata | | 4 | 4 | |
| | | Phyllodocida | Eteone flava/longa | | 1 | 1 | |
| | | | Nephtys sp. | | 1 | 1 | |
| | | Terebellida | Melinna cristata | 1 | | 1 | |
| CRUSTACEA | | | Crustacea indet. juv. | | 1 | 1 | |
| MOLLUSCA | Bivalvia | Nuculoida | Yoldia hyperborea | 2 | 1 | 3 | |
| | | Veneroida | Thyasira sarsii | | 1 | 1 | |
| CHAETOGNATA | | | Chaetognatha indet. | 1 | | 1 | |
| | | | | Maks: | 31 | 50 | 81 |
| | | | | Antall: | 5 | 9 | 11 |
| | | | | Sum: | | | 104 |

Stasjonsnr.: C4

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|--------------|-------------------------|----------------|----|----|----|
| ANNELIDA | Polychaeta | Cossurida | Cossura longocirrata | | 13 | 13 | |
| | | Spionida | Prionospio steenstrupi | 29 | 24 | 53 | |
| | | | Chaetozone sp. | 4 | 2 | 6 | |
| | | Capitellida | Heteromastus filiformis | | 1 | 1 | |
| | | Terebellida | Ampharete sp. | 1 | | 1 | |
| | | Sabellida | Chone sp. | | 1 | 1 | |
| CRUSTACEA | Malacostraca | Euphausiacea | Euphausiacea indet. | 3 | | 3 | |
| | | Decapoda | Crangonidae indet. | | 1 | 1 | |
| MOLLUSCA | Bivalvia | Nuculoida | Nuculana pernula | | 1 | 1 | |
| | | | | Maks: | 29 | 24 | 53 |
| | | | | Antall: | 4 | 7 | 9 |
| | | | | Sum: | | | 80 |

Stasjonsnr.: C5

ANNELIDA

| <i>Rekke</i> | <i>Klasse</i> | <i>Orden</i> | <i>Art/Taxa</i> | <i>01</i> | <i>02</i> | <i>Sum</i> |
|--------------|---------------|--------------|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| | Polychaeta | | | | | |
| | | Spionida | | | | |
| | | | Prionospio steenstrupi | 30 | 31 | 61 |
| | | | Chaetozone sp. | 3 | 2 | 5 |
| | | Phyllodocida | | | | |
| | | | Eteone flava/longa | | 1 | 1 |
| | | | Nephtys sp. | | 4 | 4 |
| | | Eunicida | | | | |
| | | | Scoletoma sp. | 1 | | 1 |
| | | Terebellida | | | | |
| | | | Ampharete sp. | 1 | | 1 |
| | | | Melinna cristata | 2 | | 2 |
| CRUSTACEA | | | | | | |
| | Malacostraca | | | | | |
| | | Amphipoda | | | | |
| | | | Gammaridea indet. | 1 | | 1 |
| MOLLUSCA | | | | | | |
| | Bivalvia | | | | | |
| | | Nuculoidea | | | | |
| | | | Nuculana pernula | | 1 | 1 |
| | | Veneroidea | | | | |
| | | | Thyasira sarsii | 1 | 1 | 2 |
| | | | Maks: | 30 | 31 | 61 |
| | | | Antall: | 7 | 6 | 10 |
| | | | Sum: | | | 79 |
| | | | | | TOTAL: | Maks: |
| | | | | | | 81 |
| | | | | | | Sum: |
| | | | | | | 462 |

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

Analyserapport C-und_111017

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



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

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Akvaplan niva
Kunde referanse: ASC/C undersøkelse Steinanes
Kontaktperson: Steinar D Eriksen
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted: 9007 Tromsø
Tel:
E-post: steinar.eriksen@akvaplan.niva.no **Dato:** 19.10.2017

Rapport nr.: 8951
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu
Kontaktperson: Ida Giæver Tveter
Analyseansvarlig: *Ida Giæver Tveter* (sign.)
Underskriftsberettiget: *Ida 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:

Prøve angitt som Curef2 (8951/7) er identisk til C2 ASCref2 (8951/2)

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

Side 1 av 4

| Lab-id. | Kundens id. | Materiale | Beskaffenhet ved mottak | Mottatt lab | Parametere | Analyse-periode |
|---------|------------------------|-----------|-------------------------|-------------|----------------------------|---------------------|
| 8951/1 | C1/ASC1 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | Korn, TOM, TOC, TN | 06.09.17-02.10.17 |
| 8951/2 | C2/ASCref2 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu | 06.09.17-02.10.17 |
| 8951/3 | C3-ASC3 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | Korn, TOM, TOC, TN | 06.09.17-02.10.17 |
| 8951/4 | C4-ASC4 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu | 06.09.17-02.10.17 |
| 8951/5 | ASC5 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu | 06.09.17-02.10.17 |
| 8951/6 | Curef1 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | 2 x Cu | 06.09. - 13.09.2017 |
| 8951/7 | Curef2 = C2/ASCref2 | Sediment | Frossent | 04.09.2017 | 2 x Cu | 06.09. - 13.09.2017 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

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 NS-EN 15936:2012, Annex C. |
| Kobber-Cu (utført av underlev.) | EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120 |

Resultater

| Kundens id.: | | C1/ASC1 | C2/ASCref2 | C3-ASC3 | C4-ASC4 | ASC5 |
|-----------------------------------|----------|---------|------------|---------|----------|----------|
| Parameter | Enhet | 8951/1 | 8951/2 | 8951/3 | 8951/4 | 8951/5 |
| > 0,063 mm | vekt % | 10.2 | 32.4 | 10.7 | 18.6 | 30.1 |
| Pelitt (< 0,063 mm) | vekt % | 89.8 | 67.6 | 89.3 | 81.4 | 69.9 |
| | | | | | | |
| TOC | mg/g TS | 29.6 | 17.9 | 32.0 | 30.2 | 29.1 |
| TOC, normalisert** | mg/g TS | 31.5 | 23.7 | 33.9 | 33.5 | 34.5 |
| TOM | % TS | 12.3 | 11.5 | 13.4 | 13.1 | 11.4 |
| Total-N ** | mg/g TS | 4.75 | 2.19 | 5.37 | 4.77 | 4.91 |
| C/N ** | | 6.2 | 8.2 | 5.9 | 6.3 | 5.9 |
| Cu * | mg/kg TS | | 46.8 | | 50.1 | 51.9 |
| Parameter | Enhet | | 8951/2-2 | | 8951/4-2 | 8951/5-2 |
| Cu * | mg/kg TS | | 47.0 | | 49.9 | 49.4 |

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

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

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

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

Resultater forts.

| Kundens id.: | | Curef1 | Curef2 = C2/ASCref2 |
|-----------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|
| Parameter | Enhet | 8951/6 | 8951/7 |
| > 0,063 mm | vekt % | | |
| Pelitt (< 0,063 mm) | vekt % | | |
| | | | |
| TOC | mg/g TS | | |
| TOC, normalisert** | mg/g TS | | |
| TOM | % TS | | |
| Total-N ** | mg/g TS | | |
| C/N ** | | | |
| Cu * | mg/kg TS | 51.5 | 46.8 |
| Parameter | Enhet | 8951/6-2 | 8951/7-2 |
| Cu * | mg/kg TS | 51.8 | 47.0 |

Side 4 av 4