

C-undersøkelse

NS9410:2016

for

Hallarøya



Tilstandsklasse II God

Feltarbeid

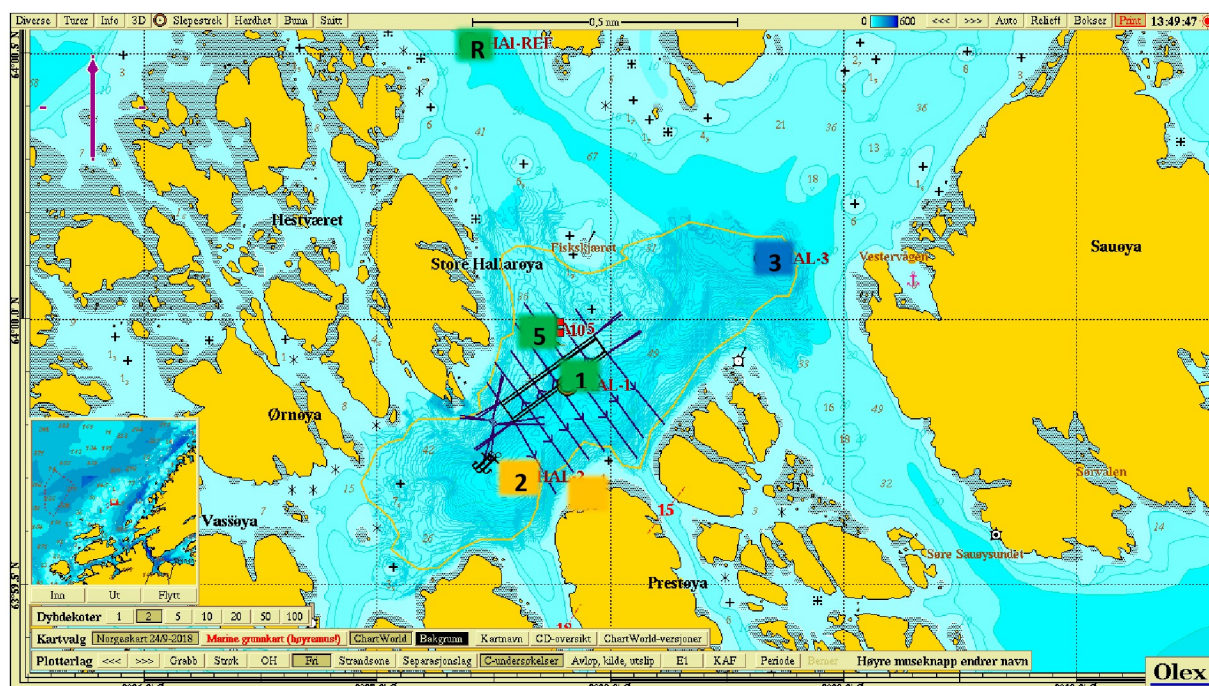
04.09.2018

Oppdragsgiver

SalMar Farming AS



C-undersøkelse for Hallarøya		
Rapportnummer/ Rapportdato	MCR-M-18120-Hallarøya / 07.11.2018	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Hallarøya	
	2340 tonn	
	Frøya kommune, Trøndelag fylke	
Lokalitetsnummer	13886	
Oppdragsgiver		
Selskap	SalMar Farming AS	
Kontaktperson	Bertil Johansen	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda, Org.nr.: 916 763 816	
Prosjektansvarlig	Jan-Kristoffer Landro	
Forfatter (-e)	Martin Skarsvåg, Jan-Kristoffer Landro	
Godkjent av	Dagfinn Breivik Skomsø	
Akkreditering	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger: Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Kystlab AS, TEST 070 (NS/EN ISO/IEC 17025)	
Distribusjon	<i>Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.</i>	
Sammendrag		
Denne rapporten omhandler en C- undersøkelse ved lokaliteten Hallarøya i Frøya kommune, formålet med undersøkelsen er å avdekke eventuell påvirkning i resipienten, og å sammenligne forholdene med tidligere undersøkelse. Inneværende undersøkelse viste samlet sett gode forhold i overgangssonen. Det var tydelig dårligere forhold ved prøvetakingsstasjonen rett sør for anlegget (HAL-2), der forurensningstolerante og opportunistiske arter dominerte. Her var også et høyt karboninnhold, men det ble også registrert rester av naturlig organisk materiale. Like nord for anlegget (HAL-5) var området dominert av forurensningstolerante og opportunistiske arter, men i mindre grad enn sør for anlegget. I tillegg var biodiversiteten høyere her og stasjonen viste derfor gode forhold. Ved ytterkanten av overgangssonen (HAL-3), var forholdene gode og fremsto som upåvirket med dominans av forurensingssensitive og forurensningsnøytrale arter. Referansestasjonen (HAL-REF) synes å representere overgangssonen da den er tatt over liknende dyp og bunntype som overgangssonen. Forholdene her fremsto som upåvirket, og det var dominans av forurensingssensitive og forurensningsnøytrale arter. Siden tidligere undersøkelser har forholdene holdt seg stabile ved de fleste stasjonene, mens faunaforholdene har bedret seg noe ved prøvetakingsstasjonen nord for anlegget (HAL-5).		



Figur 1. Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, målepunkt for strømundersøkelse (flagg), antatt utstrekning av overgangssonen (gul linje) og prøvestasjon med faunatilstand: blå = Svært/meget god tilstand, grønn = god tilstand, gul = moderat tilstand, oransje = dårlig tilstand og rød = svært/meget dårlig tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = HAL-1 osv) og R = referansestasjonen. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 1. Hovedresultater. Antallet arter og individer er oppgitt per prøvestasjon og Shannon-wiener indeks (H'), Tilstandsverdi (økologisk kvalitetsratio: nEQR), vurdering av overgangssonen og klassifisering av kobber (Cu) er vurdert etter Veileder M608 (2016) og Veileder 02:2013 (2015).

Stasjon/ Parameter	HAL-2	HAL-3	HAL-5	HAL-REF
Antall arter	12	63	76	76
Antall individ	778	1035	1398	1087
H'	IV	II	II	II
nEQR	IV	I	II	II
Cu	I	I	I	I
Samlet vurdering (Snitt nEQR)	0,646		Neste undersøkelse	Hver tredje produksjonssyklus

Forord

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse av lokalitet Hallarøya. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser.

For C-undersøkelser er Åkerblå AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter TEST 252; SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS9410 (2016), samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2013 (2015). Åkerblå AS sitt laboratorium tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

Innhold

FORORD	3
INNHOOLD.....	4
1 INNLEDNING.....	6
2 MATERIALE OG METODE	9
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER.....	9
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER	13
2.3 PRODUKSJON	16
2.4 SAMMENLIGNING.....	17
3 RESULTATER	18
3.1 BUNNDYRSANALYSER	18
3.1.1 HAL-1	18
3.1.2 HAL-2	19
3.1.3 HAL-3	21
3.1.5 HAL-5	23
3.1.6 HAL-REF	25
3.1.9 Samlet tilstandsverdi	27
3.2 HYDROGRAFI.....	28
3.3 SEDIMENTANALYSER	29
3.3.1 Sensoriske vurderinger	29
3.3.2 Kornfordeling.....	29
3.3.3 Kjemiske parametere.....	29
3.4 SAMMENLIGNING.....	31
3. 4.1 Fauna.....	31
3.4.2 Sensoriske vurderinger	32
3.4.3 Kjemiske parametere.....	33
4 DISKUSJON	34
5 LITTERATURLISTE.....	36
6 VEDLEGG	38
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE)	38
VEDLEGG 2 – ANALYSEBEVIS	40
VEDLEGG 3 - KLASSIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD	43
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER	45
VEDLEGG 5 – INDEKS FOR C1	48
VEDLEGG 6 - REFERANSETILSTANDER	49
VEDLEGG 7 - ARTSLISTE	51
VEDLEGG 9 – BILDER AV SEDIMENT	55
VEDLEGG 10 – ASC-VURDERING	57
V.10-1 Sammendrag.....	58

V.10-2 Innledning	59
V.10-3 Metode.....	61
V.10-4 Resultater.....	63
HAL-4	64
V.10-5 Diskusjon	66
V.10-6 Litteraturliste	66

1 Innledning

En C-undersøkelse er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget og utover i resipienten. Denne består av omfattende utforskning av makrofauna i bløtbunn samt målinger av fysiske og kjemiske støtteparametere (hydrografi, sediment, miljøgifter; NS9410 2016). Bløtbunnsfauna domineres i hovedsak av flerbørstemark, krepsdyr og muslinger. Artssammensetningen i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet da de fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile (ISO 16665 2014).

Miljøforholdene er avgjørende for antallet arter og antallet individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av et moderat antall individer blant disse artene (ISO 16665 2014; Veileder 02:2013 2015). Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved en større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensningsindikerende flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne (Veileder 02:2013 2015).

De fleste former for dyreliv i sjøen er avhengig av tilstrekkelig oksygeninnhold i vannmassene. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene som regel tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygenet forbrukes ved nedbrytning. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Ved utilstrekkelig tilførsel av oksygen kan det ved nedbrytning av organisk materiale dannes hydrogensulfid (H_2S) som er giftig for mange arter. I tillegg til bunndyrsanalyser kan surhetsgraden (pH) og redokspotensial (E_h) måles for å avgjøre om sedimentet er belastet av organisk materiale. Sure tilstander (lav pH) og høyt reduksjonspotensiale (lav E_h) reflekterer lite oksygen i sedimentet og kan indikere en signifikant grad av organisk belastning. Mengden organisk materiale i sedimentet måles som totalt organisk karbon (TOC) og som totalt organisk materiale (TOM; glødetap). I tillegg måles tungmetaller (sink og kobber), fosfor og nitrogen i sedimentene for å vurdere i hvilken grad området er belastet (Veileder 02:2013 2015). C:N forholdet viser i hvilken grad det organiske materialet gir grunnlag for biologisk aktivitet (NS9410 2016), hvor en lav ratio antyder en større mengde tilgjengelig nitrogen og dermed muligheten for høyere biologisk aktivitet.

Miljøundersøkelser i forbindelse med oppdrett skal gjøres med utgangspunkt i NS9410 (2016). Standarden definerer at stasjonen for overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen (C1) skal klassifiseres ut i fra arts- og individantall. Stasjoner i overgangssonen (C3, C4.. osv.) og i ytterkant av overgangssonen (C2) skal vurderes ut ifra diversitets og sensitivtetsindekser som beskrevet i Veileder 02:2013 (2015).

Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes diversitets og sensitivitetsindeksene; Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), den sammensatte indeksen NQI1 (diversitet og sensitivitet), ES100 (diversitet), International sensitivity index (ISI) og Norwegian sensitivity indeks (NSI). Density Index (DI) er oppgitt for hver stasjon, men er ikke med i samlet vurdering. Hver indeks er tildelt referanseverdier som deler funnene inn i ulike tilstandsklasser. Tilstandsklasser vil ofte kunne gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de vurderes i sammenheng med artssammensetningen i prøvene for øvrig. Slike tilstandsklasser må like fullt brukes med forsiktighet og inngå i en helhetlig vurdering sammen med de andre resultatene. Klima og forurensningsdirektoratet legger imidlertid vekt på indekser når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnfauna (Veileder 02:2013 2015).

Antall stasjoner i en C-undersøkelse og plassering av disse styres av maksimal tillatt biomasse (MTB), strømforhold og bunntopografi (batymetri) på lokaliteten (NS9410 2016). Prøvestasjonene plasseres slik at C1 angir overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen, oftest 25 til 30 meter fra merdkanten. I ytterkanten av overgangssonen plasseres prøvestasjon C2 i et representativt område, mens øvrige prøvestasjoner (C3, C4 osv.) plasseres inne i overgangssone der det forventes størst påvirkning ut i fra strømmretning og bunntopografi. Om bunnen i overgangssonen er sterkt skrånende så plasseres det en prøvestasjon ved foten av skråningen. Antall stasjoner avhenger av MTB, men dersom tillatelsen ikke utnyttes fullt ut, kan antallet prøvestasjoner reduseres etter faktisk produksjon (NS9410 2016).

Tidspunkt for prøvetaking skal være i løpet av de to siste månedene med maksimal belastning og frem til to måneder etter utslakting. C-undersøkelser ved maksimal belastning skal også utføres etter første generasjon på en ny lokalitet eller ved utvidelse av MTB, mens minimumskravet til frekvensen for fremtidige undersøkelser bestemmes av tilstandsklassen som ble gitt ved foregående undersøkelse (tabell 1.1.1). Dersom frekvensene ikke sammenfaller, gjelder den som gir hyppigst frekvens (NS9410 2016). I tillegg kan fylkesmannen sette spesifikke krav i utslippstillatelsen.

Dersom resultatene fra C1 gir tilstand 4, skal det vurderes spesifikke tiltak av myndighetene. I tillegg til krav om C-undersøkelse som stilles i NS9410 (2016) kan det for den enkelte lokalitet finnes andre pålegg om C-undersøkelse, som for eksempel i utslippstillatelsen.

Tabell 1.1.1 Undersøkelsesfrekvenser for C-undersøkelsen inne i overgangssonen (C3, C4 osv.) og ved ytre grense av overgangssonen (C2) ved ulike tilstandsklasser. Fritt etter NS9410 (2016).

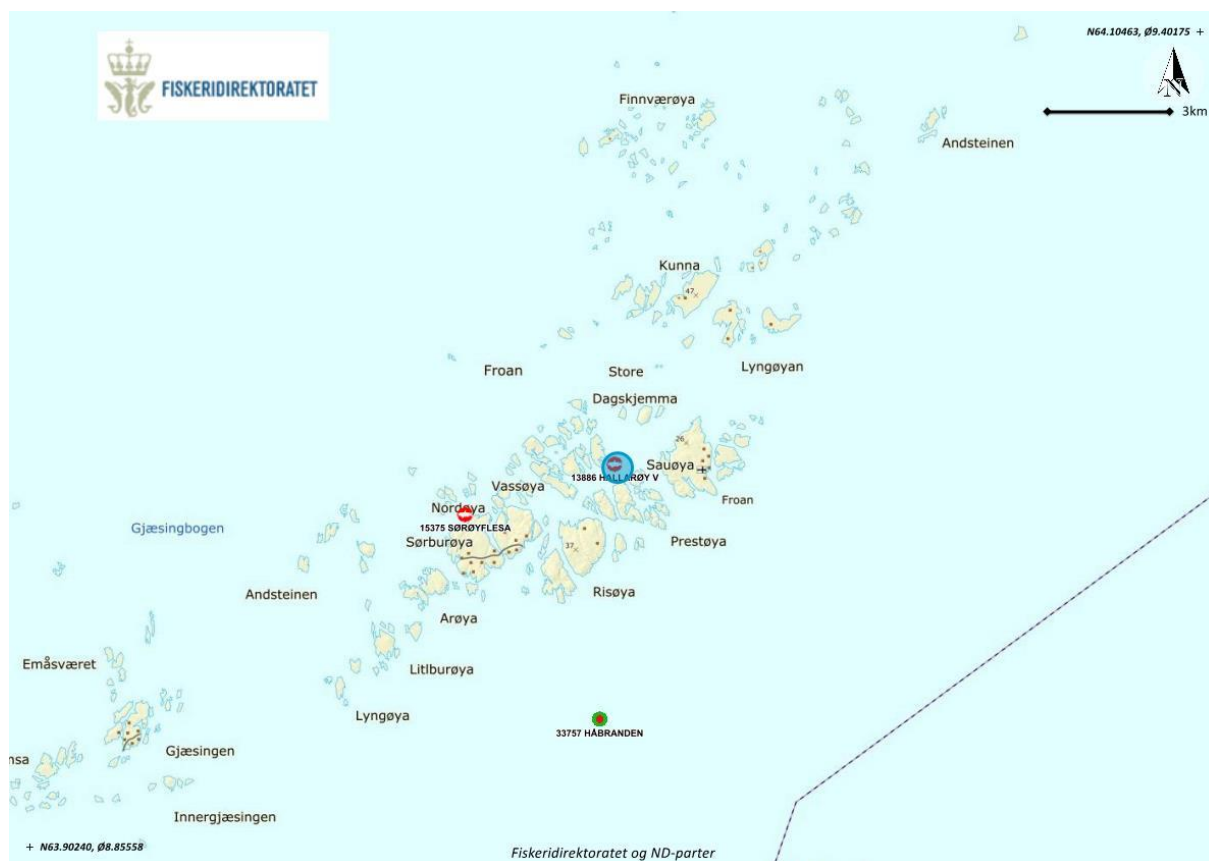
Stasjon	Tilstandsklasse	Neste produksjonssyklus	Hver annen produksjonssyklus	Hver tredje produksjonssyklus
C2	Moderat (III) eller dårligere*	X		
	Svært god (I) eller god (II)			X
Samlet for C3, C4, osv.	Dårligere enn Moderat (III)*	X		
	Moderat (III)		X	
	Svært god (I) eller god (II)			X

* Krever alternativ undersøkelse for å kartlegge utbredelsen av redusert tilstand. Dette avklares med myndighetene.

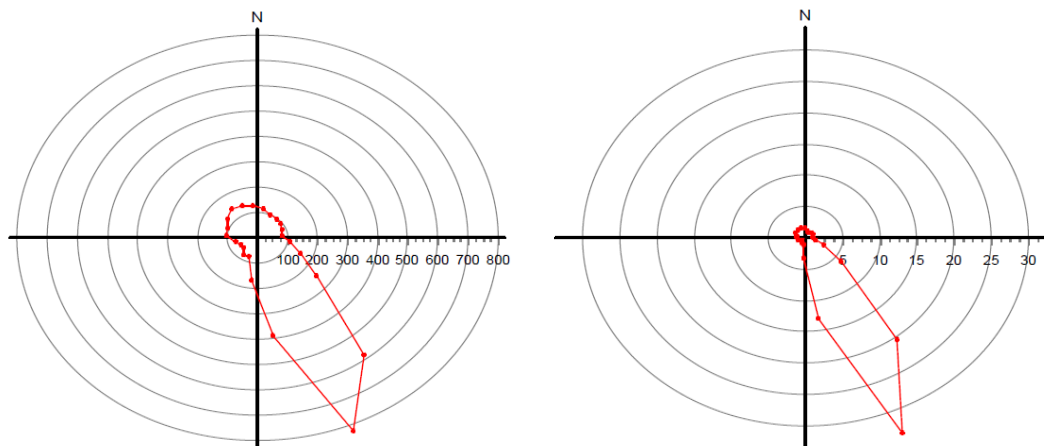
2 Materiale og metode

2.1 Område og prøvestasjoner

Oppdrettslokaliteten Hallarøya ligger innimellom en øygruppe i Froan i Frøya kommune, Trøndelag (figur 2.1.1). Anlegget er plassert på vestsiden av en dybdegrop, hvor dybden under anlegget varierer mellom 30 og 55 meter. Målinger viser at den relativt sterke spredningsstrømmen går i hovedsak mot sørøst (figur 2.1.2). Anlegget har en burrekke på 6 bur med merder på 157 meter i omkrets.

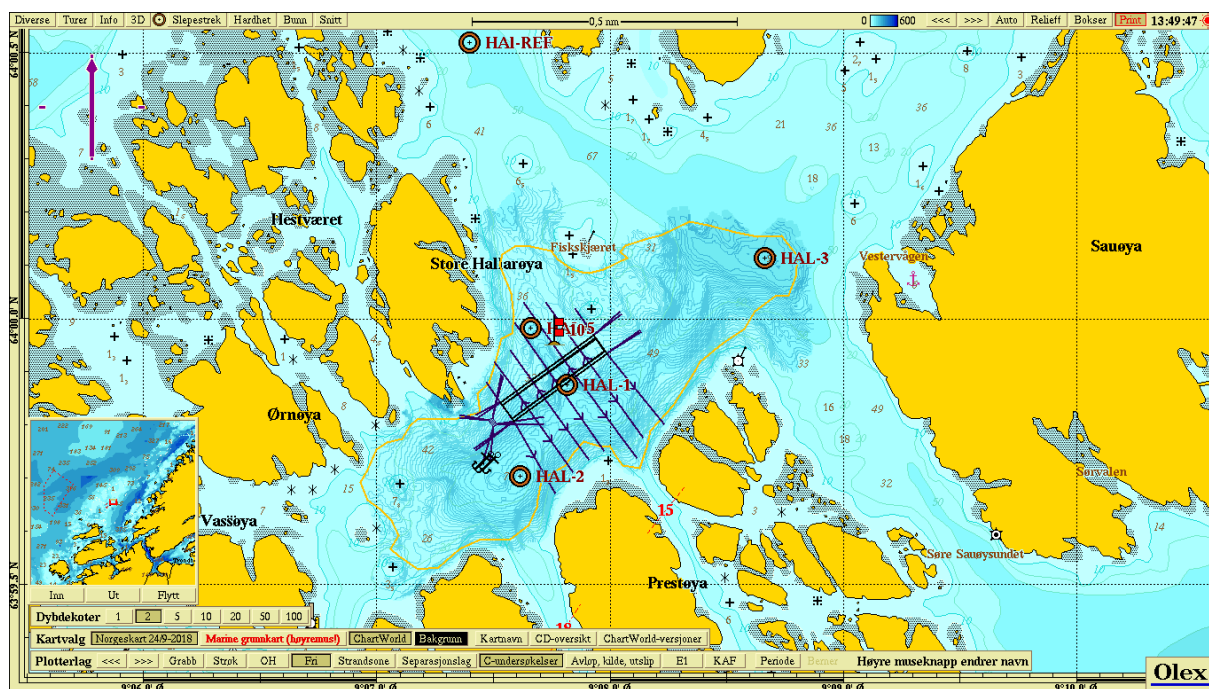


Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten (blå sirkel). Nærliggende anlegg er markert med røde sirkler. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84.

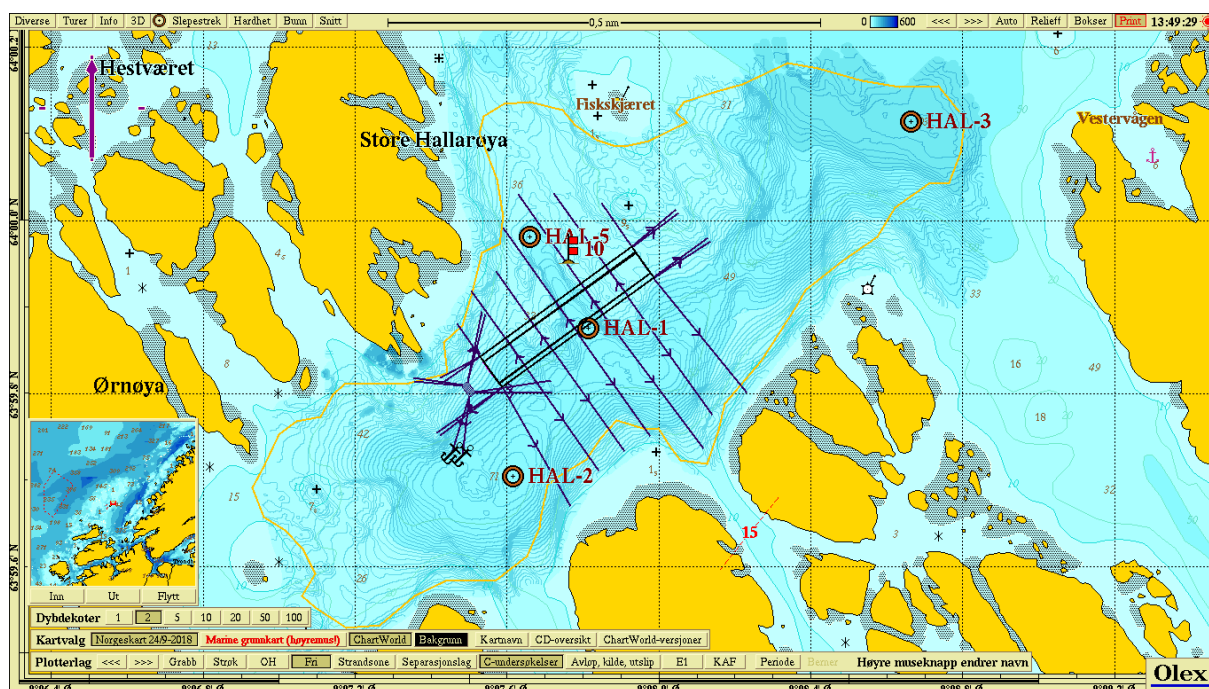


Figur 2.1.2 Strømforhold. Fordelingsdiagrammet til venstre angir antallet målepunkter (frekvens) i ulike himmelretninger. Figur til høyre viser relativ vannfluks som angir hvor stor prosent av vannmassene (mengde) som fordeler seg i de ulike himmelretningene. Målingene er utført på spredningsdypet. Kartdatum WGS84 (Havbrukstjenesten, 2013).

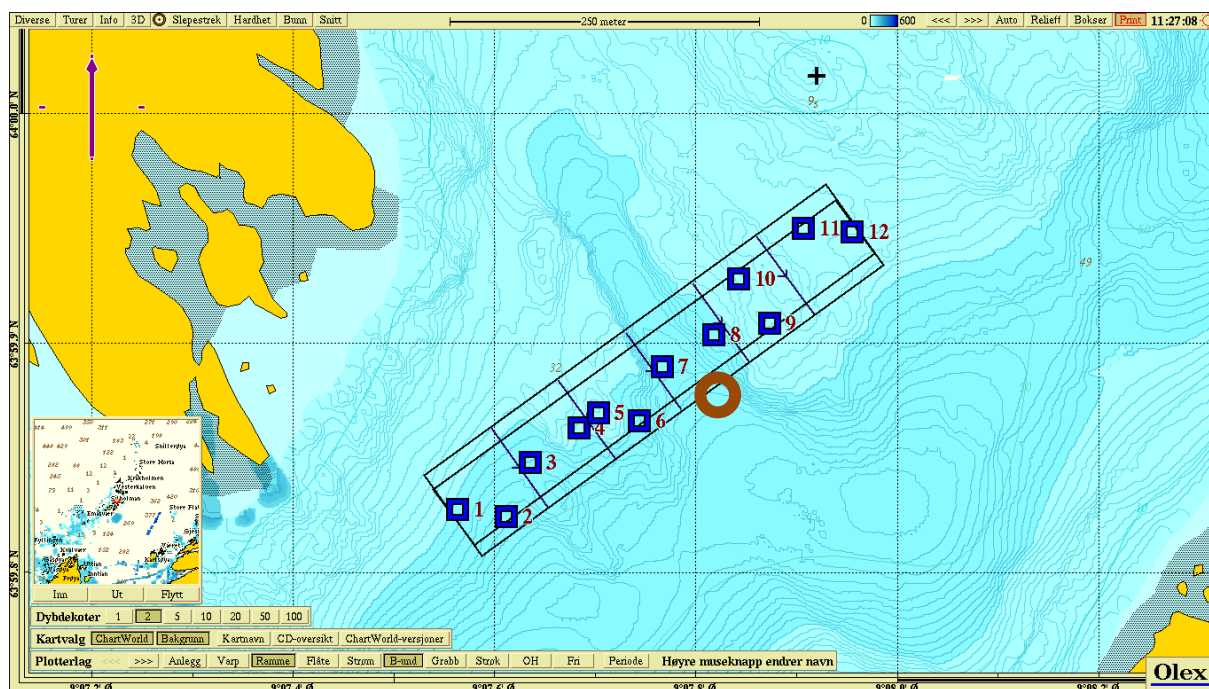
Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av krav i NS9410 (2016). Siden B-undersøkelsen viste like verdier i hele anleggsområdet, ble nærstasjonen HAL-1 plassert nord i anleggssonen i et område med forventet akkumuleringspotensiale. Siden det går en renne mot nordøst ble overgangssonen strekt lengre ut i denne retningen og i ytterkanten av sonen ble HAL-3 plassert. Siden hele området er ganske skjermet av nærliggende grunner, holmer og skjær var det derfor forventet at potensielt organisk materiale vil også kunne transporteres i denne retningen. På bakgrunn av batymetri og strømdata ble stasjon HAL-2 plassert 205 meter sør for anlegget i et dybdeområde hvor det er forventet transport og akkumulering av organiske biprodukter. Stasjon HAL-5 ble plassert 150 meter nord for anlegget for å sikre en fornuftig fordeling av overgangsstasjonene og fange opp eventuell transport av organiske biprodukter i denne himmelretningen, mer i returstrømsområdet. Referansestasjonen ble plassert 1105 meter nord for anlegget, i et område som er antatt å være upåvirket av anleggsproduksjonen og har tilsvarende sediment og batymetriske forhold som overgangssonen (figur 2.1.3-2.1.4; tabell 2.1.1).



Figur 2.1.3 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, prøvestasjonsplassering og referansestasjonen (brun runding), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og antatt utstrekning av overgangssonen (gul linje). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



Figur 2.1.4 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, prøvestasjonsplassering (brun runding), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og antatt utstrekning av overgangssonen (gul linje). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



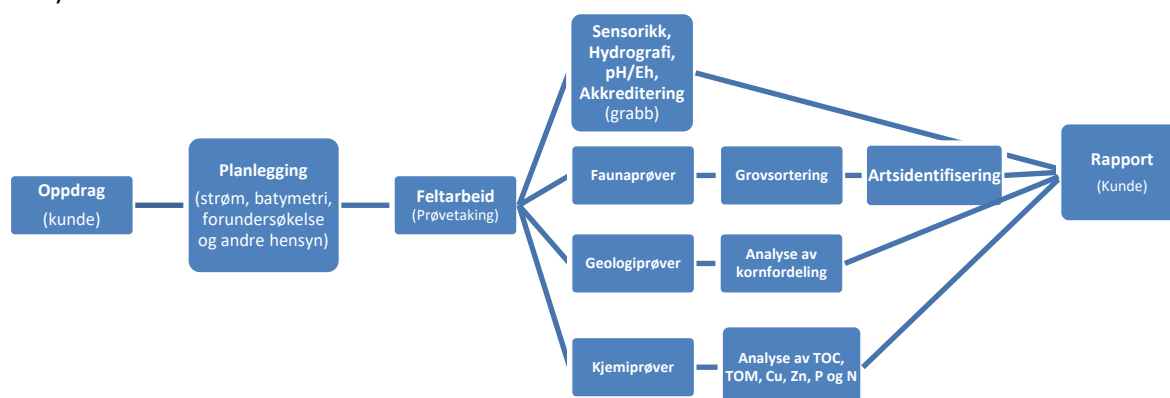
Figur 2.1.5 Anleggsplassering og B-undersøkellesstasjoner (firkanter) og C-stasjonens innerste prøvestasjon (brun runding). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 2.1.1 Stasjonsbeskrivelser. Stasjonsplasseringen beskrives i NS9410 (2016) som overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen (C1), ytterkant av overgangssone (C2) og som overgangssone (C3, C4 osv.). Undersøkelsen omfatter kvalitative faunaprøver (FAU), pH- og Eh målinger (PE), kjemiske parametre (KJE), geologiske parametre (GEO) og hydrografiske målinger (CTD). Koordinater er oppgitt med datum WGS84 og avstand fra merdkant og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt.

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametere	Plassering
HAL-1	63°59.875'N / 09°07.814'Ø	25-30	57	FAU, KJE, GEO, PE	C1
HAL-2	63°59.704'N / 09°07.615'Ø	204	72	FAU, KJE, GEO, PE	C3
HAL-3	64°00.114'N / 09°08.664'Ø	650	93	FAU, KJE, GEO, PE, CTD	C2
HAL-5	63°59.981'N / 09°07.660'Ø	150	44	FAU, KJE, GEO, PE	C5
HAL-REF	64°00.518'N / 09°07.397'Ø	1105	71	FAU, KJE, GEO, PE	C6

2.2 Prøvetaking og analyser

Uttak av prøver og vurdering av akkrediteringsstatus per grabbhugg ble gjennomført av feltpersonell i henhold til NS9410 (2016) og NS-EN ISO 16665 (2014). Det ble tatt tre grabbhugg på hver prøvestasjon hvor to ble tatt ut til faunaundersøkelse og én til geologiske- og kjemiske undersøkelser. I felt vurderes prøvene for sensoriske parametere, pH og Eh og om huggene er akkrediterte eller ikke. Vurderingen av akkreditering baseres på om overflaten var tilnærmet uforstyrret og om det ble hentet opp minimum mengde av sediment som er avhengig av type (stein, sand, mudder osv.). For kjemianalyser ble det tatt prøver fra øverste 1 cm av overflaten, mens for de geologiske prøvene (kornfordeling) fra de øverste 5 cm. Kornfordelingen illustrerer mikroklimaet i en mindre prøve, mens de sensoriske dataene for sedimentsammensetningen gjelder hele grabbinnholdet. For faunaundersøkelsen ble de to grabbprøvene i sin helhet vasket i en sikt, fiksert med formalin tilsatt farge (bengalrosa) og nøytralisert med boraks (tabell 2.2.1; vedlegg 1). For kjemiske parameterne ble det tatt ut prøve til analyse av totalt organisk karbon (TOC), totalt organisk materiale (TOM; glødetap), nitrogen (N), fosfor (P), kobber (Cu) og sink (Zn) fra samme hugget som det ble tatt ut prøve for kornfordeling (tabell 2.2.2; vedlegg 2) som alle ble analysert av underleverandøren (figur 2.2.1).



Figur 2.2. 1 Arbeidsflyt.

Grunnet stor mengde sediment etter vasking (1 liter) ble det foretatt «subsampling» av prøvematerialet hvor ¼ av materialet er tatt ut for grovsortering i henhold til intern prosedyre. Dette ble gjort ved stasjonene HAL-3 og HAL-REF.

Tabell 2.2.1 Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (KC-denmark/Størksen) på 0,1 m ²
pH-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Eh-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Sikt	Runde hull, 1 mm diameter (KC-Denmark)
GPS og kart	Olex, GPS og kart fra Kartverket, Datum WGS84
Konservering	Boraks og formalin (4% bufret i sjøvann)
CTD	SAIV AS
Annet	Linjal, prøveglass, skje, hevert og hvit plastbalje, kamera

Tabell 2.2.2 Oversikt over arbeid utført av Åkerblå AS (ÅB AS) og underleverandører (LEV) som er benyttet. AK = Akkreditering, K-AS = Kystlab AS, Cu = kobber, Zn = sink og P = fosfor.

	LEV	Personell	AK	Standard
Feltarbeid	JKL/EN	Jan Kristoffer Landro	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	ÅB AS	Jolanta Jagmiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	ÅB AS	Martin Skarsvåg	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	ÅB AS	Martin Skarsvåg	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	ÅB AS	Martin Skarsvåg	TEST 252: P32	V02:2013 (2015), SFT 97:03, NS 9410:2016
Cu, Zn og P	K-AS	K-AS	TEST 070	NS-EN ISO 17294-2
Total organisk karbon (TOC)*	K-AS	K-AS*	-	ISO 10694 mod./EN13137A
Kornfordeling	K-AS	K-AS	-	DIN 18123
Nitrogen	K-AS	K-AS	TEST 070	Intern metode

* Utført av underleverandør til Kystlab AS

Målinger for hydrografi ble gjennomført ved at CTD-sonden med et påmontert lodd ble firt til loddet traff bunnen og deretter hevet til overflaten. Sonden gjorde én registrering hvert 2. sekund og målte salinitet, temperatur og oksygeninnhold. Data fra senkning av sonden ble benyttet (intern prosedyre). Uthenting av data og behandling av disse ble gjort med programvaren Minisoft SD200w versjon 3.18.7.172 og Microsoft Excel (2007/2010/2013).

Faunaprøver er sortert og identifisert (Horton et al. 2016) av personell i avdelingen for Marine Bunndyr i Åkerblå AS.

Utrekningen av artsmangfold (ES_{100}) ble utført med programpakken PRIMER (versjon 6.1.6/7, Plymouth Laboratories). Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI (versjon 5.0, AZTI-Tecnalia). Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel. Shannon-Wiener diversitetsindeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver (1949) og Veileder 02:2013 (2015). ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling (2013). AMBI-indeks og NQI1-indeks ble beregnet etter Veileder 02:2013 (Anon 2013). DI-indeks ble beregnet etter Veileder 02:13 (2015), men denne inngår ikke i den normaliserte ratioen for økologisk kvalitet (nEQR). Vurderinger og fortolkninger ble foretatt ut fra Veileder 02:2013 (2015; vedlegg 6).

Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 6). På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippskilden kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. I denne rapporten ble vurdering av stasjonen i overgangen anleggssone/overgangssone (HAL-1) gjort på grunnlag av artsantall og artssammensetning i henhold til NS 9410 (2016), mens øvrige stasjoner bedømmes på bakgrunn av en tilstandsverdi (nEQR) av indeksene: NQI1, Shannon Wiener diversitetsindeks (H'), ES_{100} , ISI og NSI (tabell 2.2.3; vedlegg 4). Det er i tillegg beregnet indekser for nærstasjonen (vedlegg 5).

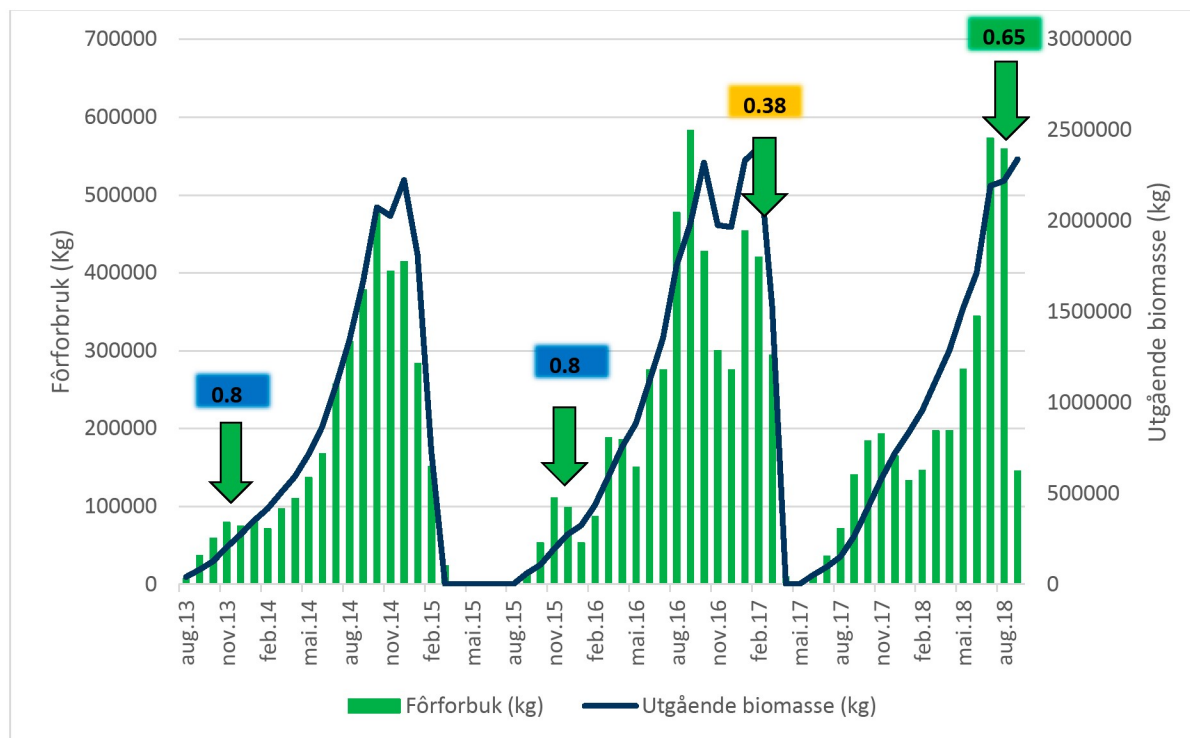
Veileder 02:2013 (2015) omtaler alle tilstander som *tilstandsklasser*, mens NS9410 (2016) omtaler det som *miljøtilstand*. I denne rapporten brukes *tilstand* om alle tilfeller hvor det for veilederen beskrives som tilstandsklasse og for NS9410 (2016) beskrives som miljøtilstand. Øvrige uttrykk er beholdt som skrevet i de respektive standarder og veiledere (Tabell 2.2.3).

Tabell 2.2.3 Indekser og forkortelser.

Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	Sammensatt indeks av artsmangfold og ømfintlighet
H'	Shannon-Wiener artsmangfoldindeks
H' _{max}	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter ($= \log_2 S$)
ES ₁₀₀	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom $N \geq 100$)
J	Jevnhetsindeks
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index)
NSI	Norsk sensitivitetsindeks som angir artenes forurensningsgrad
DI	Individtetthetsindeks («Density Index»)
$\bar{G}$	Grabbverdi: Gjennomsnitt for grabb 1 og 2
$\bar{S}$	Stasjonsverdi: kombinert verdi for grabb 1 og 2
nEQR	Normalisert ratio ("Normalised Ecological Quality Ratio")
Tilstand	Generalisert uttrykk som omfatter tilstandsklasse og miljøtilstand
Tilstandsverdi	Gjennomsnittet av alle indeksenes nEQR-verdi

2.3 Produksjon

Fisk på lokalitet ble satt ut i mai 2017. Ved tidspunkt for undersøkelse var biomassen på lokaliteten omtrent 2340 tonn. Totalt fôrforbruk på lokaliteten siden utsett var ved samme tid omtrent 3371 tonn (figur 2.3.1 og tabell 2.3.1).



Figur 2.3.1 Produksjonsinformasjon ved Hallarøya for de siste generasjoner og frem til tidspunkt for C-undersøkelsen. Linje indikerer utgående biomasse og stolper indikerer fôrforbruk per måned. Pil angir prøvetidspunkt med samlet tilstandsverdi (nEQR) for undersøkelsen: blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = Svært dårlig.

Tabell 2.3.1 Oppsummering av produksjonsdata. For hver undersøkelse angis dato for undersøkelsen, generasjonen av fisk (Gen), utfôret mengde ved tidspunkt for undersøkelsen samt budsjettert utfôret mengde på generasjonen. Begge oppgitt i tonn. Utfôret og budsjettert mengde gir en prosentfordeling som angir belastningsgraden i anlegget (%).

Dato	Gen	Utfôret	Budsjett	%	Merknader
04.09.18	05/17	3226	3400	94	

2.4 Sammenligning

Inneværende undersøkelse ble sammenlignet med tidligere undersøkelser utført i 2017, 2016 og 2013. De fleste stasjonene har like plasseringer og blir sammenlignet direkte. Unntaket er en stasjon (HAL-4) og noen klassifiseringer, men det kommer frem av resultatene.

3 Resultater

3.1 Bunndyrsanalyser

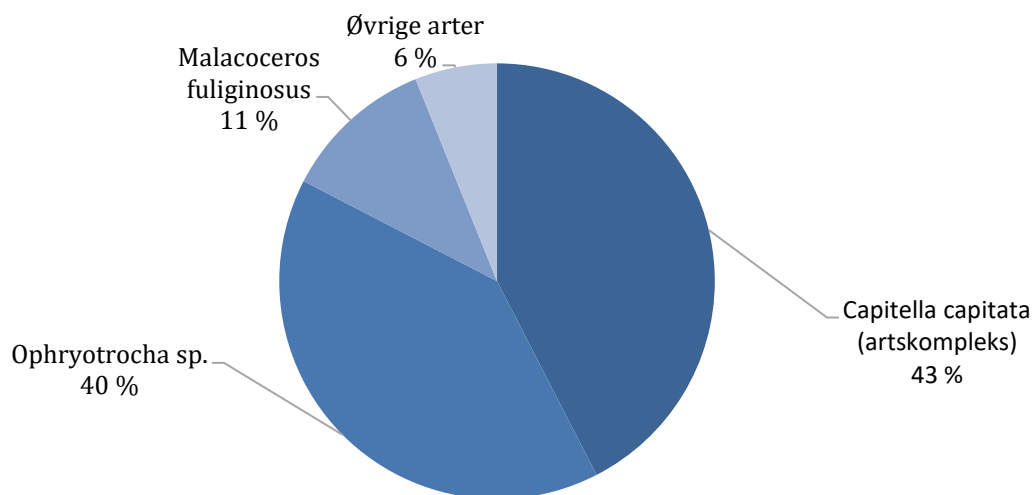
3.1.1 HAL-1

Ved HAL-1 ble det registrert 2919 individer fordelt på 18 arter (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1). Stasjonen ble etter NS9410 (2016) klassifisert med **tilstand 2 (god)**, da ingen enkeltarter utgjorde ≥ 90 % av totalt individantall.

Tabell 3.1.1.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-1 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Capitella capitata (artskompleks)	5	1 239	42,4
Ophryotrocha sp.	4	1 172	40,2
Malacoceros fuliginosus	5	330	11,3
Protodorvillea kefersteini	4	70	2,4
Tubificoides benedii	5	42	1,4
Mediomastus fragilis	4	18	0,6
Cirriformia tentaculata		15	0,5
Syllis cornuta	3	11	0,4
Microphthalmus sp.		7	0,2
Phyllodoce mucosa	5	4	0,1
Øvrige arter		11	0,4

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.1.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-1.

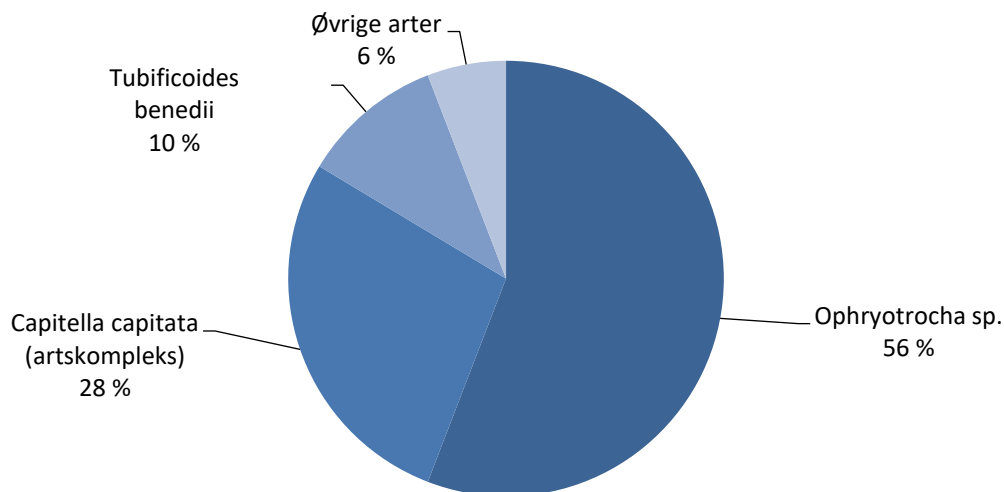
3.1.2 HAL-2

Ved HAL-2 ble det registrert 778 individer fordelt på 12 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Stasjonen ble klassifisert i midtre del av intervallet for **dårlig tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.2.2).

Tabell 3.1.2.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-2 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Ophryotrocha sp.	4	869	55,8
Capitella capitata (artskompleks)	5	432	27,8
Tubificoides benedii	5	164	10,5
Phyllodoce mucosa	5	31	2,0
Protodorvillea kefersteini	4	29	1,9
Malacoceros fuliginosus	5	9	0,6
Lagis koreni	4	7	0,4
Arenicola marina		5	0,3
Scalibregma inflatum (artskompleks)	3	2	0,1
Prosobranchia	1	2	0,1
Øvrige arter		6	0,4

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensnings-indikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	-----------------------------------



Figur 3.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-2.

Tabell 3.1.2.2 Faunaresultater for HAL-2 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-2-1	HAL-2-2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	10	14	12	16		
N	1001	555	778	1556		
NQI1	0,372	0,391	0,382	0,401	0,280	0,301
H'	1,453	1,931	1,692	1,715	0,358	0,363
J	0,437	0,507	0,472	0,429		
H'max	3,322	3,807	3,565	4,000		
ES100	5,559	7,934	6,747	6,473	0,270	0,259
ISI	5,145	5,276	5,211	5,853	0,284	0,359
NSI	12,149	10,288	11,219	11,488	0,249	0,260
DI	0,950	0,694	0,822	1,142		
Grabb-/stasjonsverdi					0,288	0,308
Tilstandsverdi						0,298

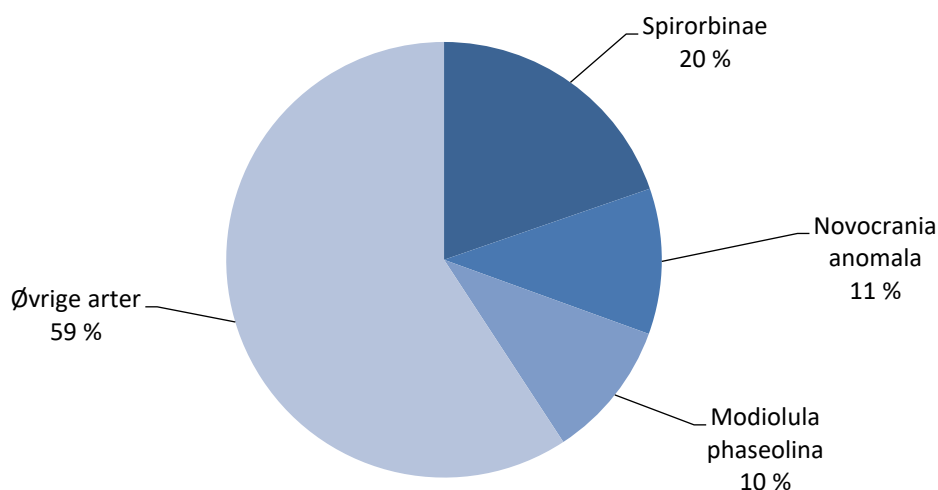
3.1.3 HAL-3

Ved HAL-3 ble det registrert 1035 individer fordelt på 63 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.3.2).

Tabell 3.1.3.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-3 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Spirorbinae		204	19,7
Novocrania anomala		112	10,8
Modiolula phaseolina	1	106	10,2
Amphipholis squamata	1	78	7,5
Oligochaeta	5	62	6,0
Limatula sp.		40	3,9
Psamathe fusca	2	33	3,2
Pareurythoe borealis		32	3,1
Sabellidae	2	29	2,8
Glycera lapidum	1	23	2,2
Øvrige arter		316	30,5

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensnings-indikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	-----------------------------------



Figur 3.1.3.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-3.

Tabell 3.1.3.2 Faunaresultater for HAL-3 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\check{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-3-1	HAL-3-2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	51	42	47	63		
N	527	508	518	1035		
NQI1	0,811	0,764	0,787	0,798	0,766	0,777
H'	4,610	4,161	4,385	4,565	0,754	0,774
J	0,813	0,772	0,792	0,764		
H'max	5,672	5,392	5,532	5,977		
ES100	31,270	26,650	28,960	30,730	0,741	0,762
ISI	11,459	12,156	11,808	11,481	0,930	0,911
NSI	28,243	25,935	27,089	27,225	0,870	0,874
DI	0,672	0,656	0,664	0,965		
Grabb-/stasjonsverdi					0,812	0,819
Tilstandsverdi						0,816

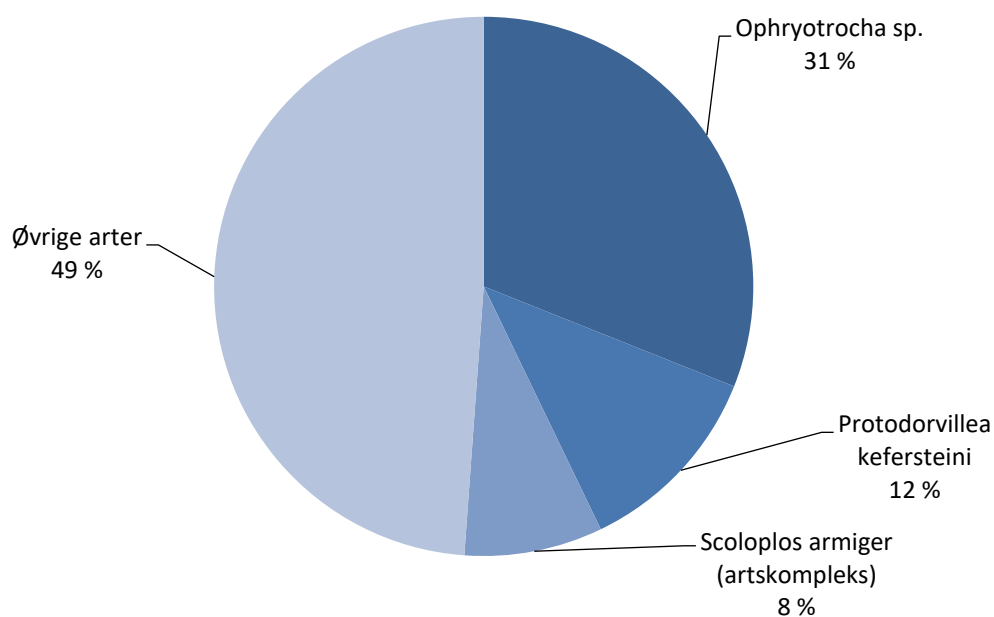
3.1.5 HAL-5

Ved HAL-5 ble det registrert 1398 individer fordelt på 76 arter (tabell 3.1.5.1, tabell 3.1.5.2 og figur 3.1.5.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.5.2).

Tabell 3.1.5.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-5 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Ophryotrocha sp.	4	434	31,0
Protodorvillea kefersteini	4	165	11,8
Scoloplos armiger (artskompleks)	3	116	8,3
Mediomastus fragilis	4	104	7,4
Capitella capitata (artskompleks)	5	101	7,2
Spio filicornis	3	94	6,7
Paradoneis lyra	2	60	4,3
Chaetozone zetlandica		52	3,7
Spionidae	3	24	1,7
Scalibregma inflatum (artskompleks)	3	21	1,5
Øvrige arter		227	16,2

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.5.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-5.

Tabell 3.1.5.2 Faunaresultater for HAL-5 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\check{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-5-1	HAL-5-2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	45	63	54	76		
N	464	934	699	1398		
NQI1	0,627	0,650	0,639	0,653	0,609	0,624
H'	3,559	3,892	3,725	3,879	0,681	0,698
J	0,648	0,651	0,650	0,621		
$H'_{\max}$	5,492	5,977	5,735	6,248		
ES100	22,200	22,840	22,520	23,030	0,665	0,671
ISI	8,987	8,783	8,885	9,218	0,732	0,764
NSI	17,010	16,490	16,750	16,667	0,470	0,467
DI	0,617	0,920	0,768	1,096		
Grabb-/stasjonsverdi					0,631	0,645
Tilstandsverdi						0,638

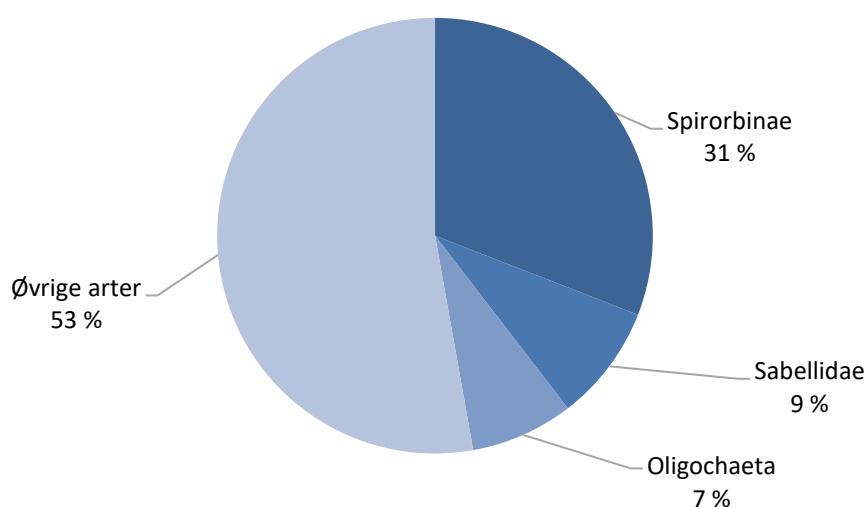
3.1.6 HAL-REF

Ved HAL-REF ble det registrert 1087 individer fordelt på 76 arter (tabell 3.1.6.1, tabell 3.1.6.2 og figur 3.1.6.1). Stasjonen ble klassifisert i øvre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.6.2).

Tabell 3.1.6.1 De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-REF oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Spirorbinae		336	30,9
Sabellidae	2	94	8,6
Oligochaeta	5	83	7,6
Modiolula phaseolina	1	60	5,5
Jasmineira sp.	2	44	4,0
Amphipholis squamata	1	31	2,9
Aonides paucibranchiata	1	30	2,8
Myriochele danielsseni		28	2,6
Glycera lapidum	1	26	2,4
Serpulidae		25	2,3
Øvrige arter		330	30,4

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur 3.1.6.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-REF.

Tabell 3.1.6.2 Faunaresultater for HAL-REF fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-REF-1	HAL-REF-2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	38	63	51	76		
N	317	770	544	1087		
NQI1	0,778	0,775	0,776	0,791	0,754	0,769
H'	3,404	4,460	3,932	4,364	0,704	0,752
J	0,649	0,746	0,697	0,698		
H'max	5,248	5,977	5,613	6,248		
ES100	24,240	30,130	27,185	30,640	0,720	0,760
ISI	9,995	10,149	10,072	10,298	0,828	0,841
NSI	26,361	25,128	25,744	25,436	0,825	0,815
DI	0,451	0,836	0,644	0,986		
Grabb-/stasjonsverdi					0,766	0,787
Tilstandsverdi						0,777

3.1.9 Samlet tilstandsverdi

Undersøkelsesfrekvens for C-undersøkelser er bestemt av tilstandsverdien til C-stasjonens C2-stasjon eller den samlede verdien fra C3, C4, osv. (tabell 3.1.9.1 og tabell 3.1.9.2).

Tabell 3.1.9.1 Samlet vurdering fra C3, C4, osv. med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	$\bar{S}$	nEQR $\bar{S}$
S	82	
N	2954	
NQI1	0,892	0,980
H'	3,135	0,615
J	0,493	
H'max	6,358	
ES100	14,840	0,538
ISI	8,979	0,741
NSI	13,859	0,354
DI	0,818	
Stasjonsverdi Os		0,646

Tabell 3.1.9.2 Tilstandsverdi fra nEQR for stasjoner C2 og C3, C4 osv.

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Tilstandsverdi	Tilstand
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	HAL-3	0,816	I Svært god
Overgangssonen (C3, C4, osv.)	Samlet	0,646	II God

3.2 Hydrografi

CTD ble ikke tatt grunnet feil med måleapparatet.

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Sensoriske vurderinger

I hovedsak hadde sedimentet lys farge, bestod av skjellsand og hadde fast konsistens. Noe lukt, myk konsistens, organisk materiale og brun farge ble registrert i prøvene fra stasjon HAL-2. Samtlige prøvehugg på stasjon HAL-3, i tillegg til to grabbskudd på stasjon HAL-4 og HAL-5 var akkreditert for volum. For de resterende prøvene var det kun akkreditert for overflate (Vedlegg 1).

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at disse prøvene i hovedsak bestod av sand, noe grus og lite finstoff.

Tabell 3.3.2.1 Kornfordeling. Leire og silt er definert med kornstørrelser $< 0,063$ mm, sand er definert med kornstørrelser fra $0,063 - 2$ mm, og grus er definert med kornstørrelser > 2 mm. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	Leire og Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
HAL-1	1,5	93	8
HAL-2	3,2	98	<1
HAL-3	0,5	56	44
HAL-5	1,2	95	5
HAL-REF	2,4	89	9

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med tilstand I (meget god) for samtlige prøver (Tabell 3.3.3.1).

Tabell 3.3.3.1 pH- og E_h -verdier fra sedimentoverflaten. Beregnet poengverdi går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er meget god, og 4 er meget dårlig (NS 9410 2016). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
HAL-1	8,11	318	0	1
HAL-2	7,75	100	0	1
HAL-3	8,29	262	0	1
HAL-5	8,02	201	0	1
HAL-REF	8,15	438	0	1

Innholdet av karbon (nTOC) ble klassifisert med tilstand (TS) **III (Moderat)** ved anleggssonen (HAL-1), og tilstand (TS) **V (Svært dårlig)** sør for anlegget. De øvrige stasjonene ble klassifisert med tilstand **II (God)**. Innholdet av kobber og sink ved alle stasjoner var lave og ble klassifisert med tilstand **I (Bakgrunn)**. For fosfor var verdiene høyest ved anleggssonen (HAL-1), og sør for anlegget (HAL-2), og lavest ved referansestasjonen (HAL-REF). Nitrogenverdiene var høyest sør for anlegget (HAL-2), og lavest ved referansestasjonen.

Tabell 3.3.3.2 Innhold av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstand (TS) er oppgitt etter Veileder M608 (2016) for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS), normalisert TOC (nTOC; mg/g) og totalt organisk materiale (TOM; glødetap i % av TS). Fosfor (P; mg/kg TS) og nitrogen (N; mg/kg TS) har ikke tildelt tilstand og karbon-nitrogenforholdet (C:N) er oppgitt som ratio mellom de to enhetene. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	TOM	TOC	nTOC	TK	N	C:N	P	Zn	TK	Cu	TK
HAL-1	4,8	16000	33,7	III	2140	7,48	1800	50,0	I	3,8	I
HAL-2	8,0	31000	48,4	V	3370	9,20	1800	59,0	I	9,6	I
HAL-3	4,4	3700	21,6	II	2640	1,40	260	6,1	I	1,5	I
HAL-5	3,8	6500	24,3	II	877	7,41	530	15,0	I	2,3	I
HAL-REF	3,1	4600	22,2	II	434	10,60	230	7,4	I	2,4	I

3.4 Sammenligning

3.4.1 Fauna

Nærmest anlegget (HAL-1) har miljøtilstanden holdt seg relativt stabil, men mindre variasjoner mellom beste eller nest beste tilstand med påfølgende varierende dominant art. Sør for anlegget (Hal-2) har det vært relativt stabile dårlige forhold, men markant lavere individantall siden 2017. Nord for anlegget (HAL-5) har forholdene bedret seg med større biodiversitet og gått opp fra moderat til god tilstandsklassifisering. Stasjonen i ytterkanten av overgangssonen har vært relativt stabil gjennom årene.

Tabell 3.4.1.1 Sammenlignede faunaparametere

Stasjon	Antall art/ind	Hyppigst forekommende art	Miljøtilstand (NS9410)	H'	nEQR	Tilstand
HAL-1 2018	18/2919	Capitella capitata	God	1,816	0,285	IV Dårlig
HAL-1 2017	25/10122	Ophyotrocha sp	Meget god	1,225	0,308	IV Dårlig
HAL-1 2016	42/1311	Capitella capitata	God			
HAL-1 2013	73/540	Sabellidae indet.	Meget god			
HAL-2 2018	12/778	Ophyotrocha sp		1,715	0,298	IV Dårlig
HAL-2 2017	34/6356	Capitella capitata		1,080	0,295	IV Dårlig
HAL-2 2016	27/1108	Capitella capitata				
HAL-2 2013	i.a	i.a				
HAL-3 2018	63/1035	Spirorbinae indet		4,565	0,816	I Meget God
HAL-3 2017	86/941	Pardexiospira vitrea		5,078	0,868	I Meget God
HAL-3 2016	52/469	Ophiura robusta		5,034	0,736	II God
HAL-3 2013	50/180	Novocrania anomala		4,97		
HAL-5 2018	76/1398	Ophyotrocha sp		3,859	0,638	II God
HAL-5 2017	59/3052	Capitella capitata		2,203	0,491	III Moderat
HAL-5 2016	86/961	Aonides paucibranchiata				

3.4.2 Sensoriske vurderinger

Det har ikke skjedd vesentlige endringer i sensoriske vurderinger ved noen av stasjonene.

Tabell 3.4.2.1 Sammenligning av sensoriske vurderinger ved stasjoner mellom undersøkelsene. i.a. = ikke aktuelt.

Stasjon	Dyp (m)	Farge	Lukt	Finstoff (%)	Sedimentbeskrivelse
HAL-1 2018	53	Lys/grå	Ingen	1,5	Fast
HAL-1 2017	57	Lys/grå	Noe	1	Fast
HAL-1 2016	57	Lys/grå	Ingen	1,65	Fast
HAL-1 2013	60	i.a.	i.a.	13	i.a.
HAL-2 2018	71	Brun	Noe	3,2	Myk
HAL-2 2017	73	Brun	Noe	2	Myk
HAL-2 2016	72	Brun	Litt	13.4	Myk
HAL-2 2013	72	i.a.	i.a.	55.1	i.a.
HAL-3 2018	92	Lys/grå	Ingen	0,5	Fast
HAL-3 2017	94	Lys/grå	Ingen	1	Fast
HAL-3 2016	93	Lys/grå	Ingen	0,5	Fast
HAL-5 2018	42	Lys/grå	Ingen	1,2	Fast
HAL-5 2017	43	Lys/grå	Noe	1	Fast
HAL-5 2016	42	Lys/grå	Ingen	i.a.	Fast

3.4.3 Kjemiske parametere

Nærmest anlegget har ikke innholdet av karbon endret seg nevneverdig, men fordi verdiene ligger nærme klassegrensene har stasjonen fått ulik klassifisering mellom årene. Sør for anlegget har det stort sett vært stabilt høye karbonverdier, mens de andre stasjonene stort sett har lavt innhold. Innholdet av sink har blitt betydelig redusert ved HAL-2 siden 2017. Ellers viser de øvrige støtteparametere stabile forhold.

Tabell 3.4.3.1 Sammenligning av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et. al, 2007) og Veileder M-608 (2016) for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS) og normalisert TOC (nTOC; mg/g). Fosfor (P; mg/kg TS). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	nTOC	TK	P	Zn	TK	Cu	TK	pH/Eh	Poeng/ TK
HAL-1 2013	26,7	II	470	19,0	I	5,0	I	7,63/24	1/1
HAL-1 2016	31,3*	III*	500	59,2	I	1,81	I	7,95/135	0/1
HAL-1 2017	26,9	II	960	39,0	I	3,1	I	7,7/203	0/ 1
HAL-1 2018	33,7	III	1800	50,0	I	3,8	I	7,7/203	I
HAL-2 2013	43,1	V	2000	170	II	14,0	I	7,39/-131	2/2
HAL-2 2016	38,8*	IV*	2280	10,5	I	12,5	I	7,62/-23	1/1
HAL-2 2017	62,6	V	3200	130,0	II	17,0	I	7,6/208	0/ 1
HAL-2 2018	48,4	V	1800	59,0	I	9,6	I	7,6/208	I
HAL-3 2013	26,0	II	360	15,0	I	3,0	I	7,65/138	0/1
HAL-3 2016	20,5*	II*	540	10,5	I	2,41	I	8,01/65	1/1
HAL-3 2017	18,9	I	290	3,6	I	1,1	I	8,0/209	0/ 1
HAL-3 2018	21,6	II	260	6,1	I	1,5	I	8,0/209	I
HAL-5 2017	23,3	II	530	15,0	I	2,3	I	8,02/201	I
HAL-5 2018	24,3	II	400	15,0	I	1,9	I	7,9/205	I

*Feil i rapport fra 2016. Riktige verdier er presentert i denne tabellen.

4 Diskusjon

Undersøkelsen viste samlet sett god tilstand for fauna i overgangssonen. Det er dominans av forurensningstolerante og opportunistiske arter ved alle stasjoner i overgangssonen, og ingen av de er blant de vanligste artene ved stasjonen i ytterkant av overgangssonen (HAL-3). Det kan derfor tyde på at overgangssonen er noe påvirket, men det er grunn til å tro at dette også delvis skyldes naturlig organisk materiale, da en del rester av tang og tare ble funnet ved grovsortering/identifisering av prøveinnholdet. Stasjonen sør for anlegget (HAL-2), peker seg ut som den mest påvirkede av stasjonene i overgangssonen. Her ble det også funnet en del tarerester ved prøvetakning (Vedlegg 1). I tillegg var karbonverdiene her høyere enn ved samtlige stasjoner i undersøkelsen (Tabell 3.3.3.2) Det er derfor mulig at stasjonen ligger i et lokalt akkumuleringsområde som medfører at den naturlige tilstanden her vil være dårligere enn ved de resterende stasjonene i overgangssonen. Det er derfor usikkert hvor representativ stasjonen er for overgangssonen, og ved neste undersøkelse kan en vurdere å flytte denne. Det har også vært dårlige forhold ved tidligere undersøkelser her (Johansen og Østerbrøt 2017; Skomsø 2016; Haugen 2013). Undersøkelsen ble tatt under det som betegnes som maksimal belastning (kort tid før utslakt) og er derfor representativ for situasjonen ved maksimal belastning.

Ved prøvetakningsstasjonen nord for anlegget (HAL-5), var forholdene gode. Dette skyldes nok at stasjonen er plassert oppstrøms et stykke fra anlegget, der det akkumuleres mindre organisk materiale. Likevel var det også her flere forurensningstolerante og opportunistiske arter, som ikke var vanlige ved referansestasjonen. Dette kan tyde på lettere påvirkning også ved denne stasjonen, men i mye mindre grad enn ved HAL-2. Anleggssonen (HAL-1) ble etter NS9410 klassifisert som god på grensen til meget god. Stasjonen i ytterkant av overgangssonen (HAL-3), fremstår som upåvirket og har en dominans av forurensningssensitive arter og forurensningsnøytrale arter. Overgangssonen synes å ha en fornuftig utstrekning, da det er stor forskjell på faunaen i ytterkant av overgangssonen og stasjonene nærmere anlegget.

Referansestasjonen (HAL-REF) synes å representere overgangssonen da den er tatt over liknende dyp og bunntype som overgangssonen. Forholdene her fremsto som upåvirket, og det var dominans av forurensningssensitive og forurensningsnøytrale arter.

Kun stasjonen i ytterkanten av overgangssonen (HAL-3) hadde alle hugg akkrediterte, men HAL-5 hadde to godkjente hugg. Dette kan forklare forskjellen HAL-5 hadde i arts- og individantall mellom huggene. HAL-2 hadde også ganske ulikt individantall mellom prøvene, og det samme hadde referansestasjonen. Dette er i utgangspunktet faktorer som kan påvirke endelig klassifisering. Likevel er det registrert mange arter og ingen av verdiene ligger veldig tett mellom tilstandsklasser. Det er derfor sannsynlig at tilstandsklassene for stasjonene er reelle. Derimot kan for lavt volum ha spilt en avgjørende rolle i klassifiseringen til

nærstasjonen, da denne stasjonen kunne fått meget god tilstand etter NS9410, dersom artsantallet hadde vært høyere.

Sammenligningen med tidligere undersøkelser viste generelt små endringer. Nord for anlegget (HAL-5), har det skjedd forbedringer i indekser og tilstandsklassen har gått opp et nivå siden forrige undersøkelse. Dette kan tyde på en forbedring ved denne stasjonen, resultatene må tolkes med en viss forsiktighet da to grabbhugg i inneværende undersøkelse var akkrediterte, mens ingen hugg var akkrediterte ved forrige undersøkelse. Likevel er forskjellene i indekser større enn akkrediterte hugg alene skulle tilsi, og det er derfor sannsynlig at det har skjedd en reell endring. Ellers har overgangssonen holdt seg stabil. De kjemiske parameterne viste en bedring i tilstandsklasse for karbon i ytterkant av overgangssonen (HAL-3), og ved nærstasjonen (HAL-1), men det er ikke store konsentrasjonsforskjeller. Sør for anlegget (HAL-2), har derimot innholdet av sink blitt tydelig redusert har gått ned en tilstandsklasse. Ellers viste også de kjemiske parameterne stabile forhold i overgangssonen siden forrige undersøkelse.

Oppsummert har det ikke skjedd nevneverdige endringer i overgangssonen og i anleggssonen de siste årene, bortsett fra litt bedre forhold nå nord for anlegget (HAL-5). Det ser derfor ut til at faunaforholdene er stabile.

5 Litteraturliste

- Bakke et al. (2007). Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publisasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. (2002). Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport 4548-2002.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Carpenter EJ and Capone DJ. 1983. *Nitrogen in the marine environment*. Stony Brook, Marine Science Research Center. 900p
- Faganelli J, Malej A, Pezdic J and Malacic V. 1988. *C:N:P ratios and stable C isotopic ratios as indicator of sources of organic matter in the Gulf of Trieste (northern Adriatic)*. *Oceanologia Acta* 11: 377-382.
- Gray JS, Mirza FB. (1979). A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Havbrukstjenesten 2013 strømmåling for Hallarøya, Reed J. p 12/32
- Haugen. R Alme Ø, Johansen P.O 2013 MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hallarøya i Frøya kommune, november 2013
- Horton et al. (2016) World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170 //www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170
- Johansen. A, Østerbrøt E, C og ASC undersøkelse Hallarøya 2017 Åkerblå pp 24-29 /65
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. (1997). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- NS 4764 (1980). Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Norges standardiseringsforbund.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge.
- NS-EN ISO 16665 (2014). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). Standard Norge
- Pearson TH, Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. (1983). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.

- Pielou EC. (1966). The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B. & Nordling K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA-rapport 6475-2013.
- Rygg B, Thélín, I. (1993). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Skomsø D.B 2016 C/ASC-undersøkelse for Hallarøya med ASC-undersøkelse
- Torrissen O, Hansen P. K., Aure J., Husa V., Andersen S., Strohmeier T., Olsen R.E. (2016) *Næringsutslipp fra havbruk – nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra Havforskningen, Nr.21-2016. Havforskningsinstituttet, Bergen. ISSN 1893-4536
- Veileder 02:2013 (2015) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk Klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Revidert 2015. Direktoratgruppa for gjennomføring av vanndirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Veileder M-608 (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratet.

6 Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)

				Dok.id: B.5.5.6	
Feltskjema / feltlogg C-undersøkelser					
Utarbeidet av: AK / ANH		Godkjent av: Anette Narmo Hammervold		Varighet: 10.00	Gjelder fra: 14.12.2017
Sider: 1 av 2					

Kunde	SF			Lokalitet/P.nr	Hallarøya							
Dato	4/9			Toktleder	JKL							
Prøvetaking	START: 16 ⁰⁰ SLUTT:			Alt Personell	EU							
Vær	delvis skyet, stille			Sjøtemperatur	13,5 °C							
Utsyr ID / Kalibrering	Grab; Sil; Eh; 0025 pH: 0025 pH-kalibrering: Sjø; Eh; 253 pH: 8,28											
Stasjon nr/navn	1 HAL-1				2 HAL-2				3 HAL-3			
Posisjon N / Ø	6559.875 / 0907.814				6559.704 / 0907.615				6500.114 / 0908.664			
Dybde (meter)	57				72				93			
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	2	2	2		1	1	2		2	2	1	
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja	
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	nei	nei	nei		nei	nei	nei		Ja	Ja	Ja	
Volum (cm)	11,5	11,5	12		11	11	13		8	8	8,5	
Antall flasker		3	2			1	1		6	6	6	
pH	8,11				7,75				8,29			
Eh (mV)	118				-100				62			
Sediment	Skjellsand	1	1	1		1	1	1		1	1	1
	Sand											
	Grus											
	Mudder											
	Silt											
	Leire											
	Steinbunn											
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0			2	2		0	0	0
	Brun/Sort (2)					2	2	2				
Lukt	Ingen (0)	0	0	0						0	0	0
	Noe (2)	2	2			2	2	2				
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	0	0	0						0	0	0
	Myk (2)					2	2	2				
	Løs (4)											
Merknader / avvik:		org. avvik										

 ÅKERBLÅ				Dok.id: B.5.5.6	
Feltskjema / feltlogg C-undersøkelser				Skjema	
Utarbeidet av: AK / ANH		Godkjent av: Anette Narmo Hammervold		Versjon: 10.00	Gjelder fra: 14.12.2017
				Sider: 1 av 2	

Kunde													Lokalitet/P.nr				
Dato													Toktleder				
Prøvetaking	START:				SLUTT:								Alt Personell				
Vær													Sjøtemperatur				
Utsyr ID / Kalibrering	Grab;	Sil;	Eh;	pH:	pH- kalibrering:				Sjø; Eh:	pH:							
Stasjon nr/navn	1 HAL-4				2 HAL-5				3 HAL-REF								
Posisjon N / Ø	63°59.90 / 9°07.745				63°59.481 / 9°07.660				64°00.518 / 9°07.397								
Dybde (meter)	57				44				71								
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
Antall forsøk	1	1	1		6	6	7		1	1	1						
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja						
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	Ja	Ja	Nei		Ja	Ja	Nei		Nei	Nei	Nei						
Volum (cm)	10	10	11		8	8	17		1	1.5	1						
Antall flasker		4	3			3	3			3	3						
pH	8.70				8.02				8.15								
Eh (mV)	72				1				238								
Sediment	Skjellsand	0	0	1		1	1	1		1	1	1					
	Sand																
	Grus																
	Mudder																
	Silt																
	Leire																
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0					
	Brun/Sort (2)																
Lukt	Ingen (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0					
	Noe (2)																
	Sterk (4)																
Kons	Fast (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0					
	Myk (2)																
	Løs (4)																
Merknader / avvik:																	

Vedlegg 2 – Analysebevis



Afdeling Namdal

Åkerblå AS
916763816
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA



Dato: 27.09.2018
Prøve ID: N2018-8562
ver 1

ANALYSERESULTATER

Provemottak: 06.09.18

Analyseperiode: 06.09.18 - 25.09.18

Provetaker: Jolanta Jagminiene

2018-8562-1

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-1

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	3,8	mg/kg TS	±1,10
Sink	Intern /ISO 17294-2	50	mg/kg TS	±10,00
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	1800	mg/kg TS	±440
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	2140	mg N/kg TS	±322
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137	16000	mg/kg TS	
Normalisert TOC	Beregnet TOC63	33,7	mg/g TS	
Tørrestoff 105°C	NS 4764	54	g/100g	±3,78
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	4,8	% av TS	
Finstoff (<63 µ)	DIN 18123	1,5	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	93	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	8	%	

2018-8562-2

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-2

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	9,6	mg/kg TS	±2,90
Sink	Intern /ISO 17294-2	59	mg/kg TS	±12,00
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	1800	mg/kg TS	±450
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	3370	mg N/kg TS	±506
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137	31000	mg/kg TS	
Normalisert TOC	Beregnet TOC63	48,4	mg/g TS	
Tørrestoff 105°C	NS 4764	42	g/100g	±2,97
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	8,0	% av TS	
Finstoff (<63 µ)	DIN 18123	3,2	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	98	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%	

2018-8562-3

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-3

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	1,5	mg/kg TS	±0,46
Sink	Intern /ISO 17294-2	6,1	mg/kg TS	±1,20
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	260	mg/kg TS	±65
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	2640	mg N/kg TS	±396
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137	3700	mg/kg TS	

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.

Målesikkerhet fås ved henvendelse laboratoriet.

Resultatet gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Side 1 av 3

Forside

Postboks 433
7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlab.no
www.kystlab.no

Telefon:

74 21 24 40

Org.no:

NO: 986 208 933 MVA

Dato: 27.09.2018
 Prøve ID: N2018-8562
 ver 1

Normalisert TOC	Beregnet TOC63	21,6	mg/g TS	
Tørstoff 105°C	NS 4764	66	g/100g	±4,63
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	4,4	% av TS	
Finstoff (<63µ)	DIN 18123	0,5	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	56	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	44	%	

2018-8562-4

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-4

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	2,3	mg/kg TS	±0,69
Sink	Intern /ISO 17294-2	19	mg/kg TS	±3,70
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	670	mg/kg TS	±170
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1480	mg N/kg TS	±222
Totalt organisk karbon, TOC	a) ISO10694mod./EN13137	9000	mg/kg TS	
Normalisert TOC	Beregnet TOC63	26,8	mg/g TS	
Tørstoff 105°C	NS 4764	53	g/100g	±3,73
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	5,0	% av TS	
Finstoff (<63µ)	DIN 18123	1,4	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	93	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	5	%	

2018-8562-5

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-5

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	2,3	mg/kg TS	±0,68
Sink	Intern /ISO 17294-2	15	mg/kg TS	±3,00
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	530	mg/kg TS	±130
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	877	mg N/kg TS	±132
Totalt organisk karbon, TOC	a) ISO10694mod./EN13137	6500	mg/kg TS	
Normalisert TOC	Beregnet TOC63	24,3	mg/g TS	
Tørstoff 105°C	NS 4764	56	g/100g	±3,95
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,8	% av TS	
Finstoff (<63µ)	DIN 18123	1,2	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	95	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	5	%	

2018-8562-6

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 05.09.18

Merket: HAL-Ref

Referanse: Hallarøya 18120

Parameter	Metode	Resultat	Enhet	Målesikkerhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	2,4	mg/kg TS	±0,73
Sink	Intern /ISO 17294-2	7,4	mg/kg TS	±1,50
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	230	mg/kg TS	±58
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	434	mg N/kg TS	±65
Totalt organisk karbon, TOC	a) ISO10694mod./EN13137	4600	mg/kg TS	
Normalisert TOC	Beregnet TOC63	22,2	mg/g TS	
Tørstoff 105°C	NS 4764	64	g/100g	±4,51
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,1	% av TS	
Finstoff (<63µ)	DIN 18123	2,4	%	
Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	89	%	
Grus (>2000 µm)	DIN 18123	9	%	

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen

< betyr: Mindre enn

a) Analysen er utført ved Fjellab.

Informasjon vedr. forbehandlingsprosedyrer

Prøvene tørkes ved 105°C før prøvene siktes for bestemmelse av korngradering. For elementanalyser og TOC tas det ut prøver fra fraksjonen som er mindre enn 2000µ.

Elementer bestemmes i et salpetersyreuttrekk (løst opp i sterk salpetersyre og hydrogenperoksid under trykk).

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.

Målesikkerhet flies ved henvendelse laboratoriet.

Resultatet gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Side 2 av 3

Forbruker

Postboks 433
 7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlab.no
 www.kystlab.no

Telefon:

74 21 24 40

Org nr.:

NO: 986 208 933 MVA

Dato: 27.09.2018
Prøve ID: N2018-8562
ver 1

Kjeldahl-N bestemmes i prøven før tørking for ikke å miste flyktige nitrogenforbindelser. Resultatet korrigeres for tørrstoffinnhold ved rapportering.
Normalisert TOC blir beregnet etter $[TOC(g/kg)] + (18 * (1 - ([FINSTOFF]/100)))$

Med hilsen Kystlab AS



Johan Ahlin
Avdelingsleder Namdal

Kopi til
Arild (E-mail)

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.
Målesikkerhet files ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Side 3 av 3

Postadresse
Postboks 433
7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlab.no
www.kystlab.no

Telefon:
74 21 24 40

Org.no:
NO: 986 208 933 MVA

Vedlegg 3 - Klassifisering av forurensningsgrad

Endringer i klassifisering av artenes forurensningsgrad; system (V3.1) og språkbruk (V3.2).

V3.1 System: Overgang fra AMBI til NSI

Med bakgrunn i rapporten «*Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*» (Rygg & Norling, 2013) har Åkerblå AS avd. Marine Bunndyr konkludert med å bruke artenes NSI-verdi istedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad (forurensingssensitiv, -tolerant osv). Ettersom Rygg & Norling konkluderte med at NSI viste bedre korrelasjon med norske resipienter enn hva AMBI gjorde velger vi å ta utgangspunkt i de økologiske gruppene som artenes NSI verdi faller under.

Ettersom NSI er laget med bakgrunn i å dekke samme bruksområde som AMBI i norske resipienter, er den økologiske gruppeinndelingen basert på utgangspunktet for AMBI-indeksen (Borja et al., 2000). Artene som har blitt klassifisert i AMBI-systemet er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen ovenfor organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstanden er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv):

Gruppe 1 – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og arter som er tilstede ved ikke forurensede forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkers (Benevnelse - forurensningssensitive).

Gruppe 2 – Arter som er helt, eller til en viss grad, likegyldig til organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (fra utgangstilstand til lett ubalanse). I denne gruppe inkluderes «suspension feeders», mindre selektive karnivorer og åtseletere (Benevnelse - forurensingsnøytrale).

Gruppe 3 – Arter som er tolerante ovenfor organisk tilførsel. Disse artene kan også forekomme under normale tilstander, men blir stimulert av organisk tilførsel. Denne gruppen inkluderer overflate «deposit feeders» som noen rørbyggende flerbørstemarkers (Benevnelse - forurensingstolerante).

Gruppe 4 – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkers; «subsurface deposit-feeders» som f.eks cirratulider (Benevnelse - Opportunistisk, forurensingstolerant)

Gruppe 5 – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (Benevnelse - Forurensingsindikerende art).

V3.2 Språkbruk: Endringer

Etter en re-tolkning av Borja et al. (2000) velger vi å endre noe på språkbruken ang. benevnelsen til de forskjellige økologiske gruppene. Nedenfor har vi satt opp en oversiktstabell fra tidligere benevnelse til den nye benevnelsen:

Tabell V3.1 Oversikt over reviderte benevnelser for inndeling av AMBI/NSI i økologiske grupper.

Økologisk gruppe	Gammel benevnelse	Ny benevnelse
1	Svært forurensingssensitiv	Forurensingssensitiv
2	Forurensingssensitiv	Forurensingsnøytral
3	Forurensingstolerant	Forurensingstolerant
4	Svært forurensingstolerant (opportunistisk)	Forurensingstolerant (opportunistisk)
5	Kraftig forurensingstolerant (opportunist)	Forurensingsindikerende art

V3.3 Endringer i NSI-grupper

Etter som ny informasjon blir tilgjengelig og arter splittes og bytter slekter har vi i noen tilfeller ansett det som nødvendig å endre arters tilhørende NSI-gruppe (tabell V3.2)

Tabell V3.2 Oversikt over endringer i NSI- og ISI-verdier gjort, hvor verdiene er hentet fra og kilder som viser til informasjonen avgjørelsen er basert på.

Art	Gammel NSI-gruppe	Ny NSI/ISI hentet fra	Kilde
Tubificoides benedii	i.a	Oligochaeta (NSI 5)	Giere et. al. 1988; Giere et. al. 1999
Pista mediterranea	i.a	Pista cristata (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Pista cristata	2	Pista lornensis (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Hermania sp.	i.a	Philine scabra (NSI 2)	Chaban et. al. 2015
Philinidae	i.a	Philine sp. (NSI 2)	Chaban & Lubin 2015

Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

Chaban EM, Nekhaev IO, Lubin PA. (2015). Hermania indistincta comb. nov. (Gastropoda: Opisthobranchia: Cephalaspidae) from the Barents Sea – new species and genus for the fauna of the Russian Seas. *Zoosystematica Rossica* 24(2): 148-154.

Giere O, Rhode B, Dubilier N. (1987). Structural peculiarities of the body wall of Tubificoides benedii (Oligochaeta) and possible relations to its life in sulphidic sediments. *Zoomorphology* 108:29-39.

Giere O, Preusse J-H, Dubilier N. (1999). Tubificoides benedii (Tubificidae, Oligochaeta) — a pioneer in hypoxic and sulfidic environments. An overview of adaptive pathways. *Hydrobiologia* 406: 235-241.

Jirkov IA, Leontovich MK. (2017). Review of genera within the Axionice/Pista complex (Polychaeta, Terebellidae), with discussion of the taxonomic definition of other Terebellidae with large lateral lobes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97(5): 911-934

Vedlegg 4 - Indeksbeskrivelser

V4.1 Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

hvor $p_i = N_i/N$, N_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, $H'_{\max} (= \log_2 S)$, er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte (Pielou 1966)

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

hvor H' = Shannon Wiener indeks og $H'_{\max}$ = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien 1. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks ES_{100} er beskrevet som

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor ES_{100} = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, S arter, og N_i individer av i -ende art.

V4.2 Sensitivitet og tetthet

Sensitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved

$$ISI = \sum_i^S \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor ISI_i er verdien for arten i og S_{ISI} er antall arter tilordnet sensitivitetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivitetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivitetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved

$$NSI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer og NSI_i er verdien for arten i , N_{NSI} er antall individer tilordnet sensitivitetsverdier.

Sensitivitetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-1: sensitive arter, EG-2: indifferente arter, EG-3: tolerante, EG-4: opportunistiske, EG-5: forurensningsindikerende arter, og hvor hver enkelt økologiske gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved

$$AMBI = \sum_i^S \left[\frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor N_i er antall individer med innenfor økologisk gruppe i , $AMBI_i$ er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe 1- 5, respektivt) og N_{AMBI} er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

DI (diversity index) er en indeks for individtetthet og er gitt ved (Veileder 02:2013)

$$DI = abs[\log_{10}(N_{0,1 \text{ m}^2}) - 2,05]$$

hvor *abs* står for absoluttverdi, $N_{0,1\text{ m}^2}$ står for antall individer pr. $0,1\text{ m}^2$.

AMBI og DI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

V4.3 Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både arts mangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksen er gitt ved formelen

$$NQI1 = \left[0,5 \cdot \left(\frac{1 - AMBI}{7} \right) + 0,5 \cdot \left(\frac{\left\lceil \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right\rceil}{2,7} \right) \cdot \left(\frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor *AMBI* er en sensitivitetsindeks, *S* er antall arter og *N* er antall individer i prøven.

V4.4 Normalisering

Ved å regne om alle indekser til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det lettere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedeler i tilstandsklassen «God» (Tabell V.2).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$nEQR = \frac{abs|Indeksverdi - Klassens nedre verdi|}{Klassens øvre indeksverdi - Klassens nedre grenseverdi + Klassens nEQR Basisverdi} \cdot 0,2$$

Vedlegg 5 – indeks for C1

På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippet/anlegget kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. Vurdering av disse stasjonene er i utgangspunktet gjort med bakgrunn i beskrivelse fra NS9410 (2016), men som tilleggsinformasjon er indekser for stasjonen i anleggssonen likevel beregnet (tabell V5.1).

Tabell V5.1 Faunaresultater for HAL-1 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H' , ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\bar{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-1-1	HAL-1-2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	12	15	14	18		
N	1167	1752	1460	2919		
NQI1	0,364	0,374	0,369	0,385	0,266	0,283
H'	1,918	1,671	1,794	1,816	0,379	0,383
J	0,535	0,428	0,481	0,435		
H' max	3,585	3,907	3,746	4,170		
ES100	6,128	6,603	6,366	6,601	0,255	0,264
ISI	4,279	5,856	5,067	5,806	0,267	0,354
NSI	9,760	10,108	9,934	9,969	0,199	0,199
DI	1,017	1,194	1,105	1,415		
Grabb-/stasjonsverdi					0,273	0,297
Tilstandsverdi						0,285

Vedlegg 6 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V6.1-V6.3) angir hvilken tilstand de ulike parameterne tilhører; blå tilsvare tilstand «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig». Bunnfauna klassifiseres ut i fra NS 9410 (2016; tabell V6.4) ved stasjoner i anleggssonen, og i henhold til Veileder 02:2013 (2015) ved stasjoner utenfor anleggssonen.

Tabell V6.1 Oversikt over klassegrenser og tilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2013 (2015).

Indeks	Tilstand				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0,82- 0,90	0,63 – 0,82	0,49 – 0,63	0,31 – 0,49	0 – 0,31
H'	4,8 – 5,7	3,0 – 4,8	1,9 – 3,0	0,9 – 1,9	0 – 0,9
ES ₁₀₀	34 - 50	17 – 34	10 – 17	5 - 10	0 - 5
ISI	9,6 – 13	7,5 – 9,6	6,2 – 7,5	4,5- 6,1	0 – 4,5
NSI	25 – 31	20 – 25	15 – 20	10 - 15	0 - 10
DI	0-0,30	0,30 – 0,44	0,44 – 0,60	0,60 - 0,85	0,85 – 2,05

*Økologiske tilstandsklasser

Tabell V6.2 nEQR-basisverdi for hver tilstand*.

nEQR basisverdi		Tilstand
Klasse I	0,8	Svært god
Klasse II	0,6	God
Klasse II	0,4	Moderat
Klasse IV	0,2	Dårlig
Klasse V	0	Svært dårlig

*Tilstandsklasse

Tabell V6.3 Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær et. al, 1997, Bakke et. al, 2007, Veileder 02:2013 (2015) og veileder M-608 (2016). Organisk karbon er total organisk karbon (TOC) korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

	Parameter	Måleenhet	Tilstand*				
			I	II	III	IV	V
			Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	O ₂ innhold**	mg O ₂ / l	>6,39	6,39-4,97	4,97-3,55	3,55-2,13	<2,13
	O ₂ metning***	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
	TOC	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sediment	Kobber	mg Cu/kg	<20	20-84	20-84	85-147	>147
	Sink	mg Zn/ kg	0-90	91-139	140-750	751-6690	>6690

* Tilstandsklasse

** Regnet fra ml O₂/L til mg O₂/L hvor omregningsfaktoren til mg O₂/L er 1,42

*** Oksygenmetningen er beregnet for salinitet 33 og temperatur 6°C

Tabell V6.4 Vurdering av faunaprøver for prøvestasjon C1 (NS 9410:2016).

Tilstand*	Krav
1 - Meget god	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
2 - God	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
3 - Dårlig	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .
4 - Meget dårlig	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

*Miljøtilstand

Vedlegg 7 - Artsliste

Artsliste med NSI-verdier, sortert alfabetisk innen hovedgrupper, for all fauna funnet ved Hallarøya (Tabell V7.1).

Tabell V7.1 Artsliste for bunnfauna. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e. Foraminifera, phylum Bryozoa, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013. Symbolet «X» indikerer at arten eller taxaen er observert, men ikke kvantifisert.

TAXA	NSI (E G)	HAL-1-1	HAL-1-2	HAL-2-1	HAL-2-2	HAL-3-1	HAL-3-2	HAL-4-1	HAL-4-2	HAL-5-1	HAL-5-2	HAL-REF-1	HAL-REF-2
Polychaeta	1										1		
Ampharete octocirrata	1												1
Amphitrite cirrata	3						1						
Aonides oxycephala								1	6				
Aonides paucibranchiata	1						2			3	13	10	20
Arenicola marina		1	1	2	3			47	25		4		
Aricidea catherinae	1									1			
Aricidea sp.	1									1			
Capitella capitata (artskompleks)	5	415	824	179	253			536	259	17	84		
Chaetozone setosa (artskompleks)	4								1				
Cirratulidae	4							5	2	3	5		
Cirratulus cirratus	4										8		
Cirriformia tentaculata		6	9					1		3			
Dodecaceria concharum											2		4
Eteone sp.	4							8	2	6	2		
Eulalia mustela													1
Eumida bahusiensis	1							1					
Eumida sp.	1			1		2	5			3	2		
Eunice pennata	1												1
Eupolymnia nebulosa (artskompleks)	2					4							
Eupolymnia nesidensis	1						3					4	17
Exogoninae (Exogone/Parexogone)	2		2					5	1	3			
Galathowenia oculata	3										1		
Glycera alba	2								1	2	2		
Glycera lapidum	1					12	11			1		7	19
Glycera sp.	2									1	2		
Hesionidae	2										1	3	1
Hydroides norvegica	1					16	4	1				6	4
Jasmineira caudata	2					5							8
Jasmineira sp.	2									3	4	7	37
Lacydonia cf. miranda												1	
Lagis koreni	4				7								

Laonice sp.	1					1							
Lumbrineridae	2									1			
Macrochaeta clavicornis	1						7	1		1		1	
Malacoceros fuliginosus	5	219	111	4	5								
Malmgrenia mcintoshii													1
Mediomastus fragilis	4	1	17					62	82	32	72		
Microphthalmus sp.		5	2		1				6				
Myriochele danielsseni													28
Nephtys sp.	2							1			1		
Nereididae											1	2	
Nereiphylla lutea													2
Notomastus latericeus (artskompleks)	1					1	6				1		3
Notoproctus oculatus						4	12						
Ophelina acuminata	2							2		4	1		
Ophryotrocha sp.	4	451	721	670	199	5		447	145 8	182	252		
Owenia borealis	2										2	4	4
Paradoneis lyra	2									25	35		
Pectinariidae											5		
Pholoe baltica	3							9	4		2		
Pholoe inornata	3										1		
Phyllodoce maculata	4							7		1	6		
Phyllodoce mucosa	5	4		19	12			168	81	7	7		1
Phyllodocidae	2												2
Pisone remota	1					2	8						2
Pista sp.										1	1		
Polycirrus sp.	1						1	1		1	2	2	1
Polynoidae	2					5	11				4		2
Prionospio cirrifera	3									2	10	2	5
Protodorvillea kefersteini	4	49	21	13	16	1		56	117	26	139	2	15
Psamathe fusca	2					16	17					1	8
Pseudomystides limbata							2						
Pseudopolydora pulchra	4				1				1	4	2		1
Sabellidae	2				1	15	14					47	47
Scalibregma inflatum (artskompleks)	3	1		1	1					10	11		
Scoloplos armiger (artskompleks)	3							51	16	44	72		
Serpulidae											2	9	16
Sphaerodorum gracilis (artskompleks)	2					1							
Sphaerosyllis hystrix	1					3	1		1	3	7	6	19
Spio filicornis	3							5	1	35	59	1	
Spionidae	3					1	1	3		8	16		
Spiophanes kroyeri	3											1	
Syllidae	2		1			4	4				5	1	6
Syllis armillaris											12		

Syllis cornuta	3		11					8	3	2			
Terebellidae	1					2	2					2	2
Thelepus cincinnatus	1					4							
Trypanosyllis coeliaca (artskompleks)						1	6						5
Oligochaeta	5					23	39				1	8	75
Tubificoides benedii	5	14	28	111	53			6	12	1	1		
Bivalvia	1												4
Arctica islandica	3												4
Astarte montagui	1					4	4			1			
Crenella decussata	1					16	4						
Dosinia lupinus	3									1	1		
Heteranomia squamula						4							4
Kellia suborbicularis						8							
Modiolula phaseolina	1					77	29					8	52
Mytilus edulis	4		1		1								
Similipecten similis	1					4	4					4	
Thyasira sarsii	4								4				
Timoclea ovata	1					4	4			1	1		20
Eulimidae													1
Euspira montagui	2									1			
Euspira nitida	2									2	1	8	
Hermania sp.	2										1		
Prosobranchia	1				2								
Polyplacophora	1					4							
Leptochiton arcticus													4
Leptochiton asellus	1									1	4	1	8
Stenosemus albus											2		
Crustacea												1	
Amphipoda	2											1	
Ampelisca sp.	1						4						
Caprellidae											1		
Caprellidae		3											
Gammarus sp.			2										
Lysianassidae	1									1			
Kroyera carinata										1			
Nototropis vedlomensis	1					1	1			1	1		
Perioculodes longimanus	2										1		
Synchelidium haplocheles	1									1			
Galathea sp.													1
Liocarcinus pusillus	1									1			
Astacilla sp.													1
Gnathiidae (larver)											1		
Idotea sp.			1	1									
Nebalia borealis											1	1	
Pycnogonida	1		1										
Verruca stroemia						7	8						8
Calanoida			2				3		9	2	2		1
Euphausiacea							4						

Ophiuroidea	2					5							
Amphipholis squamata	1					38	40						31
Ophiopholis aculeata	1									2	1		
Ophiothrix fragilis						5					4		
Ophiura robusta	2					5							
Ophiura sp.	2										1	1	
Echinoidea juv	1												1
Echinocardium flavescens	1												1
Echinocyamus pusillus	1						4						4
Spatangus sp.						1							
Labidoplax media							1						
Leptosynapta sp.	2						1						1
Macandrevia cranium						1							
Novocrania anomala						48	64			1	4		4
Terebratulina retusa						4							
Bryozoa						4							
Ascidacea	1									8			
Molgulidae						4	4						4
Edwardsiidae	2					12	11			1	1		14
Octocorallia						4							
Nematoda		>50 00	>50 00	100	50	97	113	680	544	100	50	21	79
Nemertea	3					4			7	2	3		1
Porifera						9							
Sipuncula	2					12					3	8	2
Ubestemt	1					4	4						
Chaetozone zetlandica		1			1					14	38	1	
Pareurythoe borealis						13	19						
Liljeborgia sp.						5							1
Thracioidea						4	8						5
Limatula sp.						28	12						17
Spirorbinae						76	128					140	196
Asbjornsenia pygmaea							4						12
Brachiopoda						4							8
Limea sarsi							1						
Oerstedtia sp.										1		4	
Luidia sarsii											1		
Sabellidae sp 2.	2											1	
Phyllodocida												3	4
Branchiostoma lanceolatum													1
Onchidoris sp.													4
Lepidonotus squamatus													1

Vedlegg 9 – Bilder av sediment

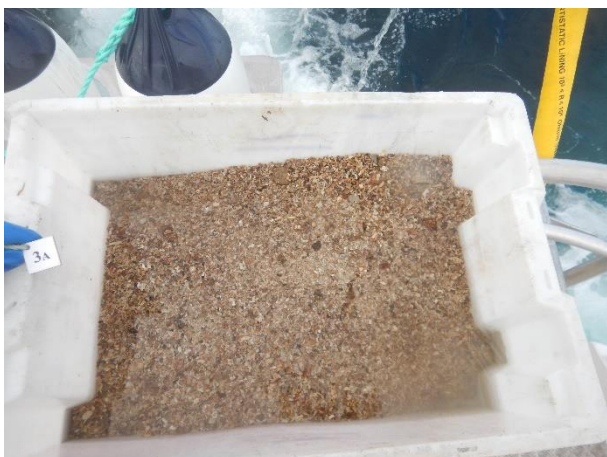
Det ble tatt bilder av sedimentet fra ett hugg per stasjon etter at grabben ble tømt i plastbaljen, men før vask (Figur V9.1 – V9.6).



Figur V9.1 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V9.2 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V9.3 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V9.4 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.



Figur V9.5 Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer.

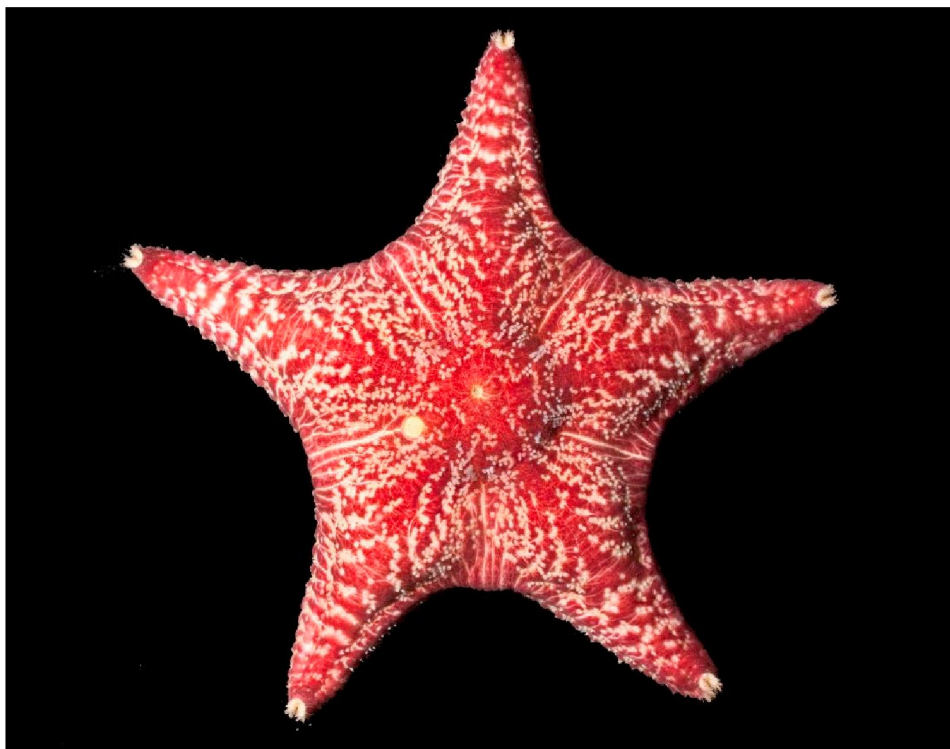


Figur V9.6 Sediment før vask. Referansestasjon

ASC-vurdering

for

Hallarøya



Feltarbeid
Oppdragsgiver

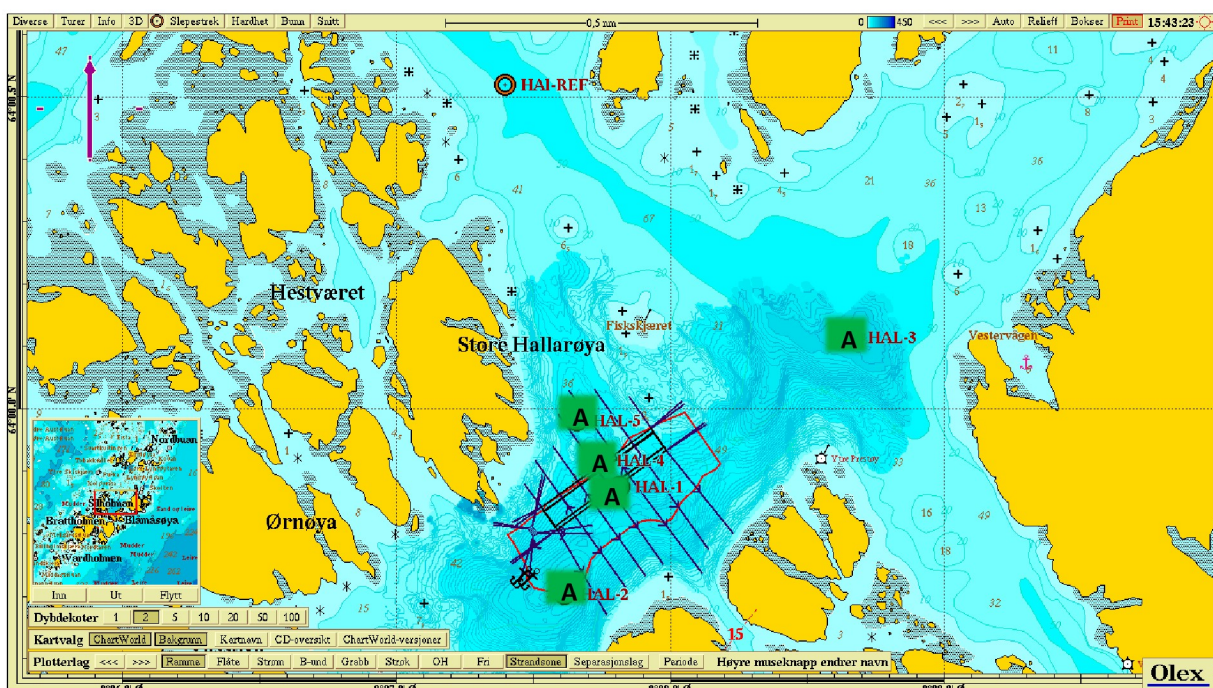
04.09.2018
SalMar Farming AS

V.10-1 Sammendrag

Denne rapporten omhandler en ASC- vurdering ved lokaliteten Hallarøya i Frøya kommune, Trøndelag fylke (Figur V.10-1.1). Dette er gjort i forbindelse med sertifisering etter standarden til Aquaculture Stewardship Council (ASC). Formålet med denne vurderingen er å dokumentere miljøtilstanden og bunnforholdene med utgangspunkt i ASC Salmon Standard (2017). Til dette utfører Åkerblå AS akkrediterte tjenester i henhold til NS-EN ISO 16665 (2014).

Samtlige stasjoner oppfyller krav om bunndyr innfor og utenfor AZE i tillegg til lave kobberinnhold utenfor AZE. Samtlige stasjoner innenfor AZE sonen oppfylte kravet med >100 individ av to ikke forurensningsindikerende arter per m.² Stasjon HAL-2 regnes for å være innenfor AZE sonen basert på faunalikhet med de andre stasjonene innenfor sonen.

Alle stasjonene utenfor AZE sonen oppfylte kravene med Shannon-wiener >3. AZE sonen virker å være fornuftig, da det er stor forskjell på fauna innenfor og utenfor sonen.



Figur V.10-1.1 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, målepunkt for strömundersøkelse (flagg), antatt utstrekning av AZE (rød linje) og prøvestasjoner med vurdering av tilstand: Grønn = Akseptabel tilstand og rød = ikke akseptabel tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = HAL-1 osv). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Forsidefoto: Ingvild Andersson

V.10-2 Innledning

ASC Salmon Standard (2017) angir blant annet krav til undersøkelse av bentisk fauna, reduksjonspotensiale (E_h) og kobbernivå (Cu) i sedimentene ved oppdrettslokaliteter. Standarden definerer to soner: innenfor og utenfor tillatt sone for påvirkning (*Allowable Zone of effect* – AZE; tabell V.10-2.1). Utstrekningen av AZE sonen kan være utfordrende å bestemme, men er generelt definert som området som strekker seg 30 meter ut fra merdene, der hvor det ikke er definert en lokalitets-spesifikk AZE gjennom modellering.

Innenfor AZE skal det være minst 2 ikke- forurensingsindikatorarter, som forekommer med over 100 individer per m^2 eller høyere. Eller det kan være likt med referansestasjonen hvis forekomsten der er naturlig lavere enn 100 individer per m^2 . Arter vurderes som forurensningsindikerende etter Norsk Sensitivitetsindeks (NSI) gruppe 5, mens dyr i gruppe 1-4 regnes ikke som forurensningsindikatorarter. Noen arter er ikke tildelt NSI-gruppering og er derfor i utgangspunktet ikke med i vurderingen. Det gjøres likevel en skjønnsmessig vurdering basert på egne observasjoner og/eller kjent litteratur. Det tolkes i denne rapporten at kravet fra ASC Salmon Standard om «høy forekomst» av ≥ 2 arter skal sørge for at AZE, som kan være under en viss forurensningsgrad, tar hensyn til arter som er naturlig forekommende.

Utenfor den tillatte sonen for påvirkning (u-AZE) skal redoks-potensialet (E_h) eller sulfidnivåene være tilfredsstillende, og faunaindekser skal indikere god til svært god økologisk kvalitet. Som standard vurderes disse faunaresultatene etter Shannon-Wiener indeksen som må ligge over 3.0 (tabell V.10-2.1).

Er det brukt kobberbaserte nøter skal konsentrasjonen av kobber undersøkes i sediment fra stasjonene utenfor AZE, den opprinnelige referansestasjonen og to referansestasjoner i tillegg. Disse prøvene tas samtidig som de øvrige stasjonene. Bruk av kobber gjelder for nett behandlet med hvilken som helst kobber-beständig stoff i de siste 18 månedene, eller hvor behandlede nett ikke har blitt grundig rengjort på et landbasert anlegg siden forrige kobberbehandling.

ASC Salmon Standard henviser til prøvetaking ved maks biomasse; når biomassen er estimert $\geq 75\%$. Dette er oftest da det også er størst belastning fra utfôring og dermed et fornuftig tidspunkt å ta prøvene på. Likevel kan det være slik at dette ikke sammenfaller. Ved slike tilfeller bør prøvene tas i tidsrommet to måneder før maksimal belastning (utfôring) til to måneder etter utslakt etter NS9410 (2016). Det er fordi mengde fôr sannsynligvis har større konsekvens for miljøet enn biomassen av fisk.

Tabell V.10-2.1 Krav til reduksjonsoksidasjonspotensial (E_h), faunaindeks og kobberverdier (Cu) i henhold til ASC Salmon Standard (2017) fritt oversatt.

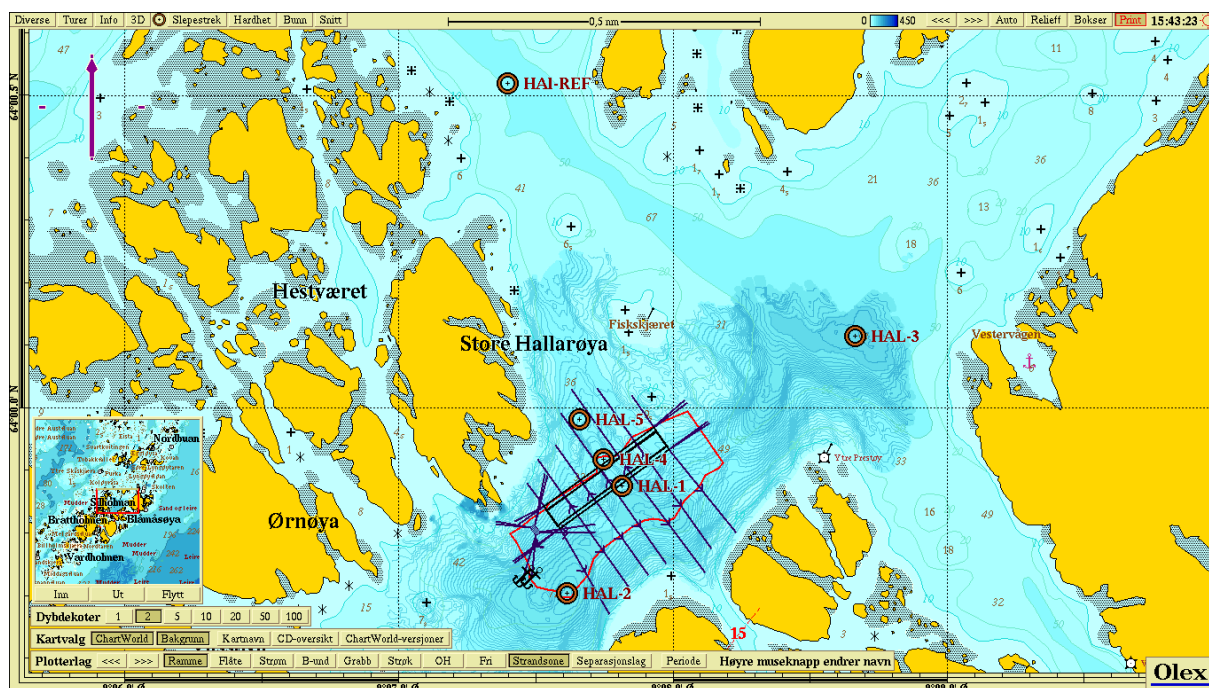
Indikator	Krav
E_h - eller sulfidnivå i sedimentet utenfor AZE; etter metoden i vedlegg I-1 i standarden.	$E_h > 0$ millivolt (mV) eller sulfid $\leq 1,500$ mmol/L
Faunaindeks som indikerer god til høy økologisk kvalitet i sedimentet på utsiden av AZE; etter metoden i vedlegg I-1 i standarden.	AMBI verdi ≤ 3.3 , eller Shannon-Wiener Indeks verdi > 3 , eller bentisk kvalitetsindeks (BQI) ≥ 15 , eller infauna tropisk indeks (ITI) > 25
Antallet makrofauna taxa i sedimentet innenfor AZE; etter metoden i vedlegg I-1 i standarden.	≥ 2 taxa med høyt antall som ikke er forurensingsindikatorarter. *
Bruk av not med kobberinnhold eller behandling	< 34 mg Cu/kg sediment eller bevis for at det ligger innenfor referanseverdier gjeldende for dette området

*Høyt antall: Mer enn 100 organismer per kvadratmeter (eller like mange som referansestasjonen(-e) om naturlig nivå er lavere enn dette).

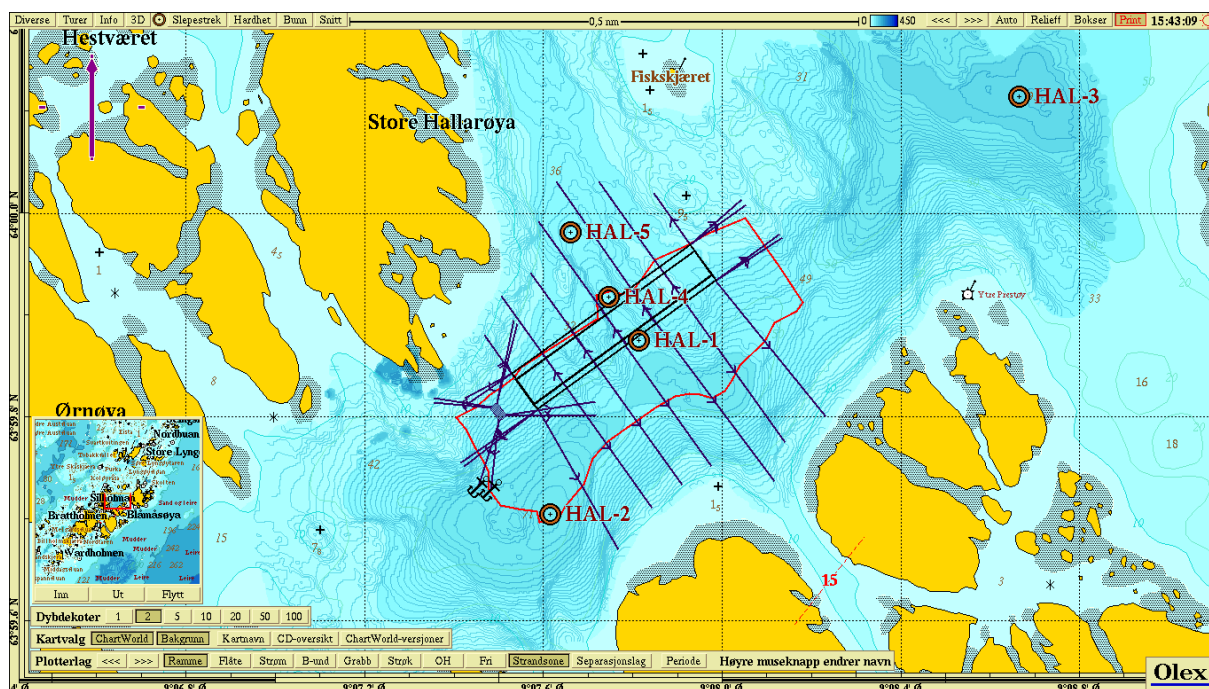
V.10-3 Metode

Metode for og gjennomføring av prøvetaking for ASC-vurderingen er tilsvarende som for C-undersøkelsen utført ved samme lokalitet (Skarsvåg 2018). Stasjonsvalg for innsamling av prøvemateriale er beskrevet med utgangspunkt i ASC Salmon Standard (2017), samt i ASC Audit Manual (2017). Stasjonsvalget er gjort på grunnlag av hovedstrømretning og avstand til Allowable Zone of Effect (AZE). Grensen for AZE er anslått med utgangspunkt i veiledende avstand og justert ut i fra strømforhold -styrke, -dybde og retning, bunntopografi og resultater fra andre lokaliteter med tilsvarende forhold.

Med utgangspunkt i antatt AZE er stasjonene plassert med stasjon HAL-1 og HAL-4 som nærstasjoner inntil anleggets ramme, mens HAL-2 ble plassert i ytterkant av AZE. Stasjon HAL-3 ble plassert i ytterkant av overgangssonen 650 meter nord for anleggets ramme, og 515 meter utenfor antatt grense for AZE. Stasjon HAL-5 ble plassert 150 meter utenfor anleggets ramme, og 130 meter utenfor antatt grense for AZE. Referansestasjonen HAL-REF ble plassert 1105 meter nord for anleggsplasseringen (figur V.10-3.1 og tabell V.10-3.1).



Figur V.10-3.1 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, målepunkt for strømundersøkelse (flagg), antatt utstrekning av AZE (rød linje) og prøvestasjoner og referansestasjon (rundinger). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



Figur V.10-3.2 Plassering av anleggsramme og fortøyningslinjer med bunntopografi, målepunkt for strømundersøkelse (flagg), antatt utstrekning av AZE (rød linje) og prøvestasjoner (rundinger). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell V.10-3-1 Stasjonsbeskrivelser etter ASC Salmon Standard (2017).

Stasjon	Avstand til anlegg (m)	Dyp (m)	Plassering
HAL-1	25	57	i-AZE
HAL-2	205	72	i-AZE
HAL-3	650	93	u-AZE
HAL-4	25	57	i-AZE
HAL-5	150	44	u-AZE
HAL-REF	1105	71	u-AZE,ref

V.10-4 Resultater

Det henvises til bunnfauna- og kjemiske analyser som allerede er utført for Hallarøya som C-undersøkelse (Skarsvåg 2018) tabell V.10-4.1

Samlet viste resultatene for vurderte kriterier viste tilstand «Akseptabel» for samtlige stasjoner i henhold til krav fastsatt i ASC-standard (Tabell V.10-4.1).

Tabell V.10-4.1 Resultat for redokspotensial (Eh) målt i millivolt (mV), Shannon-Wiener faunaindeks (H') eller AMBI for fauna utenfor AZE (u-AZE), antall makrofauna taxa over 100 individer per m² (i-AZE), Antall ikke-forurensningsindikatorer som er likt eller flere i forhold til referansestasjonen (Ref.*) og mengde kobber (Cu) på lokaliteten. Tilstandsklasse etter krav i ASC-standard; A = Akseptabel, IA = Ikke Akseptabel, i.a = ikke analysert (STF 97:03, veileder 02:2013, ASC Salmon Standard 2017).

Stasjon	E _h		Fauna u-AZE		Fauna i-AZE		Cu	
	mV	TK	Verdi	TK	Antall	TK	mg/kg	TK
HAL-1					2	A		
HAL-2					2	A		
HAL-3	262	A	4,385	A			1,5	A
HAL-4					4	A		
HAL-5	201	A	3,879	A			2,3	A
HAL-REF	438	A	4,364	A			2,4	A

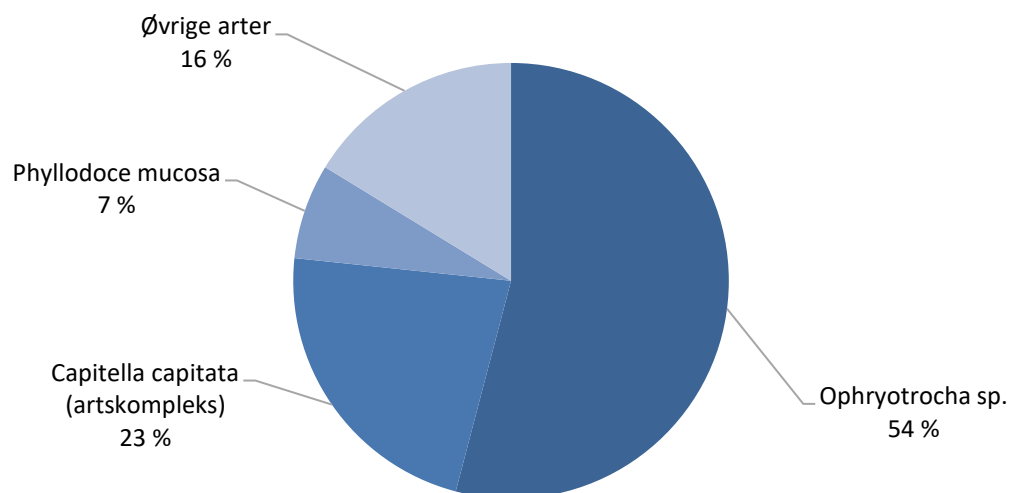
HAL-4

Ved HAL-4 ble det registrert 3522 individer fordelt på 31 arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet **moderat tilstand** ut fra veileder 02:2013 (Tabell 3.1.4.2).

Tabell V.10.4.2. De ti hyppigst forekommende artene ved HAL-4 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall	Prosent (%)
Ophryotrocha sp.	4	1 905	54,1
Capitella capitata (artskompleks)	5	795	22,6
Phyllodoce mucosa	5	249	7,1
Protodorvillea kefersteini	4	173	4,9
Mediomastus fragilis	4	144	4,1
Arenicola marina		72	2,0
Scoloplos armiger (artskompleks)	3	67	1,9
Tubificoides benedii	5	18	0,5
Pholoe baltica	3	13	0,4
Syllis cornuta	3	11	0,3
Øvrige arter		75	2,1

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



Figur V.10.4.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved HAL-4.

Tabell V.10.4.3 Faunaresultater for HAL-4 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\check{S}$). $\bar{G}$ -verdiene og $\check{S}$ -verdiene for hver indeks samles separat og endelig tilstandsverdi for denne stasjonen er snittet av disse. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstand «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	HAL-4-1	HAL-4-2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	24	22	23	31		
N	1432	2090	1761	3522		
NQI1	0,474	0,471	0,472	0,487	0,380	0,397
H'	2,499	1,682	2,090	2,157	0,435	0,447
J	0,545	0,377	0,461	0,435		
H'max	4,585	4,459	4,522	4,954		
ES100	10,760	8,431	9,596	9,693	0,384	0,388
ISI	7,278	6,043	6,660	7,237	0,471	0,560
NSI	11,355	13,184	12,270	12,448	0,291	0,298
DI	1,106	1,270	1,188	1,497		
Grabb-/stasjonsverdi					0,392	0,418
Tilstandsverdi						0,405

V.10-5 Diskusjon

Resultatene viste at kravet til ASC ble oppfylt for fauna og kobberinnhold ved samtlige stasjoner. Innenfor AZE sonen ble kravet oppfylt på bakgrunn av 2 eller flere ikke forurensningsindikerende arter med mer enn 100 individ pr m². Stasjon HAL-2 lå på grensen av AZE sonen, men vurderes til å være innenfor AZE sonen basert på at faunaen her var mer lik faunaen ved stasjoner innenfor enn ved stasjoner utenfor AZE sonen. I tillegg var denne stasjonen plassert i noe som kan tolkes som et akkumuleringshull og vil derfor ikke representere sonen utenfor AZE. Det var ikke nødvendig med referansestasjon for å oppfylle kravene til ASC for fauna.

Utbredelsen av AZE sonen virker å være fornuftig, da det er stor forskjell på fauna innenfor og utenfor sonen.

V.10-6 Litteraturliste

- ASC Salmon Standard (2017). ASC Salmon Standard version 1.1. Aquaculture Stewardship Council, hentet 01.08.17 fra https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Standard_v1.1.pdf
- ASC Salmon Standard Audit Manual (2017). ASC Salmon Standard Audit Manual V1.1, hentet 01.08.17 fra https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Audit-Manual_v1.1-1.pdf
- NS-EN ISO 16665 (2014). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). Standard Norge
- Skarsvåg M, Landro J (2018). C-undersøkelse fra Hallarøya, 58 pp.