C-undersøkelse

NS9410:2016

for

Ystøya

Tilstandsklasse I (Svært god)

Feltarbeid **19.06.2018**

Oppdragsgiver **LetSea Nutrition AS**

ÅKERBLÅ

NORSK AKKREDITERING TEST 252

C-undersøkelse for Ystøya		
Rapportnummer / Rapportdato	MCR-M-18077-Ystøya / 23.08.18	
Revisjonsnummer	*Revisjonsbeskrivelse*	*Signatur*
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Ystøya	
	Ny	
	Alstahaug kommune, Nordland fylke	
Lokalitetsnummer	Ny	
Oppdragsgiver		
Selskap	LetSea Nutritoen AS	
Kontaktperson	Tor-Hugo Hestnes	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda, Org.nr.: 916 763 816	
Prosjektansvarlig	Espen Nordhammer	
Forfattere	Martin Mejdell Hektoen, Espen Nordhammer	
Godkjent av	Bjørn Erik Bye	
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	*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.*	

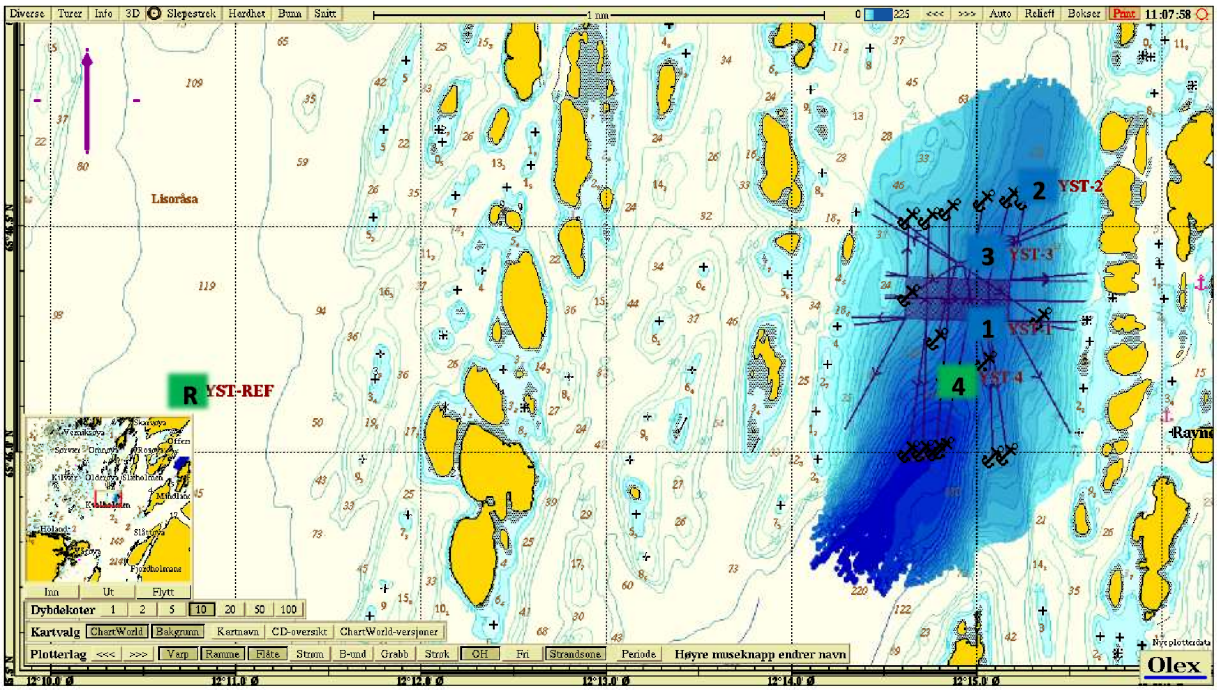
Sammendrag

Denne rapporten omhandler en C- undersøkelse ved lokaliteten Ystøya i Alstadhaug, Nordland. Undersøkelsen er gjort som et ledd i en søknad om å etablere et akvakulturanlegg, og inkluderer fire ordinære prøvestasjoner, samt en referansestasjon lagt utenfor det anslåtte influensområdet til anlegget (tabell 1; figur 1).

Undersøkelsen viser i hovedsak svært gode forhold i området, der to av tre stasjoner i overgangssonen hadde fauna klassifisert til svært god tilstand. Det ble registrert en viss dominans av forurensingstolerante arter ved alle stasjonene, men vi anser dette som de naturlige forholdene i området. Referansestasjonen viste en annerledes fauna- og sedimentsammensetning enn overgangssonen, og vurderes til å være lite representativ for overgangssonen, men kan trolig likevel fange opp større naturlige endringer i området.

Krav til neste undersøkelse er under første generasjon fisk etter produksjonsstart ved lokaliteten. Undersøkelsen bør gjennomføres i tidsrommet to måneder før maksimal belastning til to måneder etter utslakt.

Forsidefoto: Charlotte Hallerud



Figur 1. Plassering av anleggsramme og fortøyningsliner med bunntopografi 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 = YST-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 oppgitt med klassifisering (NS9410 (2016), Veileder M608 (2016) og Veileder 02:2013 (2015).

Stasjon/ Parameter	YST-2	YST-3	YST-4	YST-REF
Antall arter	114	101	78	112
Antall individ	992	801	874	2727
H'	Svært god	Svært god	God	God
nEQR	Svært god	Svært god	God	God
Cu	Bakgrunn	Bakgrunn	Bakgrunn	Bakgrunn
Samlet vurdering	Svært god	Neste undersøkelse	Første generasjon fisk etter produksjonsstart	

Forord

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse av lokalitet Ystøya. 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**

INNHOLD **4**

1 INNLEDNING **5**

2 MATERIALE OG METODE **8**

2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER 8
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER 12
2.3 PRODUKSJON 15

3 RESULTATER **16**

3.1 BUNNDYRSANALYSER 16
3.1.1 YST-1 ..... *16*
3.1.2 YST-2 ..... *17*
3.1.3 YST-3 ..... *19*
3.1.4 YST-4 ..... *21*
3.1.5 YST-REF *23*
3.1.6 Samlet tilstandsverdi *25*
3.2 HYDROGRAFI 26
3.3 SEDIMENTANALYSER 27
3.3.1 Sensoriske vurderinger *27*
3.3.2 Kornfordeling *27*
3.3.3 Kjemiske parametere *27*

4 DISKUSJON **29**

5 LITTERATURLISTE **30**

6 VEDLEGG **32**

VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE) 32
VEDLEGG 2 - ANALYSEBEVIS 34
VEDLEGG 3 - KLASSIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD 36
VEDLEGG 4 - INDEKSBESKRIVELSER 38
VEDLEGG 5 – INDEKS FOR C1 41
VEDLEGG 6 - REFERANSETILSTANDER 42
VEDLEGG 7 - ARTSLISTE 44
VEDLEGG 8 – CTD RÅDATA 50
VEDLEGG 9 – BILDER AV SEDIMENT 53

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 strømretning 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).

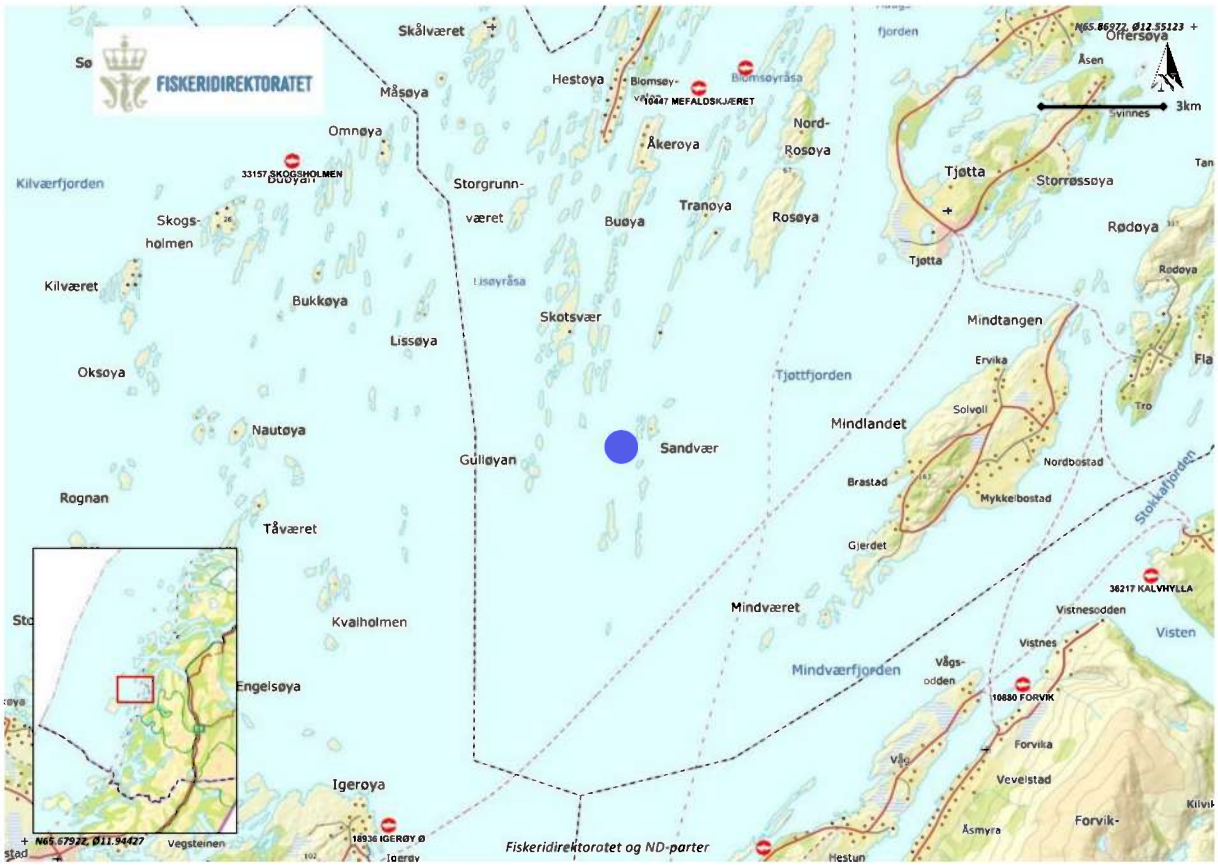
Stasjon	Tilstandsklasse	Neste produksjonssyklus	Hver annen produksjonssyklus	Hver tredje produksjonssyklus
C2	Moderat (III) eller dårligere*	X		
	Svært god (I) eller god (II)			X
Samlet for C3, C4, osv.	Dårligere enn Moderat (III)*	X		
	Moderat (III)		X	
	Svært god (I) eller god (II)			X

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

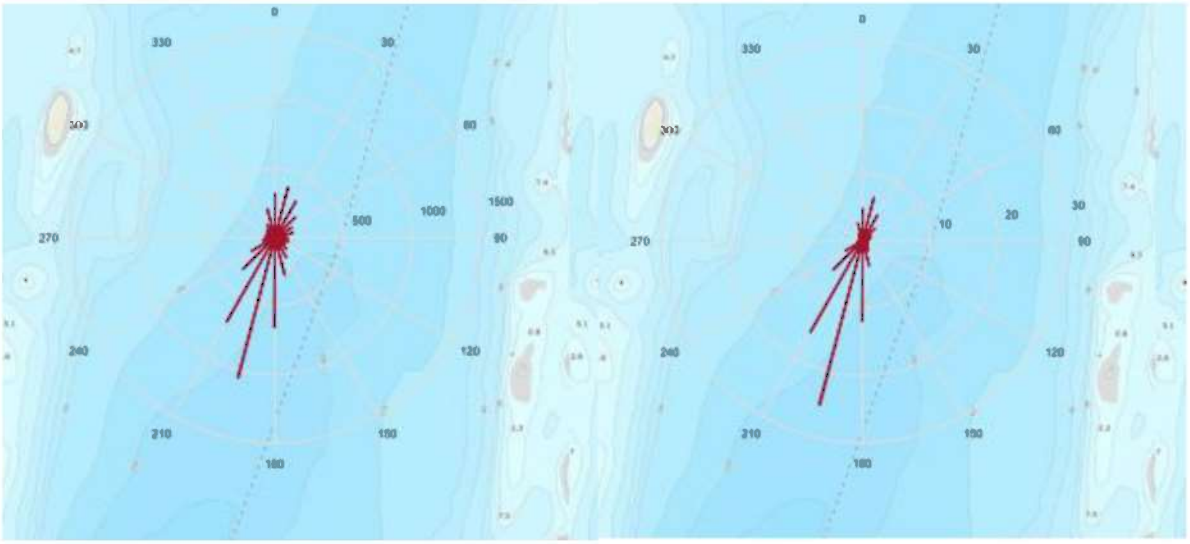
2 Materiale og metode

2.1 Område og prøvestasjoner

Den planlagte oppdrettslokaliteten Ystøya ligger omkranset av holmer og skjær i øygruppen Sandvær i Alstahaug kommune, Nordland fylke. Anlegget ligger nærmere bestemt over en undervannsrenne avgrenset av Stakkøya og Stakkøyskjæret i vest, og Ystøya og Vardøya i øst (figur 2.1.1). Dybden under anlegget varierte en del, hvor vestlig del av anleggsrammen lå på mellom 60 og 90 meters dyp, østover økte dybden ned mot rennens dypeste punkt under den østligste burrekken på mellom 140 og 160 meters dyp. Målinger viser at hovedretningen på spredningsstrømmen går mot sør, med en betydelig returstrøm mot nord ved grunnere dyp (figur 2.1.2). Foreløpige anleggstegninger ble benyttet under gjennomføring av undersøkelsen, anlegget var planlagt med en ramme på 10 bur.

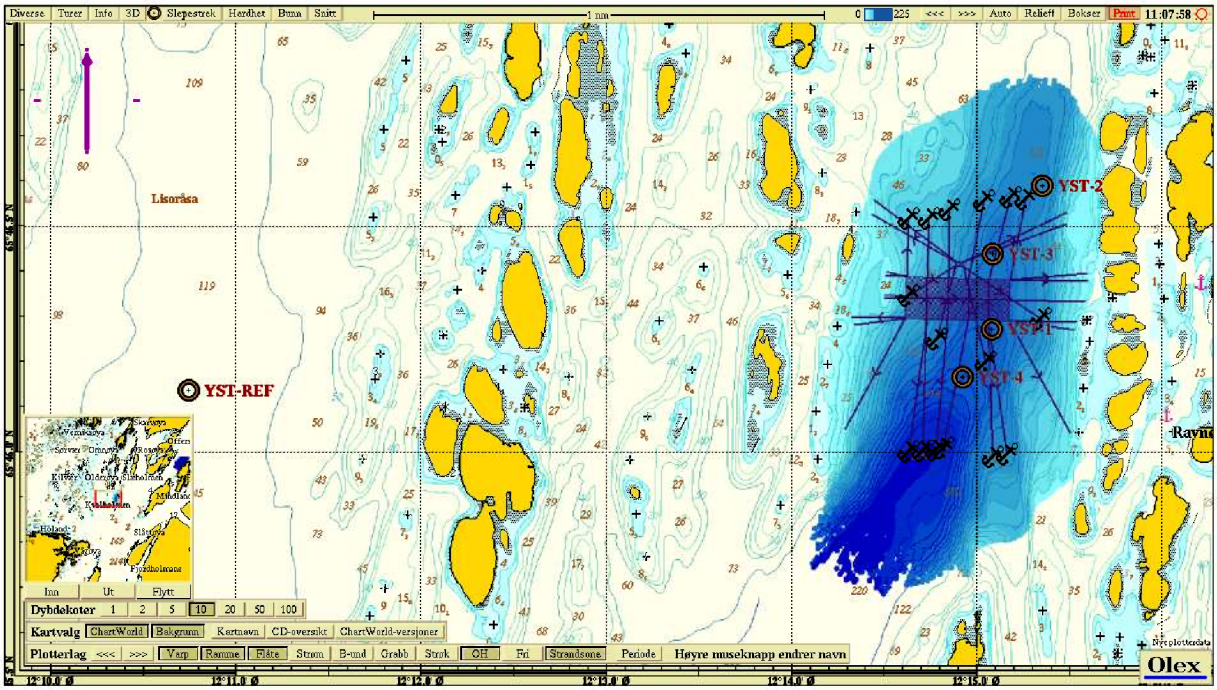


Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten (blå sirkel). Nærliggende anlegg er markert med røde sirkler. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84.

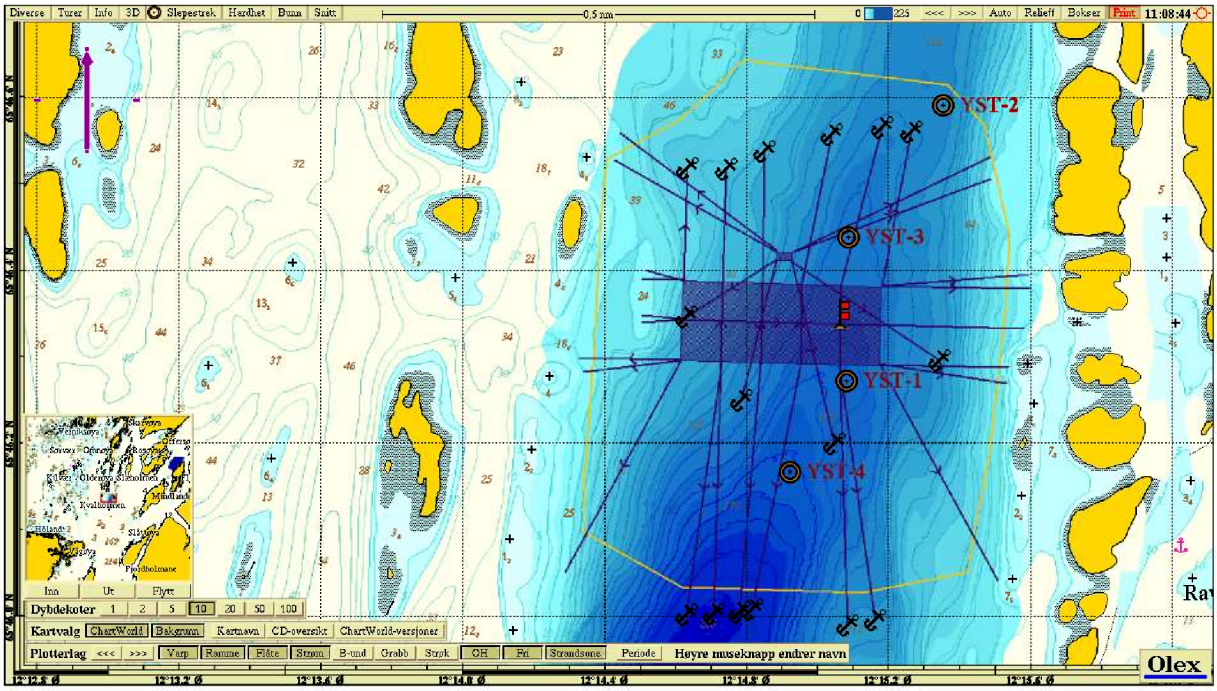


Figur 2.1.2 Strømforhold. Fordelingsdiagrammet til venstre angir antallet målepunkter (frekvens) i ulike himmelretninger. Figur til høyre viser relativ vannfluks som angir hvor stor prosent av vannmassene (mengde) som fordeler seg i de ulike himmelretningene. Målingene er utført på spredningsdypet, 66 m. Kartdatum WGS84 (Åkerblå 2018).

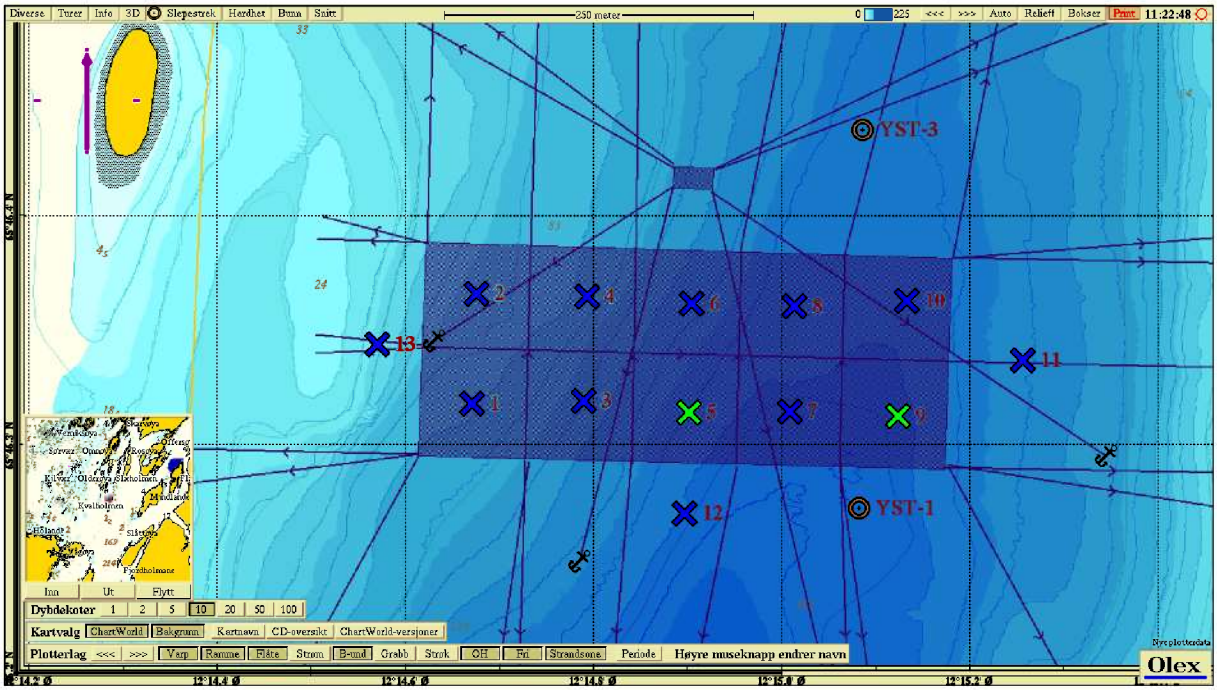
Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av krav i NS9410 (2016). Anlegget er planlagt plassert over en renneformasjon som går i nord-sørlig retning og strømretningen følger denne rennen. Plassering av stasjonene er derfor bestemt ut i fra strømmønster, sedimentsammensetning og batymetriske forhold. Stasjon YST-1 ble plassert inn mot anleggets ramme mot dypeste del av anleggsområde i sørlig himmelretning som er antatt å ha et stort akkumuleringspotensial. YST-2 ble plassert i ytterkant av overgangssonen, 410 meter nordøst for anlegget i et område som er antatt å ha et lavt akkumuleringspotensial. Stasjon YST-3 ble plassert 100 meter nord for anleggsrammen i midtre deler av renna for å registrere organiske biprodukter transportert i denne retningen, mens stasjon YST-4 ble plassert 230 meter sør for anlegget, i dypere deler av overgangssonen, hvor det er forventet et høyere akkumuleringspotensiale. Referansestasjonene YST-REF ble plassert omtrent 3 km vest for anlegget utenfor influensområdet, og ble antatt å ha samme sedimentsammensetning og batymetriske forhold som i overgangssonen (figur 2.1.3-2.1.4; tabell 2.1.1).



Figur 2.1.3 Plassering av prøvestasjoner (brune rundinger) og fortøyningslinjer. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



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



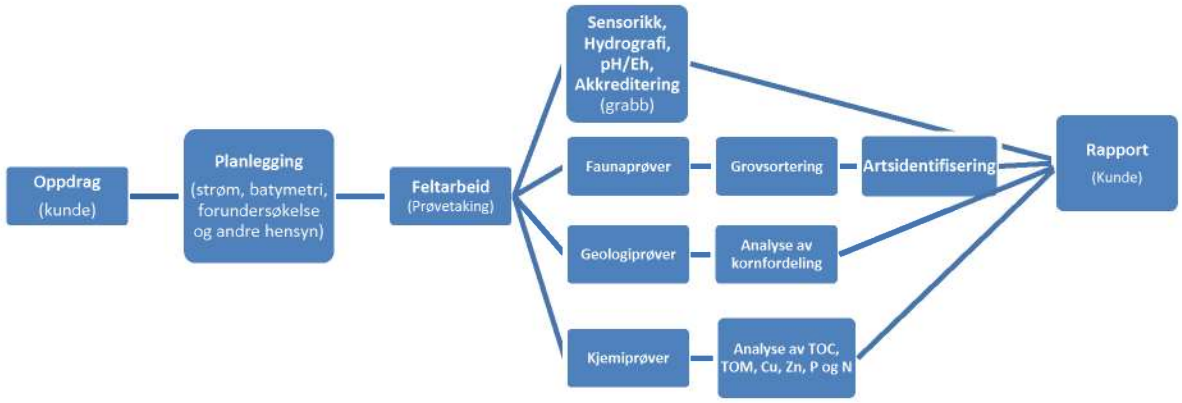
Figur 2.1.5 Anleggsplassering og fortøyningsliner, B-undersøkelsesstasjoner (kryss) og C-stasjonens innerste prøvestasjon (brune rundinger). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

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 parametere (KJE), geologiske parametere (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
YST-1	65°46.272'N/12°15.082'Ø	30m	160	FAU, KJE, GEO, PE	C1
YST-2	65°46.589'N/12°15.354'Ø	415m	127	FAU, KJE, GEO, PE	C2
YST-3	65°46.437'N/12°15.086'Ø	105m	143	FAU, KJE, GEO, PE	C3
YST-4	65°46.166'N/12°14.921'Ø	235m	174	FAU, KJE, GEO, PE, CTD	C4
YST-REF	65°46.135'N/12°10.748'Ø	3000m	125	FAU, KJE, GEO, PE	Referanse

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.

Tabell 2.2.1 Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (KC-denmark) på 0,1 m²
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	ÅB AS	Espen Nordhammer	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	ÅB AS	Jolanta Jagminiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	ÅB AS	Martin Mejdell Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	ÅB AS	Martin Mejdell Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	ÅB AS	Martin Mejdell Hektoen	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.

Utregningen 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 (YST-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_2S)
ES_{100}	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom N ≥ 100)
J	Jevnhetsindeks
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index)
NSI	Norsk sensitivitetsindeks som angir artenes forurensningsgrad
DI	Individtetthetsindeks («Density Index»)
Ḡ	Grabbverdi: Gjennomsnitt for grabb 1 og 2
Š	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

Det har ikke tidligere vært produksjon ved lokaliteten

3 Resultater

3.1 Bunndyrsanalyser

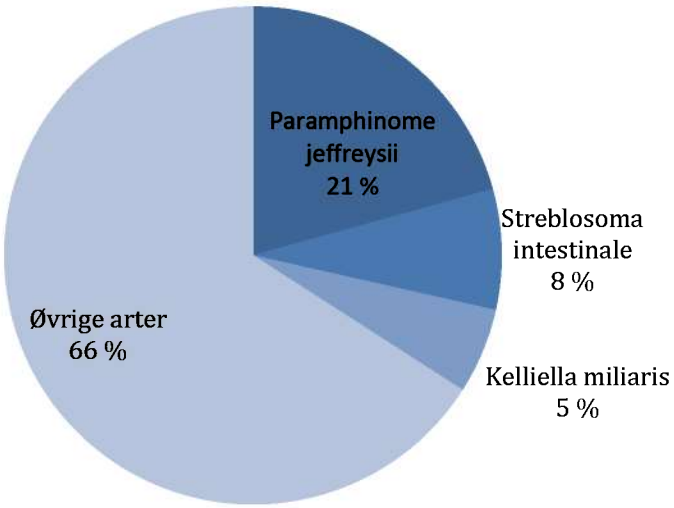
3.1.1 YST-1

Ved YST-1 ble det registrert 971 individer fordelt på 102 arter (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1). Den forurensingstolerante arten *Paramphinome jeffreysii* var noe dominerende ved stasjonen, men den lå fortsatt godt innenfor tilstand **tilstand 1 (meget god)** etter NS9410 (2016).

Tabell 3.1.1.1 De ti hyppigst forekommende artene ved YST-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 individer	Prosent (%)
Paramphinome jeffreysii	3	201	20,7
Streblosoma intestinale	1	76	7,8
Kelliella miliaris	3	54	5,6
Heteromastus filiformis	4	44	4,5
Scutopus ventrolineatus	2	38	3,9
Amythasides macroglossus	1	36	3,7
Mendicula ferruginosa	1	32	3,3
Spiochaetopterus bergensis		30	3,1
Parathyasira equalis	3	28	2,9
Yoldiella lucida	2	28	2,9
Øvrige arter	-	404	41,6

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



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

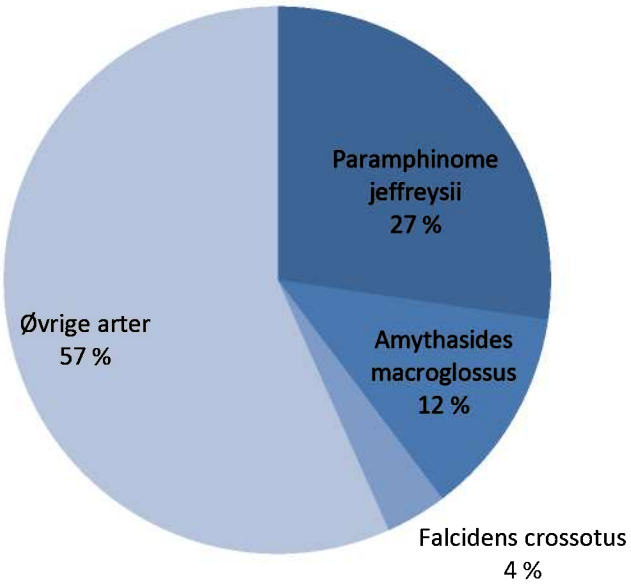
3.1.2 YST-2

Ved YST-2 ble det registrert 992 individer fordelt på 114 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Den forurensingstolerante arten *Paramphinome jeffreysii* var noe dominerende ved stasjonen, og stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2013.

Tabell 3.1.2.1 De ti hyppigst forekommende artene ved YST-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 individer	Prosent (%)
Paramphinome jeffreysii	3	271	27,3
Amythasides macroglossus	1	123	12,4
Falcidens crossotus		36	3,6
Heteromastus filiformis	4	32	3,2
Notomastus latericeus (artskompleks)	1	22	2,2
Streblosoma intestinale	1	21	2,1
Parathyasira equalis	3	20	2,0
Yoldiella lucida	2	20	2,0
Scutopus ventrolineatus	2	19	1,9
Nothria conchylega	1	18	1,8
Øvrige arter	-	410	41,3

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 YST-2.

Tabell 3.1.2.2 Faunaresultater for YST-2 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š). Ḡ-verdiene og Š-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	YST-2-1	YST-2-2	Ḡ	Š	nEQR Ḡ	nEQR Š
S	84	88	86	114		
N	439	553	496	992		
NQI1	0,833	0,832	0,833	0,837	0,832	0,843
H'	4,824	4,818	4,821	4,960	0,805	0,836
J	0,755	0,746	0,750	0,726		
H'max	6,392	6,459	6,426	6,833		
ES100	40,210	38,610	39,410	40,070	0,868	0,876
ISI	10,125	10,361	10,243	10,348	0,838	0,844
NSI	25,319	25,072	25,196	25,184	0,807	0,806
DI	0,592	0,693	0,643	0,947		
Grabb-/stasjonsverdi					0,830	0,841
Tilstandsverdi						0,835

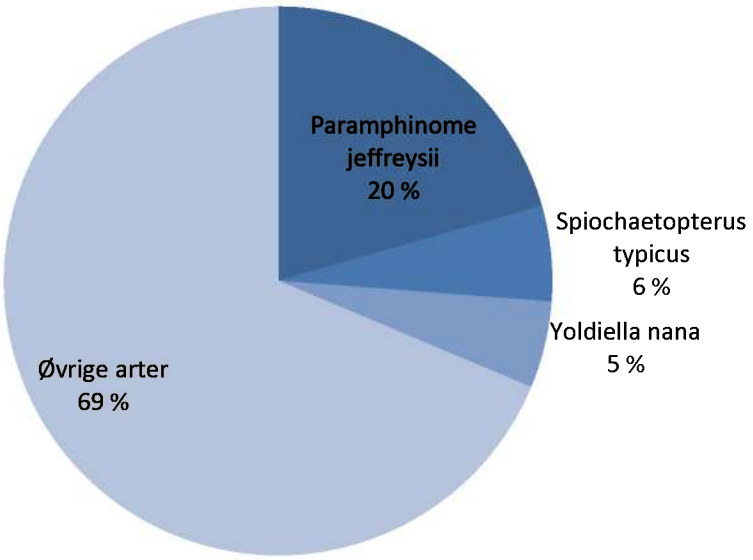
3.1.3 YST-3

Ved YST-3 ble det registrert 801 individer fordelt på 101 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Den forurensingstolerante arten *Paramphinome jeffreysii* var noe dominerende ved stasjonen, og stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2013.

Tabell 3.1.3.1 De ti hyppigst forekommende artene ved YST-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 individer	Prosent (%)
Paramphinome jeffreysii	3	165	20,6
Spiochaetopterus typicus	4	45	5,6
Yoldiella nana	3	41	5,1
Heteromastus filiformis	4	38	4,7
Amythasides macroglossus	1	33	4,1
Yoldiella lucida	2	33	4,1
Falcidens crossotus		27	3,4
Kelliella miliaris	3	26	3,2
Parathyasira equalis	3	26	3,2
Notomastus latericeus (artskompleks)	1	24	3,0
Øvrige arter	-	343	42,8

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 YST-3.

Tabell 3.1.3.2 Faunaresultater for YST-3 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š). Ḡ-verdiene og Š-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	YST-3-1	YST-3-2	Ḡ	Š	nEQR Ḡ	nEQR Š
S	75	73	74	101		
N	474	327	401	801		
NQI1	0,812	0,835	0,824	0,829	0,809	0,823
H'	4,924	5,072	4,998	5,145	0,844	0,877
J	0,791	0,819	0,805	0,773		
H'max	6,229	6,190	6,209	6,658		
ES100	37,400	39,350	38,375	38,760	0,855	0,860
ISI	10,016	9,899	9,957	10,003	0,821	0,824
NSI	23,740	24,143	23,942	23,908	0,758	0,756
DI	0,626	0,465	0,545	0,854		
Grabb-/stasjonsverdi					0,817	0,828
Tilstandsverdi						0,823

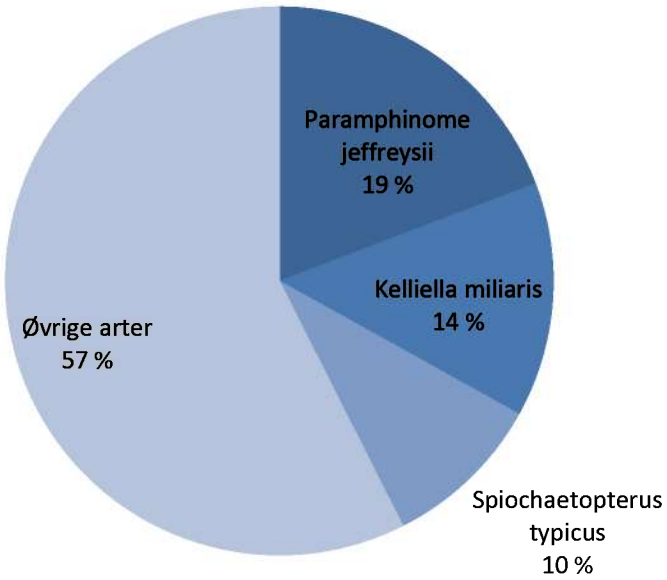
3.1.4 YST-4

Ved YST-4 ble det registrert individer fordelt på arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Den forurensingstolerante arten *Paramphinome jeffreysii* var noe dominerende ved stasjonen, og stasjonen ble klassifisert i øvre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013.

Tabell 3.1.4.1 De ti hyppigst forekommende artene ved YST-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 individer	Prosent (%)
Paramphinome jeffreysii	3	168	19,2
Kelliella miliaris	3	121	13,8
Spiochaetopterus typicus	4	83	9,5
Amythasides macroglossus	1	43	4,9
Yoldiella lucida	2	38	4,3
Thyasira obsoleta	1	37	4,2
Parathyasira equalis	3	28	3,2
Heteromastus filiformis	4	27	3,1
Streblosoma intestinale	1	27	3,1
Adontorhina similis	2	22	2,5
Øvrige arter	-	280	32,0

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



Figur 3.1.4.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved YST-4.

Tabell 3.1.4.2 Faunaresultater for YST-4 fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š). Ḡ-verdiene og Š-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	YST-4-1	YST-4-2	Ḡ	Š	nEQR Ḡ	nEQR Š
S	51	70	61	78		
N	360	514	437	874		
NQI1	0,767	0,845	0,806	0,815	0,785	0,795
H'	4,093	4,738	4,415	4,658	0,757	0,784
J	0,722	0,773	0,747	0,741		
H'max	5,672	6,129	5,901	6,285		
ES100	28,970	33,660	31,315	32,170	0,768	0,778
ISI	10,013	10,477	10,245	10,703	0,838	0,865
NSI	22,671	24,387	23,529	23,672	0,741	0,747
DI	0,506	0,661	0,584	0,892		
Grabb-/stasjonsverdi					0,778	0,794
Tilstandsverdi						0,786

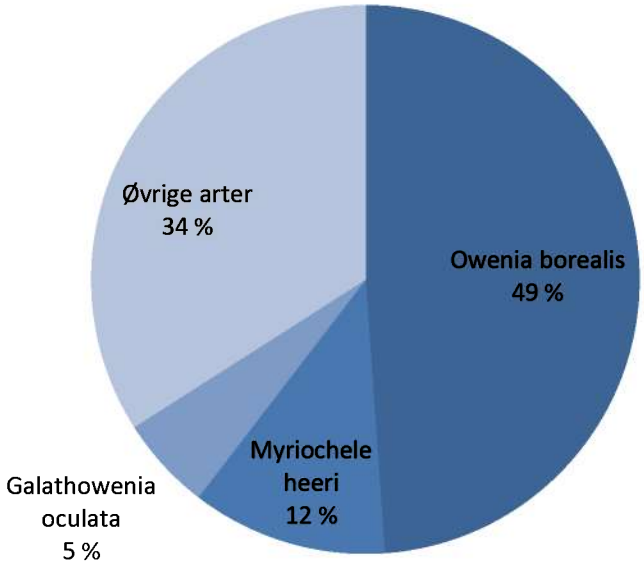
3.1.5 YST-REF

Ved YST-REF ble det registrert 2727 individer fordelt på 112 arter (tabell 3.1.5.1, tabell 3.1.5.2 og figur 3.1.5.1). Stasjonen var dominert av den forurensingsnøytrale arten *Owenia borealis*, og ble klassifisert i øvre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2013.

Tabell 3.1.5.1 De ti hyppigst forekommende artene ved YST-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 individer	Prosent (%)
Owenia borealis	2	1 333	48,9
Myriochele heeri	3	315	11,6
Galathowenia oculata	3	151	5,5
Heteromastus filiformis	4	136	5,0
Paramphinome jeffreysii	3	64	2,3
Myriochele danielsseni		56	2,1
Nothria conchylega	1	46	1,7
Exogone verugera	1	43	1,6
Clymenura borealis	1	39	1,4
Streblosoma intestinale	1	28	1,0
Øvrige arter	-	516	18,9

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



Figur 3.1.5.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved YST-REF.

Tabell 3.1.5.2 Faunaresultater for YST-REF fra grabb 1 og grabb 2 med arts- og individantall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š) fra de to grabbene. Bestemmende indekser (NQI1, H', ES100, ISI og NSI) er omregnet til en normalisert økologisk verdi (nEQR), både for gjennomsnittlig- (Ḡ) og stasjonsverdi (Š). Ḡ-verdiene og Š-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	YST-REF-1	YST-REF-2	Ḡ	Š	nEQR Ḡ	nEQR Š
S	79	96	88	112		
N	1095	1632	1364	2727		
NQI1	0,778	0,774	0,776	0,779	0,754	0,757
H'	3,337	3,492	3,415	3,485	0,646	0,654
J	0,529	0,530	0,530	0,512		
H'max	6,304	6,585	6,444	6,807		
ES100	24,790	24,110	24,450	24,700	0,688	0,691
ISI	10,060	9,847	9,953	10,202	0,821	0,835
NSI	23,976	23,576	23,776	23,739	0,751	0,750
DI	0,989	1,163	1,076	1,386		
Grabb-/stasjonsverdi					0,732	0,737
Tilstandsverdi						0,735

3.1.6 Samlet tilstandsverdi

Undersøkelsesfrekvens for C-undersøkelser er bestemt av tilstandsverdien til C-stasjonens C2-stasjon eller den samlede verdien fra C3, C4, osv. (tabell 3.1.6.1 og tabell 3.1.6.2).

Tabell 3.1.6.1 Samlet vurdering fra C3, C4, osv. 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».

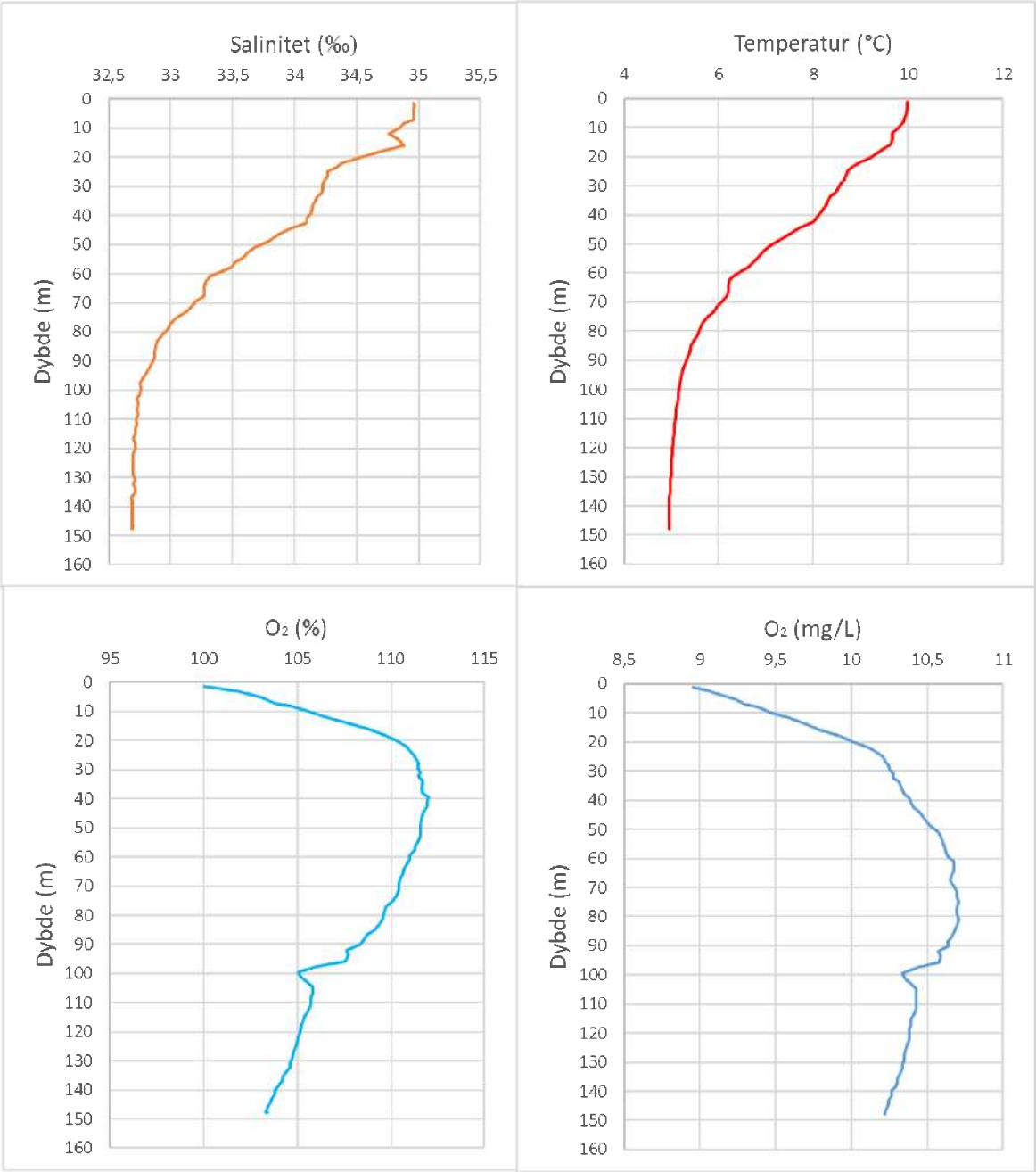
Indeks	$\check{S}$	nEQR $\check{S}$
S	119	
N	1675	
NQI1	0,829	0,823
H'	5,034	0,852
J	0,730	
H'max	6,895	
ES100	36,210	0,828
ISI	10,444	0,850
NSI	23,781	0,751
DI	0,572	
Stasjonsverdi Os		0,821

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

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Tilstandsverdi	Tilstand
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	YST-2	0,841	I Svært god
Overgangssonen (C3, C4, osv.)	Samlet	0,821	I Svært god

3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved YST-4 (figur 3.2.1). Temperaturen og saliniteten var jevnt synkende fra overflaten til omtrent 90 meter, der de holdt seg stabile til bunn. Oksygenmålingene var økende fra overflaten til omtrent 20 meter for oksygenmetningen og 60 meter for oksygenmengden. Fra disse dybdene sank begge parameterne noe ned mot bunnen. Både mengde (mg/l) og metning (%) av oksygen lå innenfor tilstand I (svært god) ved bunnen.



Figur 3.2.1 Temperatur (°C), salinitet (‰), oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til bunnen for prøvepunktet.

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Sensoriske vurderinger

I hovedsak hadde sedimentet lys farge, og bestod av sand, silt og skjellsand, mens konsistensen ble vurdert som myk ved alle stasjoner med unntak av grabbskudd 1 på YST-4 hvor konsistensen ble vurdert som fast. Det ble ikke registrert lukt eller organisk materiale ved noen stasjoner. Samtlige grabbhugg var akkreditert (Vedlegg 1).

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at prøvene i hovedsak bestod av sand med noe leire (Tabell 3.3.2.1).

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 (%)
YST-1	11	90	<1
YST-2	11	91	<1
YST-3	11	90	3
YST-4	12	90	<1
YST-REF	39	62	<1

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med tilstand (meget god/god/dårlig/meget dårlig) ved alle stasjonene (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
YST-1	7,6	155	0	1 Meget god
YST-2	7,6	129	0	1 Meget god
YST-3	7,6	134	0	1 Meget god
YST-4	7,7	140	0	1 Meget god
YST-REF	7,6	212	0	1 Meget god

Mengde organisk karbon i sedimentet ble klassifisert til tilstand II (god) alle stasjoner bortsett fra YST-4 og referansestasjonen, som ble klassifisert til «moderat». Mengde av sink og kobber lå på et bakgrunnsnivå i alle prøvene. For fosfor var nivået ganske jevnt i hele området, mens for nitrogen var nivået ved referansestasjonen betydelig høyere enn resten, og nivåene ved YST-2 og YST-4 var betydelig lavere (tabell 3.3.3.2).

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	nTOC	TS	N	C:N	P	Zn	TS	Cu	TS
YST-1	4,5	26,1	II	1140	8,77	430	30	I	6,1	I
YST-2	3,8	24,5	II	767	11,08	490	27	I	5,6	I
YST-3	4,7	28,0	III	1190	10,08	430	32	I	7,1	I
YST-4	3,6	24,7	II	759	11,73	400	25	I	4,6	I
YST-REF	5,5	30,0	III	1720	11,05	500	29	I	6,6	I

4 Diskusjon

Undersøkelsen viste i hovedsak svært gode forhold i området. To stasjoner i overgangssonen hadde fauna klassifisert til beste tilstand (svært god), og en til øvre del av tilstand II (god). Stasjonen i den planlagte anleggssonen viste tilsvarende forhold, og ble også klassifisert til beste tilstand. Faunasammensetningen i hele resipienten var ganske jevn, der den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* var noe dominerende ved alle stasjonene. Dette er en art vi erfarer kan forekomme i forholdsvis høye antall i naturlige områder, og vi regner undersøkelsen å representere naturlige forhold. Mengde organisk karbon var noe forhøyet ved YST-4, men denne stasjonen ble plassert i en skråning der man kan forvente en viss naturlig organisk akkumulering.

Referansestasjonen viste en betydelig annen faunasammensetning enn de resterende stasjonene, der stasjonen var tydelig dominert av *Owenia borealis* og flere andre rørbyggende flebørstemark i familien Oweniidae. Kornfordelingsanalysen indikerte finere sediment ved stasjonen, og det ble også registrert større mengder nitrogen og organisk karbon i sedimentet enn ved de resterende stasjonene. Totalt sett virker referansestasjonen å ikke være veldig representativ for overgangssonen, og plasseringen burde vurderes til neste undersøkelse. Stasjonen kan likevel trolig brukes til å fange opp større naturlige endringer i området.

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 publikasjon 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.

Horton et al. (2016) World Register of Marine Species. Available from http: 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.

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 kvantitiativ 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 bentic 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, Thélin, 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.

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.

Åkerblå (2018). Vurdering av strømforhold ved Ystøya. Torkildson K. *Åkerblå AS* 59 pp.

6 Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)

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

Kunde	Lerøy	Lokalitet/P.nr	Ystøya
Dato	19.06.18	Toktleder	EN
Prøvetaking	START: 1230 SLUTT: 1600	Alt Personell	EL
Vær		Sjøtemperatur	9,9°C
Utsyr ID / Kalibrering	Grab; Sil; Eh; pH: pH- kalibrering:	Sjø; Eh: 126	pH: 8,11

Stasjon nr/navn	1 YST-1				2 YST-2				3 YST-3			
Posisjon N / Ø	65°46.272/12°15.082				65°46.589/12°15.354				65°46.437/12°15.086			
Dybde (meter)	160				127				143			
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	1	1	1		2	1	1		1	1	1	
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	Ja	JA	JA		JA	JA	Ja		Ja	Ja	Ja	
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	Ja	JA	JA		JA	JA	Ja		Ja	Ja	Ja	
Volum (cm)	4,5	4,5	4		6	6	7		10	10	9,5	
Antall flasker	1	1			1	1			1	1		
pH	7,6	7,6			7,6				7,6	7,6		
Eh (mV)	155	155			129				134			
Sediment: Skjellsand	3	3	3		3	3	3		3	3	3	
Sediment: Sand	1	1	1		1	1	1		1	1	1	
Sediment: Grus												
Sediment: Mudder												
Sediment: Silt	2	2	2		2	2	2		2	2	2	
Sediment: Leire												
Sediment: Steinbunn												
Farge: Lys/Grå (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
Farge: Brun/Sort (2)												
Lukt: Ingen (0)	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
Lukt: Noe (2)												
Lukt: Sterk (4)												
Kons: Fast (0)												
Kons: Myk (2)	2	2	2		2	2	2		2	2	2	
Kons: Løs (4)												
Merknader / avvik:												

ÅKERBLÅ

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	Sidetal: 1 av 2

Kunde	LetSea	**Lokalitet/P.nr**	Ystøya
Dato	19.06.18	**Toktleder**	EN
Prøvetaking	START: 13:20 SLUTT: 16:00	**Alt Personell**	EL
Vær	Sti, frisk vind, regn	**Sjøtemperatur**	9,6°
Utsyr ID / Kalibrering	Grab; Sil; Eh; pH:	pH- kalibrering:	Sjø; Eh: 212 pH: 8,2

Stasjon nr/navn	1 YST-4				2 YST-REF				3			
Posisjon N / Ø	65°46,166 12°14,921				65°46,135/12°10,748				/			
Dybde (meter)	174				≈ 125							
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	2	1	1		1	1	1					
Akkreditert hugg overflate (ja/nei)	JA	JA	JA		JA	Ja	Ja					
Akkreditert hugg volum (ja/nei)	JA	JA	JA		JA	Ja	Ja					
Volum (cm)	7	7	7,5		4,5	5	5					
Antall flasker	1	1			1	1						
pH	7,7	7,7	7,6		7,6							
Eh (mV)	140	140	140		212							
Sediment: Skjellsand	3	3	3		3	3	3					
Sediment: Sand	1	1	1		1	1	1					
Sediment: Grus												
Sediment: Mudder												
Sediment: Silt	2	2	2		2	2	2					
Sediment: Leire												
Sediment: Steinbunn												
Farge: Lys/Grå (0)	0	0	0		0	0	0					
Farge: Brun/Sort (2)												
Lukt: Ingen (0)	0	0	0		0	0	0					
Lukt: Noe (2)												
Lukt: Sterk (4)												
Kons: Fast (0)	0	2	2									
Kons: Myk (2)					2	2	2					
Kons: Løs (4)												
Merknader / avvik:	CTD											

Vedlegg 2 - Analysebevis

KYSTLAB

Avdeling Namdal

Åkerblå AS
916763816
Nordfrøyveien 413
7260 SISTRANDA

Dato: 13.07.2018
Prøve ID: N2018-6029
ver 1

ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 28.06.18 Analyseperiode: 28.06.18 - 13.07.18 Prøvetaker: Oppdragsgiver

2018-6029-1 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 19.06.18

Merket: YST-1 Referanse: Ystøya Prosjekt 18077 C

Parameter		Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kobber		Intern /ISO 17294-2	6,1	mg/kg TS	±1,80
Sink		Intern /ISO 17294-2	30	mg/kg TS	±5,90
Fosfor		Intern /ISO 17294-2	430	mg/kg TS	±110
Kjeldahl-Nitrogen		INTERN METODE	1140	mg N/kg TS	±171
Totalt organisk karbon, TOC	a)	ISO10694mod./EN13137	10000	mg/kg TS	
•Normalisert TOC		Beregnet TOC63	26,1	mg/g TS	
Tørrstoff 105°C		NS 4764	56	g/100g	±3,90
Organisk stoff, glødetap		NS 4764	4,5	% av TS	
•Finstoff (<63µ)		DIN 18123	11	%	
•Sand (63-2000 µm)		DIN 18123	90	%	
•Grus (>2000 µm)		DIN 18123	<1	%	

2018-6029-2 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 19.06.18

Merket: YST-2 Referanse: Ystøya Prosjekt 18077 C

Parameter		Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kobber		Intern /ISO 17294-2	5,6	mg/kg TS	±1,70
Sink		Intern /ISO 17294-2	27	mg/kg TS	±5,40
Fosfor		Intern /ISO 17294-2	490	mg/kg TS	±120
Kjeldahl-Nitrogen		INTERN METODE	767	mg N/kg TS	±115
Totalt organisk karbon, TOC	a)	ISO10694mod./EN13137	8500	mg/kg TS	
•Normalisert TOC		Beregnet TOC63	24,5	mg/g TS	
Tørrstoff 105°C		NS 4764	62	g/100g	±4,34
Organisk stoff, glødetap		NS 4764	3,8	% av TS	
•Finstoff (<63µ)		DIN 18123	11	%	
•Sand (63-2000 µm)		DIN 18123	91	%	
•Grus (>2000 µm)		DIN 18123	<1	%	

2018-6029-3 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 19.06.18

Merket: YST-3 Referanse: Ystøya Prosjekt 18077 C

Parameter		Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kobber		Intern /ISO 17294-2	7,1	mg/kg TS	±2,10
Sink		Intern /ISO 17294-2	32	mg/kg TS	±6,50
Fosfor		Intern /ISO 17294-2	430	mg/kg TS	±110
Kjeldahl-Nitrogen		INTERN METODE	1190	mg N/kg TS	±179
Totalt organisk karbon, TOC	a)	ISO10694mod./EN13137	12000	mg/kg TS	

Laboratoriet er ikke ansvarlig for prøvetaking eller vurdering og fortolking av prøveresultater.
Måleusikkerhet fås ved henvendelse laboratoriet.
Resultater gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Side 1 av 2

Besøksadresse:
Postboks 433
7801 Namsos
E-mail: namdal@kystlab.no
www.kystlab.no
Telefax:
74 21 24 40
Org.nr.:
NO: 986 208 933 MVA

ÅKERBLÅ

Dato: 13.07.2018
Prøve ID: N2018-6029
ver 1

•Normalisert TOC	Beregnet TOC63	28,0	mg/g TS	
Tørrstoff 105°C	NS 4764	56	g/100g	±3,91
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	4,7	% av TS	
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	11	%	
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	90	%	
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	3	%	

2018-6029-4 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 19.06.18

Merket: YST-4 Referanse: Ystøya Prosjekt 18077 C

Parameter		Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kobber		Intern /ISO 17294-2	4,6	mg/kg TS	±1,40
Sink		Intern /ISO 17294-2	25	mg/kg TS	±5,10
Fosfor		Intern /ISO 17294-2	400	mg/kg TS	±100
Kjeldahl-Nitrogen		INTERN METODE	759	mg N/kg TS	±114
Totalt organisk karbon, TOC	a)	ISO10694mod/EN13137	18900	mg/kg TS	
•Normalisert TOC		Beregnet TOC63	24,7	mg/g TS	
Tørrstoff 105°C		NS 4764	64	g/100g	±4,47
Organisk stoff, glødetap		NS 4764	3,6	% av TS	
•Finstoff (<63µ)		DIN 18123	12	%	
•Sand (63-2000 µm)		DIN 18123	90	%	
•Grus (>2000 µm)		DIN 18123	<1	%	

2018-6029-5 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 19.06.18

Merket: YST-Ref Referanse: Ystøya Prosjekt 18077 C

Parameter		Metode	Resultat	Enhet	Måleusikkerhet
Kobber		Intern /ISO 17294-2	6,6	mg/kg TS	±2,00
Sink		Intern /ISO 17294-2	29	mg/kg TS	±5,70
Fosfor		Intern /ISO 17294-2	500	mg/kg TS	±130
Kjeldahl-Nitrogen		INTERN METODE	1720	mg N/kg TS	±258
Totalt organisk karbon, TOC	a)	ISO10694mod/EN13137	19000	mg/kg TS	
•Normalisert TOC		Beregnet TOC63	30,0	mg/g TS	
Tørrstoff 105°C		NS 4764	52	g/100g	±3,63
Organisk stoff, glødetap		NS 4764	5,5	% av TS	
•Finstoff (<63µ)		DIN 18123	39	%	
•Sand (63-2000 µm)		DIN 18123	62	%	
•Grus (>2000 µm)		DIN 18123	<1	%	

•) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen
a) Analysen er utført ved Fjellak.

< betyr: Mindre enn

Informasjon vedr. forbehandlingsprosedyrer
Prøvene tørkes ved 105°C for 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 (last opp i sterk salpetersyre og hydrogenperoxid under trykk).
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 fortolking av prøveresultater.
Måleusikkerhet fås ved henvendelse laboratoriet.
Resultatet gjelder kun mottatt prøve. Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten vår skriftlige godkjenning.

Side 2 av 2

Besøksadresse: Postboks 433, 7801 Namsos
E-mail: namdal@kystlab.no, www.kystlab.no
Telefon: 74 21 24 40
Org.nr.: 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 flerbørstemarker (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 flerbørstemarker (Benevnelse - forurensingstolerante).
Gruppe 4 – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarker; «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. Zoosytematica 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

$$\mathrm{H}' = -\sum_{i=l}^{S} p_i \, log_2 \, p_i$$

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)

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

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

$$\mathrm{ISI} = \sum_{i}^{S} \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}}\right]$$

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

$$\mathrm{NSI} = \sum_{i}^{S} \left[\frac{N_i \bullet NSI_i}{N_{NSI}}\right]$$

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: forurensingsindikerende 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

$$\mathrm{AMBI} = \sum_{i}^{S} \left[\frac{N_{i \bullet AMBI_i}}{N_{AMBI}}\right]$$

hvor Ni 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)

$$\mathrm{DI} = abs[log10(N_{0,1\,m^2}) - 2{,}05]$$

hvor *abs* står for absoluttverdi, $N_{0,1\,m^2}$ står for antall individer pr. 0,1 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 artsmangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksen er gitt ved formelen

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

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

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

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 YST-1 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	YST-1-1	YST-1-2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	73	79	76	102		
N	434	537	486	971		
NQI1	0,827	0,824	0,825	0,831	0,813	0,828
H'	4,963	4,933	4,948	5,104	0,833	0,868
J	0,802	0,783	0,792	0,765		
H'max	6,190	6,304	6,247	6,672		
ES100	38,760	35,850	37,305	38,300	0,841	0,854
ISI	9,494	10,496	9,995	10,173	0,823	0,834
NSI	24,521	24,785	24,653	24,671	0,786	0,787
DI	0,587	0,680	0,634	0,937		
Grabb-/stasjonsverdi					0,819	0,834
Tilstandsverdi						0,827

Vedlegg 6 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V6.1-V6.3) angir hvilken tilstand de ulike parameterne tilhører; blå tilsvarer 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
Sediment	TOC	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	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 O_2/L til mg O_2/L hvor omregningsfaktoren til mg O_2 /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 Ystøya (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 (EG)	YST-1-1	YST-1-2	YST-2-1	YST-2-2	YST-3-1	YST-3-2	YST-4-1	YST-4-2	YST-REF-1	YST-REF-2
Abyssoninoe hibernica	1		2	2				3	2		3
Amaeana trilobata	1					1	2	2	1		1
Amage auricula	1		1		2						
Ampharete octocirrata	1	2	3	5	3		1	1	4	6	11
Ampharete sp.	1		1	1							1
Amphicteis gunneri	3			2							
Amphictene auricoma	2	1	1	2	6	2	2				2
Amythasides macroglossus	1	13	23	58	65	22	11	10	33	3	3
Anobothrus gracilis	2	1		1							
Aphelochaeta sp.	2	3	3	1	4	3	2		1	2	5
Aphrodita aculeata	1		1	2						1	
Aphroditidae	2						1				
Apistobranchus tullbergi	2		1	1	1		1				
Aricidea catherinae	1						2			2	2
Aricidea cerrutii				1							
Aricidea quadrilobata										1	1
Augeneria tentaculata (artskompleks)	1				1	1	1	1			
Caulleriella bioculata			1				2			2	3
Ceratocephale loveni	3	2	3	2	1	3		1	4	4	3
Chaetoparia nilssoni	2								1	5	
Chaetozone setosa (artskompleks)	4			2	2		1			7	11
Chaetozone sp.	3			1							
Chirimia biceps	2	2	1	3	1	3		1	2	5	9
Chone duneri	1	3	5	4	4	1	2	3	17	3	8
Clymenura borealis	1	2	10	5	2				1	19	20
Diplocirrus glaucus	2	2		2	3	1				3	2
Dipolydora socialis	3						1				
Dipolydora sp.						1					
Dorvilleidae	3							1			1
Drilonereis filum	2	8	16	8	8	2	2	7	7	1	

Eclysippe cf. vanelli	1		2		1	1	2		1	1	3
Euchone sp.	2			1		1		2	2		3
Eumida sp.	1					2					
Exogone verugera	1			2	2	1		1		13	30
Galathowenia fragilis	1									5	2
Galathowenia oculata	3			3						42	109
Glycera lapidum	1			4	2	2	1	1	4		1
Glyphanostomum pallescens		2	1	4	14	6				2	19
Heteroclymene robusta	1		1	2	1						
Heteromastus filiformis	4	16	28	13	19	32	6	10	17	41	95
Jasmineria candela								1	1		2
Jasmineira sp.	2	2	4		2	2	2		9		5
Lagis koreni	4	1					1			1	1
Laonice sarsi	1					1	1	1			
Laphania boecki	2									1	5
Levinsenia gracilis	2	1	5	1	1	1		1	2	1	2
Lumbriclymene cylindricauda			2			2	1				
Lumbrineridae	2				1						
Macrochaeta polyonyx	3			1							
Maldane sarsi	4									11	13
Melinna cristata	2		1								
Melinna elisabethae	2	1		1	1	2	1			1	1
Myriochele danielsseni										13	43
Myriochele heeri	3	1		1						119	196
Neoleanira tetragona	3	1	1			1					
Nephtys ciliata	3										1
Nephtys sp.	2		1	1					1		1
Nereimyra woodsholea										1	1
Nothria conchylega	1	7	1	2	16	6	11	1	3	15	31
Notomastus latericeus (artskompleks)	1	8	4	11	11	12	12	8	7	5	9
Ophelina sp.	3	1			5	2					1
Owenia borealis	2	4	1							569	764
Paradiopatra quadricuspis	1		1								
Paradoneis lyra (artskompleks)	2								1	2	3
Paramphinome jeffreysii	3	101	100	120	151	107	58	103	65	25	39
Paranaitis kosteriensis		1			1						1
Pherusa falcata				1	1						
Pherusa flabellata		1									
Pholoe baltica	3	1	1	3	4	2	1		1	4	4
Pholoe pallida	1		2	2							
Phyllodoce groenlandica	3	3		4	4	1	1		2	4	6

Phylo norvegicus	2	1									
Pista cristata	2	13	4	3	10	6	5	3	7		1
Polycirrus medusa	1		1								
Polycirrus norvegicus	4								1		
Polynoidae	2						1				
Praxillura longissima	1			1				1	1		
Prionospio cirrifera	3						1				
Proclea graffii	2									1	2
Protomystides exigua				1						1	
Pseudomystides limbata											1
Pseudopolydora antennata	3										4
Pseudopolydora paucibranchiata	4										2
Rhodine gracilior	1									2	
Rhodine loveni	2	1									
Sabella pavonina				1	2	1			1		
Sabellidae	2	9	4	4	12	4	4		4	12	7
Samytha sexcirrata	1	1					1				
Samythella neglecta			1								
Scalibregma hanseni		2	1		2			3	3		
Scolelepis sp.	1							1			
Siboglinidae	1	4	5	4	4	5	4		4	3	
Sosane wahrbergi	2	1									
Sosane wireni	1								2	2	2
Spiochaetopterus bergensis		13	17	2	5						
Spiochaetopterus typicus	4					20	25	64	19	2	1
Spiophanes kroyeri	3		3		2	4	1	3	3	17	9
Streblosoma intestinale	1	30	46	11	10	12	7	11	16	23	5
Syllis cornuta	3	1		1		1					
Terebellidae	1									1	
Terebellides stroemii (artskompleks)	2					1					1
Tharyx killariensis	2					1			1		1
Abra nitida	3	3	13	8	5	7	6	3		9	9
Adontorhina similis	2	6	6	2	8	9	14	4	18	1	3
Axinulus croulinensis	1			1		2		1			
Bathyarca pectunculoides	1		1		1	1	1				
Cuspidaria lamellosa		2	2	3	3	4			3		
Cuspidaria obesa	2			2	2		1		1		
Cuspidaria rostrata	1		1						1		
Dacrydium ockelmanni			1			1	1	1	1		1
Ennucula corticata		12		1	2	4	12	4	4		
Ennucula tenuis	2				1						
Hiatella arctica	1				1						
Kelliella miliaris	3	21	33	2	6	14	12	22	99	6	3

Kurtiella tumidula	1				2	2			2		4
Macoma calcarea	4				1						
Mendicula ferruginosa	1	9	23	7	10	7	6	3	3		
Mendicula ockelmanni						1					
Nucula tumidula	2	3	3		1			3	1		1
Parathyasira equalis	3	3	25	7	13	21	5	12	16	5	3
Parvicardium minimum	1	1	3	6	5	2	4	4	7		4
Pectinidae						1					
Pseudamussium peslutrae	1			2	1						
Similipecten similis	1										1
Thyasira obsoleta	1	10	12	3	1	6	4	7	30		1
Thyasira sarsii	4	8	5		1	4	4				1
Tropidomya abbreviata	1							1	2		
Yoldiella lucida	2	19	9	7	13	20	13	17	21	1	3
Yoldiella nana	3	6	10	5	4	19	22	5	16	4	5
Yoldiella philippiana	1						1				
Eulimidae			1								
Euspira montagui	2	1								1	1
Hermania sp.	2	3					1				
Philinidae	2						1				
Retusa umbilicata	4					1					2
Rissoidae							1	1	1		
Taranis sp.		2			1					1	
Entalina tetragona	1						1				
Pulsellum lofotense		5	1			5	1	1	5	1	
Caudofoveata	2	1	6		6		1			2	1
Falcidens crossotus		9	7	13	23	21	6	2	8	1	
Scutopus ventrolineatus	2	9	29	13	6	5	4	5	4	2	6
Crustacea (larver)		1		2		1					1
Ampelisca spinipes		3	2	2	2						3
Arrhis phyllonyx	2										1
Eriopisa elongata	2	2	6	1	5					2	3
Haploops setosa	1				1		1		2		
Haploops tubicola	1										1
Harpinia sp.	3		1		1	2	1		1	6	3
Lysianassidae	1	1			1				1	1	
Nototropis nordlandicus					2	1					
Photidae				1							
Synchelidium haplocheles	1										1
Syrrhoe crenulata					1					1	
Unciola planipes		4		1	3	2		1		1	3
Urothoe elegans			1	2		1	1				
Westwoodilla caecula	1					1					
Campylaspis costata	1	1									

Diastylidae	1		1								
Diastylis lucifera	3		1							3	4
Leucon sp.				1	1	2				2	2
Calocarides coronatus	2			1							
Munida sarsi									1		
Munida tenuimana					2						
Isopoda	1										1
Astacilla longicornis										1	1
Munna sp.										2	1
Nebalia bipes	4	1									
Tanaidacea	1					1			2	2	2
Philomedes lilljeborgi	2		1		1				1		
Vargula norvegica	1	6	4	2	1	12			2	12	13
Calanoida		5	100	50	20	20	20	15	5	3	20
Asteroidea	3			1	1						
Ophiuroidea	2				4						
Amphilepis norvegica	2			1							
Amphiura chiajei	2		5	6	2		1			1	5
Amphiura filiformis	3	2	1	2			6	4	2		
Ophiopholis aculeata	1	1	1								
Ophiura carnea				5							
Ophiura ophiura					1	2	2		1	1	
Ophiura robusta	2			2	6	3	1				
Ophiura sp.	2	2	2								
Brisaster fragilis	3				1		1				
Echinocardium flavescens	1						1				
Labidoplax buskii	2	6	1	2	6	6	8	9	3	8	4
Pseudothyone raphanus		1									
Myxine glutinosa								1			
Molgulidae					1						
Edwardsiidae	2		1								
Nematoda		x	50	x	x	x	x	x	x		
Nemertea	3	2	1	3	1		1	1	1	2	1
Nemertea 2	3			2	3	1		1	2	2	1
Porifera	1									1	
Golfingia sp.	2	2	4	10		4	1	3	1	2	14
Nephasoma minutum	2									1	
Onchnesoma steenstrupii	1		1	1							
Phascolion strombus strombus	2			2	1					5	5
Foraminifera		x	x	x	xx	x	xx	xx	x	xx	x
Cyclaspis longicaudata							1				
Photis sp.				1							
Hemilamprops cristatus					1		1				

Poromya granulata			2								
Unciola leucopis										1	
Typhlomangelia nivalis											1

Vedlegg 8 – CTD rådata

Rådata fra CTD-undersøkelsen ved er presentert fra overflaten til like over bunnen (Tabell V8.1).

Tabell V6.1 CTD data fra Ystøya

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
35,0	10,0	100,0	8,96	1,2	14.40.18
35,0	10,0	101,1	9,05	2,3	14.40.20
35,0	10,0	101,8	9,11	3,2	14.40.22
35,0	10,0	103,1	9,23	5,1	14.40.24
35,0	9,9	103,8	9,29	7,0	14.40.26
34,9	9,9	104,7	9,38	8,2	14.40.28
34,9	9,8	105,6	9,48	9,9	14.40.30
34,8	9,7	106,5	9,59	11,9	14.40.32
34,8	9,7	107,7	9,70	13,8	14.40.34
34,9	9,6	108,8	9,79	15,9	14.40.36
34,7	9,4	109,6	9,92	18,0	14.40.38
34,5	9,2	110,3	10,02	20,1	14.40.40
34,4	9,0	110,8	10,12	22,0	14.40.42
34,3	8,8	111,0	10,16	23,5	14.40.44
34,3	8,7	111,2	10,21	24,8	14.40.46
34,3	8,7	111,4	10,22	26,4	14.40.48
34,2	8,6	111,5	10,24	27,9	14.40.50
34,2	8,6	111,4	10,25	29,4	14.40.52
34,2	8,5	111,6	10,28	30,8	14.40.54
34,2	8,5	111,5	10,28	32,4	14.40.56
34,2	8,4	111,7	10,31	33,6	14.40.58
34,2	8,3	111,7	10,32	34,8	14.41.00
34,2	8,3	111,7	10,34	36,4	14.41.02
34,1	8,2	111,7	10,35	38,1	14.41.04
34,1	8,2	112,0	10,38	39,4	14.41.06
34,1	8,1	111,9	10,39	40,9	14.41.08
34,1	8,0	112,0	10,41	42,5	14.41.10
34,0	7,7	111,7	10,45	44,5	14.41.12
33,9	7,5	111,7	10,49	46,7	14.41.14
33,8	7,3	111,6	10,52	48,9	14.41.16
33,7	7,1	111,6	10,57	50,8	14.41.18
33,6	6,9	111,6	10,59	52,6	14.41.20
33,6	6,8	111,5	10,60	54,4	14.41.22
33,5	6,7	111,3	10,61	56,2	14.41.24
33,5	6,6	111,3	10,63	57,9	14.41.26
33,4	6,5	111,0	10,64	59,5	14.41.28
33,3	6,3	111,0	10,67	61,0	14.41.30
33,3	6,2	110,8	10,67	62,6	14.41.32
33,3	6,2	110,7	10,67	64,2	14.41.34

33,3	6,2	110,6	10,66	65,8	14.41.36
33,3	6,2	110,5	10,65	67,6	14.41.38
33,2	6,1	110,4	10,67	69,4	14.41.40
33,2	6,0	110,4	10,70	71,3	14.41.42
33,1	5,9	110,3	10,70	73,1	14.41.44
33,1	5,8	110,1	10,71	75,1	14.41.46
33,0	5,7	109,7	10,70	77,1	14.41.48
33,0	5,6	109,6	10,70	79,1	14.41.50
32,9	5,6	109,6	10,71	81,0	14.41.52
32,9	5,5	109,3	10,70	83,1	14.41.54
32,9	5,4	109,1	10,68	84,9	14.41.56
32,9	5,4	108,7	10,66	86,7	14.41.58
32,9	5,4	108,5	10,64	88,5	14.42.00
32,9	5,3	108,4	10,64	90,2	14.42.02
32,8	5,3	107,6	10,57	92,0	14.42.04
32,8	5,2	107,7	10,59	93,8	14.42.06
32,8	5,2	107,5	10,58	95,7	14.42.08
32,8	5,2	106,1	10,44	97,5	14.42.10
32,8	5,2	105,0	10,34	99,4	14.42.12
32,8	5,2	105,2	10,36	101,3	14.42.14
32,7	5,1	105,5	10,39	103,0	14.42.16
32,7	5,1	105,8	10,43	104,7	14.42.18
32,7	5,1	105,8	10,43	106,5	14.42.20
32,7	5,1	105,7	10,43	108,3	14.42.22
32,7	5,1	105,7	10,43	110,1	14.42.24
32,7	5,1	105,7	10,43	111,8	14.42.26
32,7	5,1	105,5	10,42	113,4	14.42.28
32,7	5,1	105,4	10,39	115,0	14.42.30
32,7	5,1	105,3	10,39	116,7	14.42.32
32,7	5,0	105,2	10,38	118,4	14.42.34
32,7	5,0	105,1	10,38	120,3	14.42.36
32,7	5,0	105,1	10,38	122,1	14.42.38
32,7	5,0	105,0	10,37	123,9	14.42.40
32,7	5,0	104,9	10,36	125,8	14.42.42
32,7	5,0	104,8	10,35	127,5	14.42.44
32,7	5,0	104,7	10,35	129,1	14.42.46
32,7	5,0	104,6	10,34	130,8	14.42.48
32,7	5,0	104,6	10,34	132,1	14.42.50
32,7	5,0	104,4	10,32	133,8	14.42.52
32,7	5,0	104,3	10,30	135,4	14.42.54
32,7	5,0	104,2	10,30	136,8	14.42.56
32,7	5,0	104,0	10,29	138,3	14.42.58
32,7	5,0	103,8	10,27	139,9	14.43.00
32,7	5,0	103,7	10,27	141,6	14.43.02
32,7	5,0	103,6	10,24	143,2	14.43.04

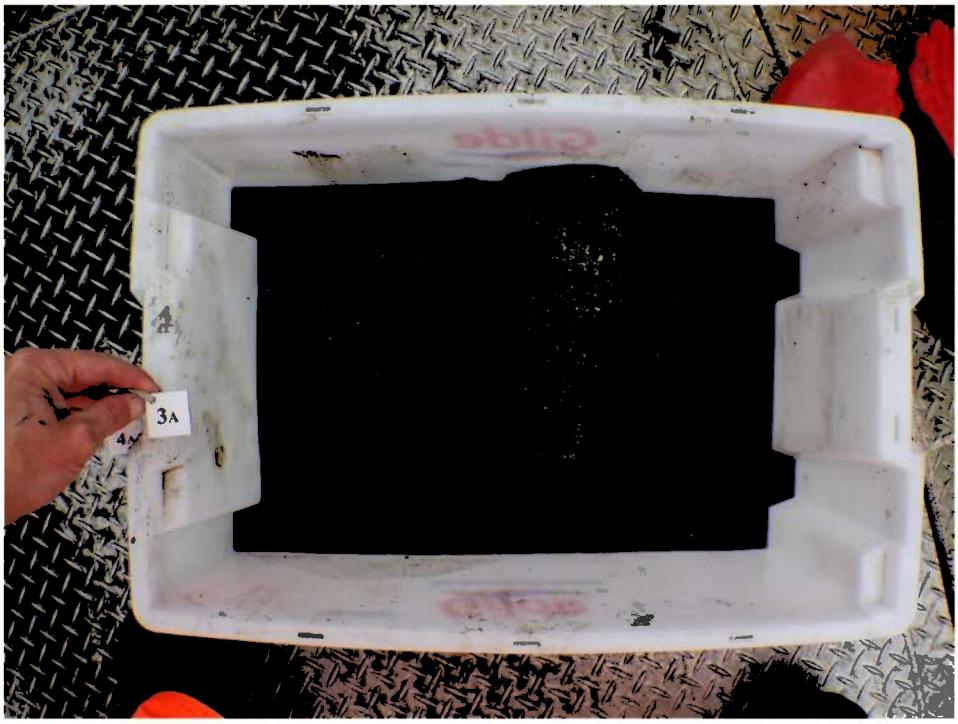
32,7	5,0	103,5	10,24	144,4	14.43.06
32,7	5,0	103,4	10,23	146,1	14.43.08
32,7	5,0	103,3	10,22	147,7	14.43.10
32,7	5,0	103,4	10,22	147,9	14.43.12

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 – V9.5).

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.