

C-undersøkelse

NS9410:2016

for

Seiskjæra



Feltarbeid

06.06.17

Oppdragsgiver

Refsnes Laks AS

C- undersøkelse for Seiskjæra		
Rapportnummer	MCR-M-17085-Seiskjæra	
Dato Rapport / Dato feltarbeid	12.12.17 / 06.06.17	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Seiskjæra / 2340 tonn	
	Åfjord, Sør-Trøndelag	
Lokalitetsnummer	10398	
Oppdragsgiver		
Selskap	Refsnes laks AS	
Kontaktperson	Ivar Refsnes	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda Organisasjonsnummer 916 763 816	
Ansvarlig prøvetaking	Odd Helge Tunheim	
Rapportansvarlig	Arild Kjerstad	
Forfattere	Ann Christin Johansen, Ingvild Andersson	
Godkjent av	Dagfinn Breivik Skomsø 	
Akkreditering	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger: Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Kystlab Prebio AS, Nummer 361 (DS/EN ISO/IEC 17025:2005)	
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.	

Tabell 1. Hovedresultat fra C-undersøkelsen. Antallet arter og individer er oppgitt per prøvestasjon og Shannon-wiener indeks (H'), økologisk kvalitetsratio (nEQR), vurdering av Nærstasjonen (Nær; C1 eller andre nærstasjoner) og klassifisering av kobber (Cu) er oppgitt med klassifisering (NS9410 (2016), Veileder M608 (2016) og Veileder 02:2013 (2015)).

Stasjon	SEI-1	SEI-2	SEI-3	SEI-4
Parameter				
Antall arter	34	87	39	105
Antall individ	1954	1929	366	1191
H'		God (4,132)	God (3,978)	God (4,564)
nEQR		God (0,668)	Moderat (0,597)	God (0,770)
Nær	God (2)			
Cu	Bakgrunn (7,9)	Bakgrunn (10,0)	Bakgrunn (5,2)	Bakgrunn (8,9)

Forsidefoto: Charlotte Hallerud

Forord

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse av lokalitet Seiskjæra. Formålet med C-undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser. Hovedprinsippet til en C-undersøkelse er at økologisk tilstand skal klassifiseres på grunnlag av biologiske kvalitetsparametere (fauna), mens fysiske og kjemiske forhold er støtteparametere (NS-EN ISO 16665 2013, Veileder 02:2013 2015, NS9410 2016).

Åkerblå AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter ISO 16665 (2013), SFT-Veileder 97:03 og 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.

Trondheim, Avdeling Marine Bunndyr 12.12.2017

Sammendrag

Denne rapporten omhandler en C-undersøkelse ved lokaliteten Seiskjæra i Åfjord, Sør-Trøndelag.

Inneværende undersøkelse

Samlet indikerer området bunnfauna noe organisk belastning, men det skjer en forbedring utover i resipienten. Anleggssonen var dominert av den forurensningsindikerende børstemarken *Capitella capitata*, men det ble også registrert én forurensningssensitiv art blant de ti hyppigste dyrene. Anleggssonen miljøklassifiseres etter arts- og individantall og ble etter NS9410 (2016) vurdert til miljøtilstand 2 «god», men vil ved en økning i *C. capitata* på 2 % nedjusteres til tilstand 3 «dårlig». Siden det forventes noe organisk belastning ved anleggssonen blir den klassifisert ut i fra arts- og individantall, mens overgangssonen vurderes ut ifra diversitets og sensitivtetsindekser. Med økt avstand fra anlegget ble overgangssonen tildelt tilstandsklasse III «moderat, og i nedre og øvre sjiktet av tilstandsklasse II «god». Bestemmelsen av tilstandsklassene var i hovedsak påvirket av sensitivtetsindeksene, hvor det i ytterkanten av overgangssonen ble funnet et relativt høyt antall forurensningssensitive arter. Støtteparameterne viste gode til svært gode verdier, men hvor mengde karbon på nordlig side av anlegget ble gitt tilstandsklasse moderat. Det antas at stasjonsplasseringen i et dybdeområde med finere sediment som her, vil kunne akkumulere organisk materiale i større grad. Samlet viser undersøkelsen at området rundt Seiskjæra akvakulturanlegg holder et godt bunndyrssamfunn, med tilstandsklasse II «god» for overgangssonen.

Tidligere undersøkelse

Resultatene fra sammenligningen av de to aktuelle stasjonene, viser at de begge har fått en økning av den dominerende arten ved stasjonen, henholdsvis *Capitella capitata* og *Paramphipion jeffreysii* og økningen i individantall som følge av dette. Økningen er størst for anleggssonen, og mer beskjeden for stasjonen i ytterkanten av overgangssonen. Observerte endringer var derimot ikke store nok til å endre tilstandsklasser, henholdsvis miljøtilstand 2 «god» og tilstandsklasse II «god». I 2017 hadde derimot mengde karbon (nTOC) gått ned en tilstandsklasse, fra I «bakgrunn», til II «god», men utover dette var det ingen nevneverdige endringer i støtteparameterne. Med tanke på at undersøkelsene er tatt på ulike tidspunkt i produksjonssyklusen er observerte endringer minimale og viser dermed relativt stabile forhold mellom 2014 og 2017.

Neste undersøkelse

Krav til undersøkelsesfrekvens er iht. NS9410(2016) hver tredje produksjonssyklus, og er gitt på bakgrunn av tilstandsklasse II (god) for ytterkanten av overgangsstationen (C2) og samlet tilstandsklasse II (god) for overgangssonen (tabell 1.1.1 og 3.1.7.1).

Innhold

INNHold.....	6
1 INNLEDNING.....	7
2 MATERIALER OG METODER	10
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER	10
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER	12
2.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSE	15
2.4 PRODUKSJON	16
3 RESULTATER	17
3.1 BUNNDYRSANALYSE	17
3.1.1 SEI-1	17
3.1.2 SEI-2	18
3.1.3 SEI-3	20
3.1.4 SEI-4	22
3.1.7 Samlet nEQR resultat	23
3.2 HYDROGRAFI	24
3.3 SEDIMENTANALYSER	25
3.3.1 Sensoriske vurderinger	25
3.3.2 Kornfordeling	26
3.3.3 Kjemiske parametere	26
3.4 SAMMENLIGNING MOT TIDLIGERE UNDERSØKELSER	27
3.4.1 Sammenligning av klassifisering av bunnfauna	27
3.4.2 Sammenligning av sedimentanalyse – sensoriske vurderinger	28
3.4.3 Sammenligning av sedimentanalyse – kjemiske parametere	28
4 DISKUSJON	29
4.1 C-UNDERSØKELSE	29
4.1.1 Samlet vurdering	29
4.1.2 Sammenligning mot tidligere undersøkelser	29
5 LITTERATURLISTE.....	31
6 VEDLEGG	33
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE)	33
VEDLEGG 2 - ANALYSEBEVIS	35
VEDLEGG 3 - KLASIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD	37
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER	39
VEDLEGG 5 – INDEKS FOR C1	42
VEDLEGG 6 - REFERANSETILSTANDER	43
VEDLEGG 7 - ARTSLISTE	45
VEDLEGG 8 – CTD RÅDATA	49
VEDLEGG 9 – BILDER AV SEDIMENT	51

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 2013).

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 2013; Veileder 02:2013 2015). Normalt antall defineres som 25-75 arter per grabb og 50-300 individer per grabb i henhold til 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 sensitivtetsindeksene; 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 størrelse på lokaliteten. Tidspunkt for prøvetaking bør være i løpet av de to siste månedene med maksimal belastning og frem til to måneder etter utslakting. C-undersøkelser skal utføres etter første generasjon på en lokalitet, mens minimumskravet til frekvensen for fremtidige undersøkelser bestemmes av tilstandsklassen som ble gitt ved foregående undersøkelse (tabell 1.1). Dersom frekvensene ikke sammenfaller, gjelder den som gir hyppigst frekvens (NS9410 2016).

Tabell 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.

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.

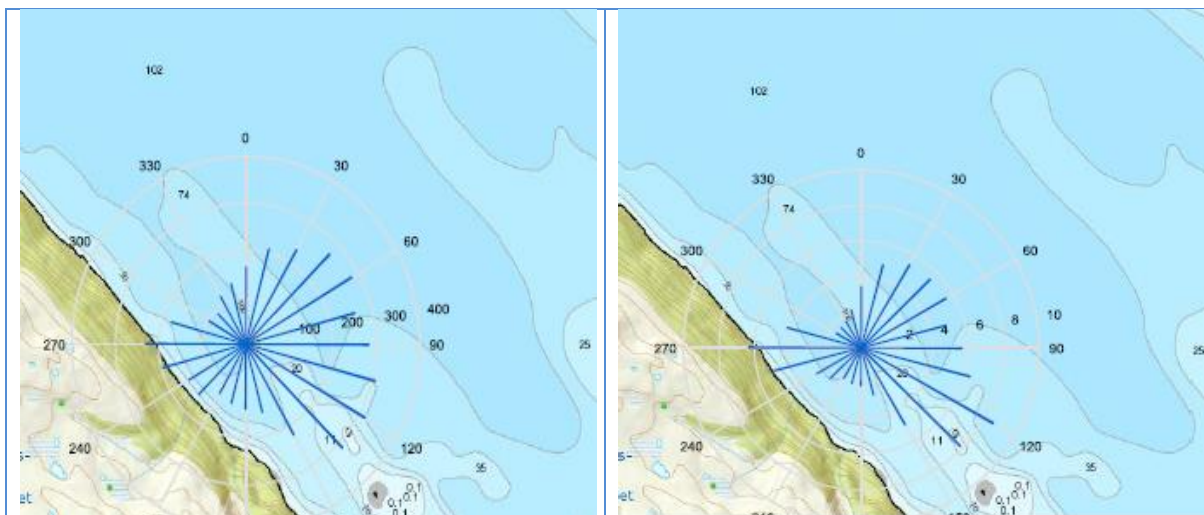
2 Materialer og metoder

2.1 Område og prøvestasjoner

Oppdrettslokaliteten Seiskjæra ligger i Åfjord, Sør-Trøndelag. Anlegget ligger nærmere bestemt på sørvest siden av Skjørffjorden like ved land (figur 2.1.1). Dybden under anlegget varierer noe, men er i all hovedsak grunnere enn 100 m dyp. Den nordøstre enden ligger over en noe grunnere rygg før bunnen skråner ut i Skjørffjorden. Øst for anlegget er fjorden dypest, og her er det omkring 150 m dypt. Fjorden har en rekke mindre rygger ut mot leia, før den åpner seg og det blir enda dypere ute i selve hovedleia, hvor det er opptil 275 m dypt. For området viser at hovedstrømretningen på spredningsdypet går mot øst-sørøst (figur 2.1.2). Lokaliteten har en ramme med 12 bur, hvor 10 bur var i bruk under produksjonen av gjeldende generasjon fisk. Merdene som benyttes er av størrelsen 120 meter og 157 meter i omkrets.

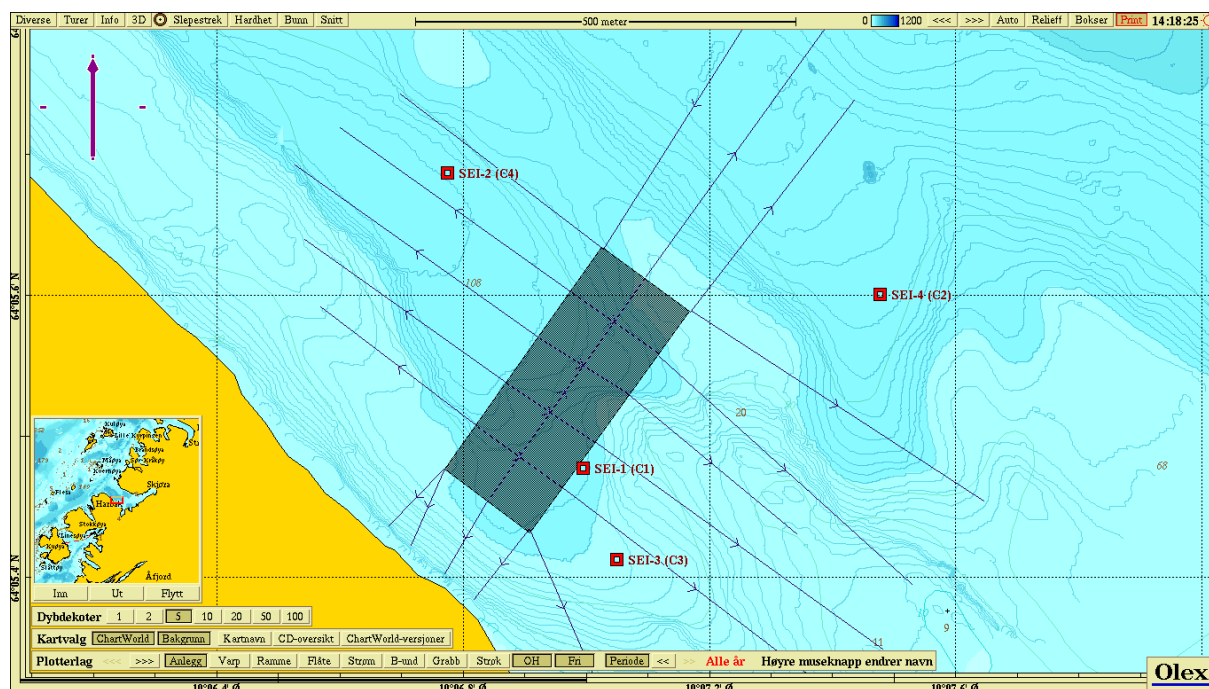


Figur 2.1.1 Geografisk plassering av lokaliteten. Anlegget er merket med et rødt flagg. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84 (Fiskeridirektoratet 2017).



Figur 2.1.2 Strømforhold. Fordelingsdiagrammet til venstre angir antallet målepunkter (frekvens) i ulike himmelretninger, hvor 0 er nordlig retning. Figur til høyre viser relativ vannfluks som angir hvor stor prosent av vannmassene (mengde) som fordeler seg i de ulike himmelretningene (Reed, 2016). Målingene er utført på 56 meters dyp.

Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av produksjon, bunntopografi, bunnhardhet og strømforhold (NS9410 2016). Stasjonen i anleggssonen (SEI-1) er plassert i hovedstrømsretningen, inn mot anleggets ramme og er bevart fra tidligere undersøkelse. På samme side befinner overgangsstasjonen SEI-3 seg, og er plassert i en bukt hvor det kan forventes å akkumulere organisk avfall. SEI-2 ble plassert i motsatt retning, nord for anlegget i et dybdepunkt, hvor det ble forventet bedre grabbforhold enn oppe på ryggen øst for stasjonen. Stasjonen i ytterkanten av overgangssonen (SEI-4) ble plassert 252 meter fra anlegget, i bunnen av en skråning øst for lokaliteten, hvor det forventes å forekomme organisk akkumulering. (figur 2.1.3-2.1.4; tabell 2.1.1).



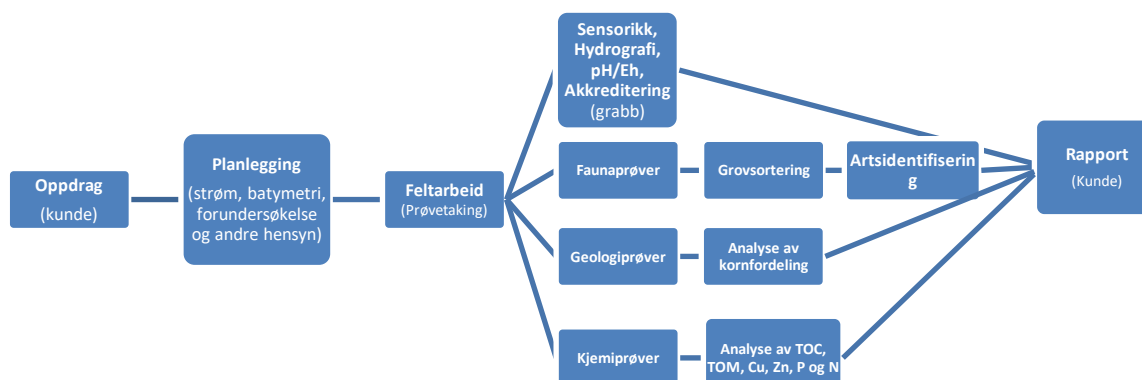
Figur 2.1.3 Plassering av lokaliteten med bunntopografi og stasjonsplassering. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

Tabell 2.1.1 Stasjonsbeskrivelser. Stasjonsplasseringen beskrives i NS9410 (2016) som overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen (C1), ytterkant av overgangssone (C2) og 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 kartdatum WGS84 og avstand fra anlegg og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt.

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametere	Plassering (NS 9410)
SEI-1	64°05.477'N 10°06.995'Ø	10	86	FAU, KJE, GEO, PE	C1
SEI-2	64°05.687'N 10°06.775'Ø	220	109	FAU KJE, GEO, PE	C4
SEI-3	64°05.412'N 10°07.049'Ø	115	70	FAU, KJE, GEO, PE	C3
SEI-4	64°05.601'N 10°07.477'Ø	252	117	FAU KJE, GEO, PE, CTD	C2

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 (2013). Det ble tatt tre grabbhugg på hver prøvestasjon med en grabb hvorav 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. 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 vår underleverandør (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 m ²
pH-/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 Statens kartverk, 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 og underleverandører som er benyttet. AK = Akkreditering, KP-AS = Kystlab Prebio AS, Cu = kobber, Zn = sink og P = fosfor.

	Leverandør	Personell	AK	Standard
Feltarbeid	Åkerblå AS	Odd Helge Tunheim	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2013
Grovsortering	Åkerblå AS	Jolanta Jagminiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Artsidentifisering	Åkerblå AS	Martin Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Statistiske utregninger	Åkerblå AS	Ingvild Andersson	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2013
Vurdering og tolkning av bunnfauna	Åkerblå AS	Ingvild Andersson	TEST 252: P32	V02:2013 (2015), SFT 97:03, NS 9410:2016
Cu, Zn og P	KP-AS	KP-AS	TEST 070	NS-EN ISO 17294-2
Total organisk karbon (TOC)*	KP-AS	KP-AS*	-	ISO 10694 mod./EN13137A
Kornfordeling	KP-AS	KP-AS	-	DIN 18123
Nitrogen	KP-AS	KP-AS	TEST 070	Intern metode

KP-AS* Utført av underleverandør til Kystlab-PreBIO

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 (ES₁₀₀) 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 normalisert samlet verdi (nEQR). Vurderinger og fortolkninger ble foretatt ut fra Veileder 02:2013 (2015; vedlegg 6).

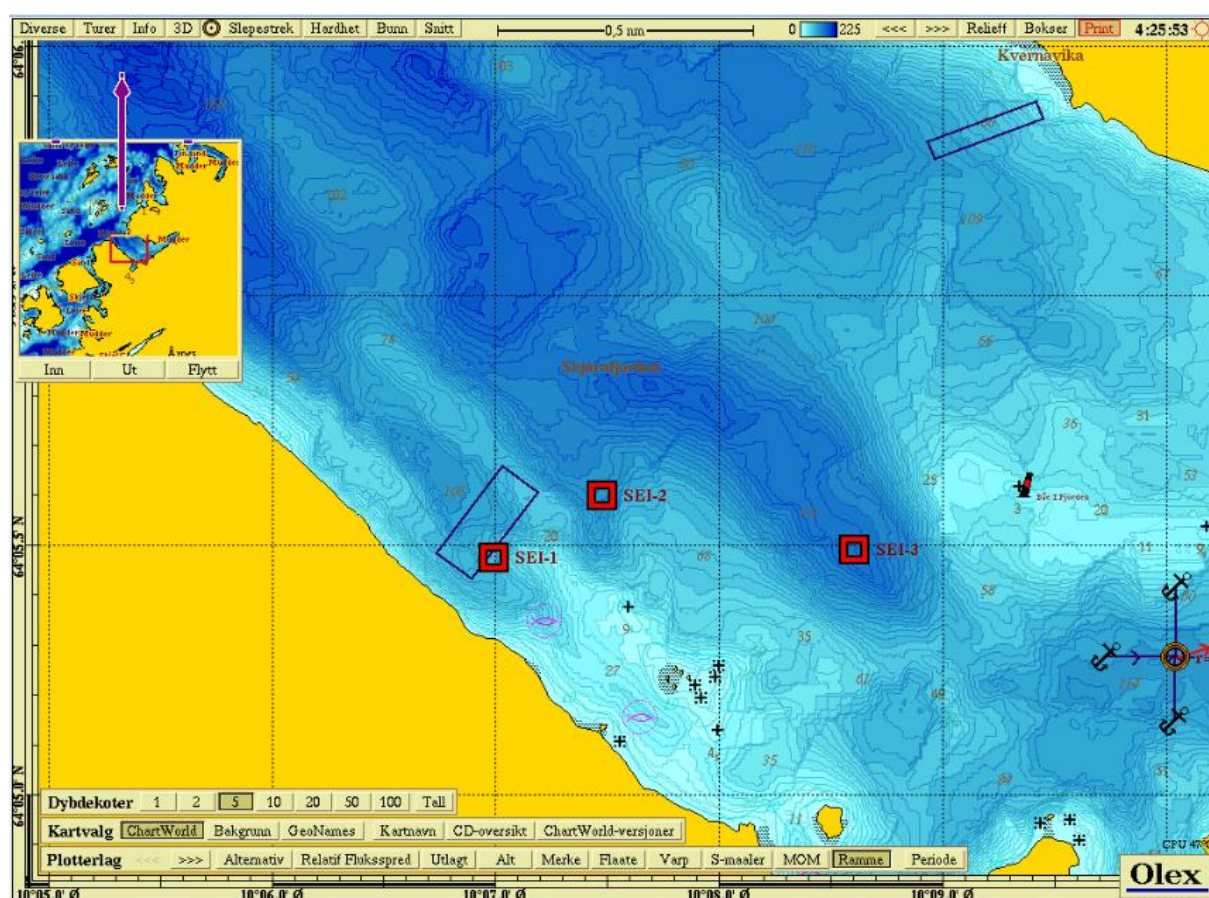
Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 6). På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippskilden kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. I denne rapporten ble vurdering av stasjonen i overgangen anleggssone/overgangssone SEI-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).

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 inkludert med individantall
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")
Tilstandsverdi	Gjennomsnittet av alle indeksenes nEQR-verdi

2.3 Tidligere undersøkelse

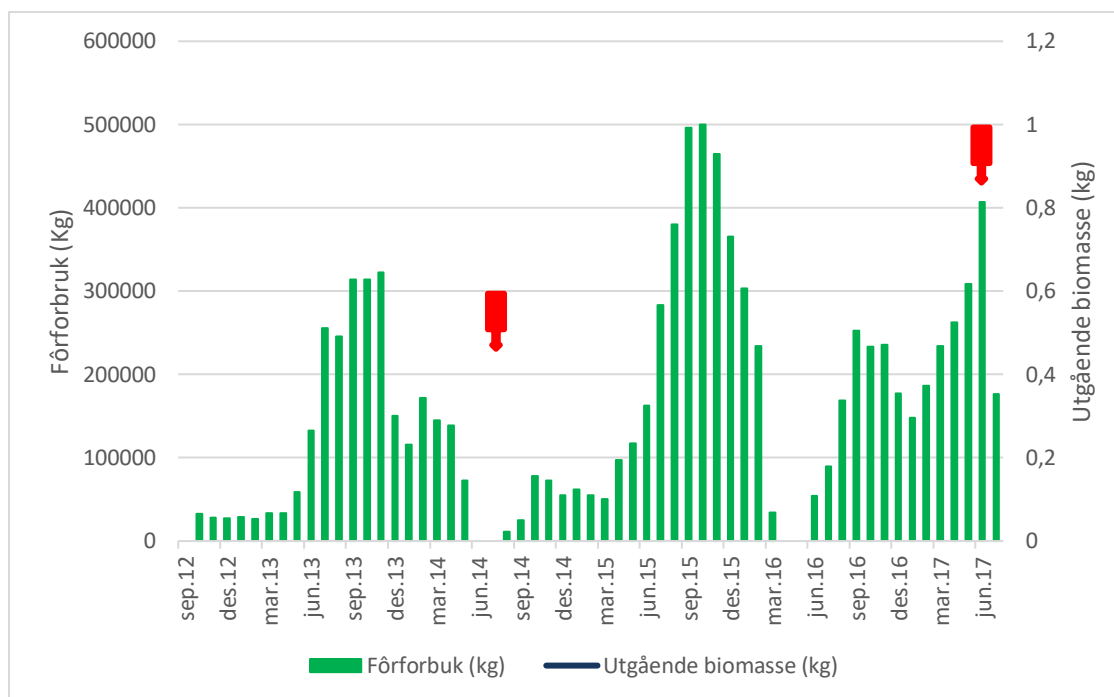
Foregående C-undersøkelse ved lokaliteten ble gjennomført i august 2014 (Haugen et al, 2014). Stasjonsplasseringene og beskrivelsen av dem har endret seg noe siden tidligere undersøkelse, men to stasjoner er bevart. SEI-1 (C1) har beholdt stasjonsnavnet men SEI-2 har endret beskrivelsen til SEI-4. Denne stasjonen er i innværende undersøkelse definert som stasjonen i ytterkanten av overgangssonen (C2), men var i 2014 en overgangsstasjon. SEI-3 var tidligere stasjonen i ytterkanten av overgangssonen, men har endret plassering og er nå plassert grunnere og nærmere anlegget -i sørøstlig retning. For innværende undersøkelse er det blitt tatt en ekstra stasjon i nordvestlig retning fra anlegget, kalt SEI-2. Foregående undersøkelse ble gjennomført i starten av en produksjonssyklus, mens innværende ble gjennomført i siste fase (figur 2.4.1).



Figur 2.3.1. Plassering av prøvestasjoner i undersøkelsen fra 2014. Røde firkanter indikerer prøvestasjoner. Gjengitt fra Haugen et al, 2014.

2.4 Produksjon

Det har vært drevet oppdrett ved Seiskjæra siden 1980- tallet. Fisk på lokalitet ble satt ut i juni 2016. Ved tidspunkt for undersøkelse var biomassen på lokaliteten omtrent 2 121 tonn. Totalt fôrforbruk på lokaliteten siden utsett var ved samme tid 2 415 tonn (figur 2.4.1; Refsnes, John, pers. med.).



Figur 2.4.1 Fôrforbruk ved Seiskjæra for de siste generasjoner og frem til Juli 2017. Pil angir prøvetidspunkt, hvor August 2014 viser tidligere undersøkelse og Juni 2017 er innværende undersøkelse.

3 Resultater

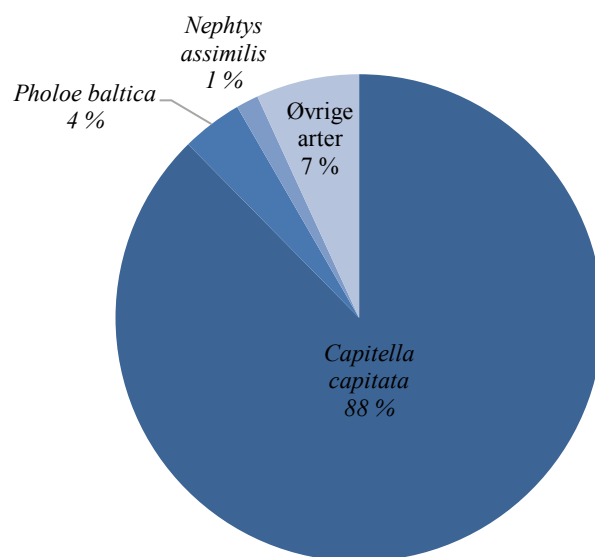
3.1 Bunndyrsanalyse

3.1.1 SEI-1

Ved SEI-1 ble det registrert 1 954 individer fordelt på 34 arter (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1). Stasjonen ble etter NS9410 (2016) klassifisert med **miljøtilstand 2: «god»**, da ingen enkeltarter utgjorde ≥ 90 % av totalt individantall. Den dominerende arten var forurensingsindikerende (NSI-gruppe 5), men det ble også registrert tilstedeværelse av én forurensingssensitiv art (NSI-gruppe 1) blant de ti hyppigst forekommende dyrene.

Tabell 3.1.1.1 De ti hyppigst forekommende artene ved SEI-1 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Capitella capitata</i>	5	1712	88
<i>Pholoe baltica</i>	3	79	4,0
<i>Nephtys assimilis</i>		29	1,5
<i>Paramphinoe jeffreysii</i>	3	18	0,9
<i>Scoloplos armiger</i>	3	18	0,9
<i>Chaetozone setosa</i>	4	14	0,7
<i>Thyasira sarsii</i>	4	13	0,7
<i>Goniada maculata</i>	2	11	0,6
<i>Prionospio plumosa</i>		11	0,6
<i>Pholoe pallida</i>	1	7	0,4
Øvrige arter	-	42	2,1



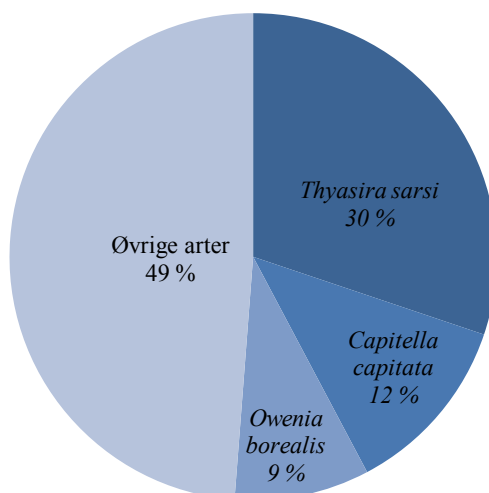
Figur 3.1.1.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved SEI-1. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

3.1.2 SEI-2

Ved SEI-2 ble det registrert 1 929 individer fordelt på 87 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre sjiktet av **tilstandsklasse II: «god»**. Det ble registrert ett forurensingsindikerende dyr (NSI-gruppe 5) blant de ti hyppigst forekommende artene (Tabell 3.1.2.2).

Tabell 3.1.2.1 De ti hyppigst forekommende artene ved SEI-2 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Thyasira sarsii</i>	4	582	30
<i>Capitella capitata</i>	5	233	12
<i>Owenia borealis</i>	2	173	9,0
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	4	126	6,5
<i>Pholoe baltica</i>	3	75	3,9
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	64	3,3
<i>Labidoplax buskii</i>	2	58	3,0
<i>Diplocirrus glaucus</i>	2	55	2,9
<i>Myriochele</i> sp.	2	55	2,9
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	53	2,7
Øvrige arter	-	455	24



Figur 3.1.2.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved SEI-2. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.2.2 Resultater for SEI-2 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

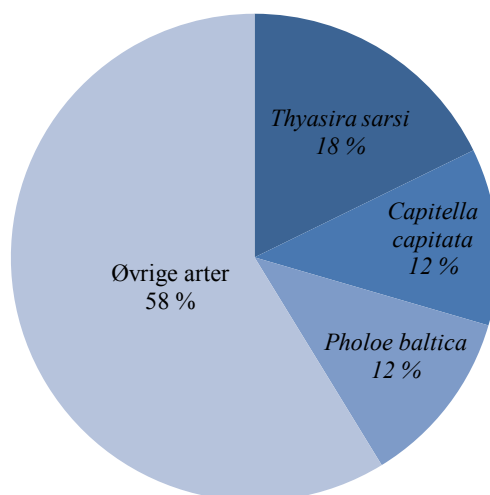
Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	60	75	67,5	87		
N	812	1117	964,5	1929		
NQI1	0,673	0,725	0,699	0,707	0,673	0,681
H'	3,702	4,301	4,002	4,132	0,711	0,726
J	0,627	0,691	0,659	0,641		
H'max	5,907	6,229	6,068	6,443		
ES100	24,000	27,690	25,845	26,420	0,704	0,711
ISI	8,588	8,330	8,459	8,650	0,691	0,710
NSI	16,854	19,708	18,281	18,509	0,531	0,540
DI	0,860	0,998	0,929	0,929		
		Tilstandsverdi	0,668		0,662	0,674

3.1.3 SEI-3

Ved SEI-3 ble det registrert 366 individer fordelt på 39 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Stasjonen ble klassifisert i øvre sjiktet av **tilstandsklasse III: «moderat»**, nær tilstandsklasse II «god». Det ble registrert ett forurensingsindikerende dyr (NSI-gruppe 5) blant de ti hyppigst forekommende artene (Tabell 3.1.3.2).

Tabell 3.1.3.1 De ti hyppigst forekommende artene ved SEI-3 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Thyasira sarsii</i>	4	65	18
<i>Capitella capitata</i>	5	43	12
<i>Pholoe baltica</i>	3	43	12
<i>Chaetozone setosa</i>	4	31	8,5
<i>Scoloplos armiger</i>	3	31	8,5
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	28	7,7
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	4	25	6,8
<i>Nephtys assimilis</i>		23	6,3
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	10	2,7
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	9	2,5
Øvrige arter	-	58	16



Figur 3.1.3.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved SEI-3. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.3.2 Resultater for SEI-3 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

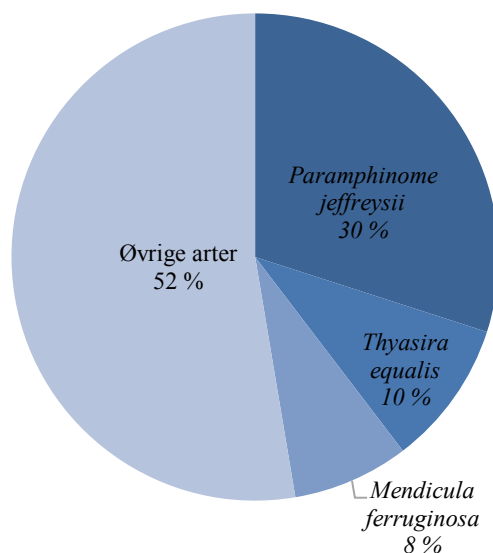
Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	29	27	28,0	39		
N	220	146	183,0	366		
NQI1	0,635	0,644	0,639	0,651	0,610	0,623
H'	3,762	3,932	3,847	3,978	0,694	0,709
J	0,774	0,827	0,801	0,753		
H'max	4,858	4,755	4,806	5,285		
ES100	20,550	22,950	21,750	22,030	0,656	0,659
ISI	7,163	6,502	6,833	7,192	0,497	0,553
NSI	16,580	17,735	17,157	17,034	0,486	0,481
DI	0,292	0,114	0,203	0,203		
		Tilstandsverdi	0,597		0,589	0,605

3.1.4 SEI-4

Ved SEI-4 ble det registrert 1 191 individer fordelt på 105 arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Stasjonen ble klassifisert i øvre sjiktet av **tilstandsklasse II: «god»**. Det ble registrert tre forurensingssensitive dyr (NSI-gruppe 1) blant de ti hyppigst forekommende artene (Tabell 3.1.4.2).

Tabell 3.1.4.1 De ti hyppigst forekommende artene ved SEI-4 oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forurensingsnøytral, gruppe 3: forurensingstolerant, gruppe 4: forurensingstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forurensingsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	357	30
<i>Thyasira equalis</i>	3	115	10
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	92	7,7
<i>Thyasira sarsii</i>	4	80	6,7
<i>Thyasira obsoleta</i>	1	36	3,0
<i>Lumbrineridae</i>	2	30	2,5
<i>Abra nitida</i>	3	28	2,4
<i>Galathowenia oculata</i>	3	25	2,1
<i>Yoldiella philippiana</i>	1	23	1,9
<i>Diplocirrus glaucus</i>	2	21	1,8
Øvrige arter	-	384	32,2



Figur 3.1.4.1 Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved SEI-4. Fordelingen er basert på stasjonsverdien (Š) for antall individer per art funnet ved stasjonen.

Tabell 3.1.4.2 Resultater for SEI-4 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdien, som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	81	76	78,5	105		
N	556	635	595,5	1191		
NQI1	0,781	0,770	0,775	0,782	0,753	0,760
H'	4,643	4,258	4,451	4,564	0,761	0,774
J	0,732	0,681	0,707	0,680		
H'max	6,340	6,248	6,294	6,714		
ES100	35,140	30,850	32,995	33,670	0,788	0,796
ISI	10,072	9,518	9,795	10,106	0,811	0,830
NSI	22,997	22,741	22,869	22,861	0,715	0,714
DI	0,695	0,753	0,724	0,724		
		Tilstandsverdi	0,770		0,766	0,775

3.1.7 Samlet nEQR resultat

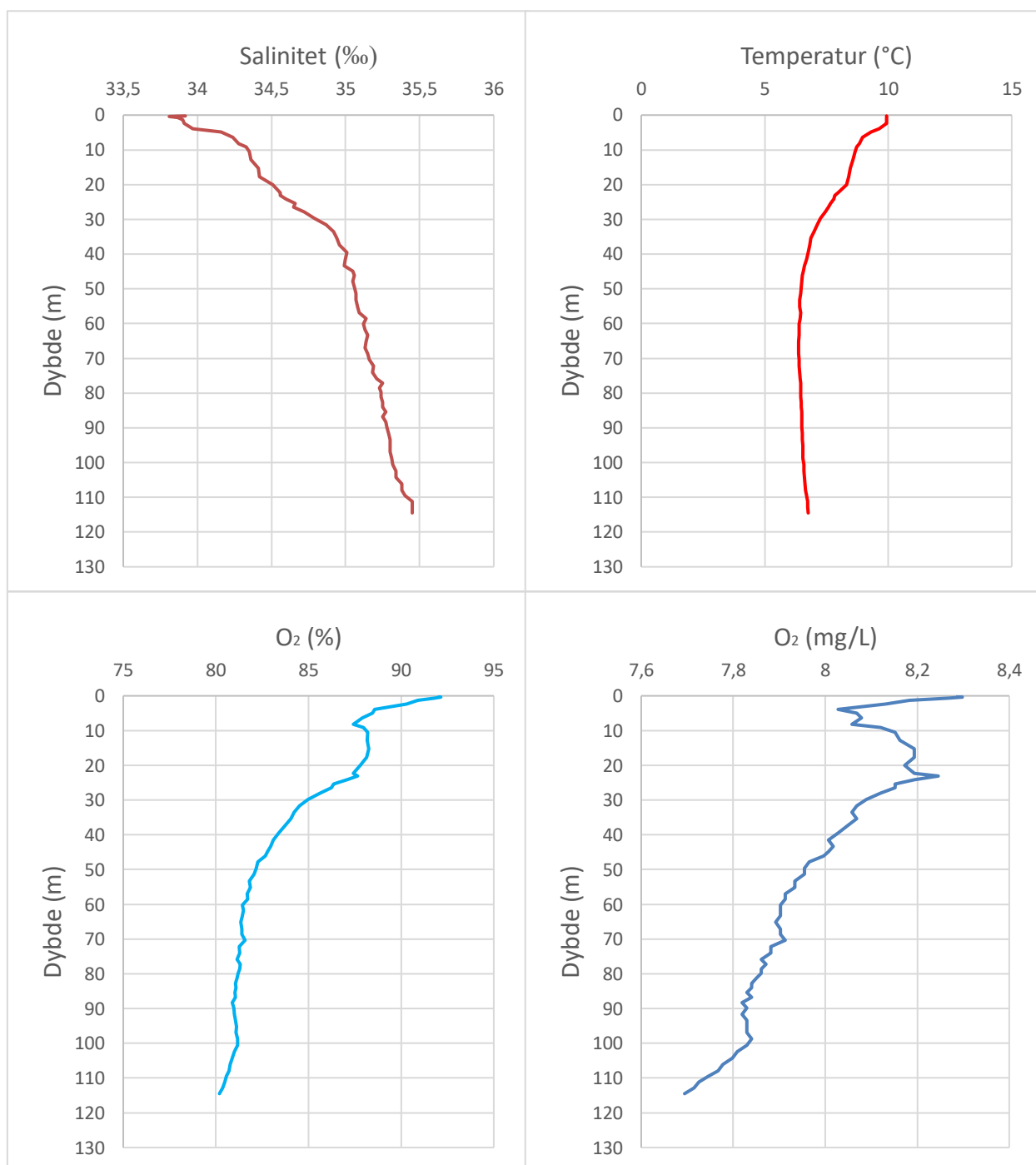
Undersøkelsesfrekvens for C-undersøkelser er bestemt av tilstandsklassen stasjonsverdiene faller inn under (tabell 3.1.7.1).

Tabell 3.1.7.1 Stasjonsverdier ($\bar{S}$) og tilstandsklasse fra nEQR for stasjoner C2 og C3, C4.

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Stasjonsverdi	Tilstandsklasse
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	SEI-2	0,674	II «god»
Overgangssonen (C3, C4)	SEI-3	0,605	
	SEI-4	0,775	
	Gjennomsnitt Tilstandsverdi	0,690	II «god»

3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved stasjon SEI-4 (figur 3.2.1). Temperaturen målt i overflaten var 10 grader, som minsket gradvis ned mot bunn, hvor den ble målt til å være 6,7 °C. Motsatt trend ble observert for saltinnholdet, fra 33,9 ‰ i overflaten til 35,5 ‰ ved bunn. Resultatene indikerer relativt homogene vannmasser, med et svakt skille rundt 30-40 meter. Mengde og metning oksygen lå innenfor tilstandsklasse I: «bakgrunn» ved bunn.



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

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Sensoriske vurderinger

I hovedsak hadde sedimentet lys grå farge, og bestod i hovedsak av sand med varierende innslag av silt og skjellsand. Det ble registrert noe lukt ved SEI-1 og SEI-3, som begge var karakterisert til å ha fast konsistens. Ved SEI-2 og SEI-4 ble det observert mykt konsistens og ingen lukt. Alle hugg var akkrediterte (Tabell 3.3.1.1).

Tabell 3.3.1.1 Sensorisk vurdering av sediment og vurdering av akkrediteringsstatus. Akkrediteringsstatusen angir om det har vært tilstrekkelig mengde sediment for godkjent akkreditert prøve i henhold til type sediment. I tillegg vurderes overflaten om den er forstyrret eller uforstyrret; utvasket, forstyrret eller utvannet i særlig grad.

Stasjon	Parameter	Vurdering	Akkrediteringsstatus
SEI-1	Type sediment	Hovedsakelig sand med innslag av skjellsand og noe silt	Alle huggene var akkreditert.
	Farge	Lys/grå	
	Lukt	Noe	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ingen	
SEI-2	Type sediment	Hovedsakelig sand med innslag av silt	Alle huggene var akkreditert.
	Farge	Lys/grå	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Myk	
	Organisk materiale	Ingen	
SEI-3	Type sediment	Blanding av sand og skjellsand	Alle huggene var akkreditert.
	Farge	Lys/grå	
	Lukt	Noe	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ingen	
SEI-4	Type sediment	Hovedsakelig sand med innslag av silt	Alle huggene var akkreditert.
	Farge	Lys/grå	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Myk	
	Organisk materiale	Ingen	

3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at disse prøvene i hovedsak bestod av sand med en mindre fraksjon av leire og silt. Det ble registrert en svært liten andel grus (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 (%)
SEI-1	22	74	<1
SEI-2	24	76	<1
SEI-3	10	90	<1
SEI-4	29	71	<1

3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E_h ble klassifisert med tilstand 1, «meget god» ved alle stasjonene (tabell 3.4.3.1).

Tabell 3.3.3.1 pH- og E_h-verdier. 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 (NS9410 2016). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
SEI-1	7,6	129	0	1/ Meget god
SEI-2	7,6	43	1	1/ Meget god
SEI-3	7,6	52	1	1/ Meget god
SEI-4	7,6	65	1	1/ Meget god

Innholdet av karbon (nTOC) ble klassifisert med tilstandsklassen II «god» for alle stasjoner, med unntak av SEI-2 som ble gitt tilstandsklasse III «moderat». Konsentrasjonen av kobber og sink var ved alle stasjoner lavt og ble klassifisert med tilstandsklassen I; «bakgrunn». Forskjellene i nitrogen mellom stasjonene var noe over 800 mg/kg TS, hvor nivåene var høyest for SEI-2 og lavest for SEI-3. Forskjellene for fosfor var nært 600 mg/kg TS, men her var verdiene høyest for SEI-1 og lavest for SEI-4. For nitrogen og fosfor er det ikke utarbeidet klassifiseringssystem (tabell 3.4.3.2).

Tabell 3.4.3.2 Innhold av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK) 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 tilstandsklasser 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
SEI-1	2,8	11000	25,1	II	1000	11,00	1300	38,0	I	7,9	I
SEI-2	4,1	14000	27,7	III	1690	8,28	970	43,0	I	10,0	I
SEI-3	2,0	6600	22,8	II	884	7,47	750	24,0	I	5,2	I
SEI-4	3,4	12000	24,7	II	1460	8,22	730	30,0	I	8,9	I

3.4 Sammenligning mot tidligere undersøkelser

Sammenligning mot tidligere undersøkelser gjøres ved å vurdere stasjoner med samme plassering direkte opp mot hverandre, i tillegg til området i sin helhet.

3.4.1 Sammenligning av klassifisering av bunnfauna

Siden 2014 har SEI-1 har fått en økning av arten *Capitella capitata* på 18 %, sammen med en økning i arts- og individantall på henholdsvis 13 og 1 397. Ved SEI-4 (tidligere SEI-2) har arten *Paramphinome jeffreysii* fått en økning på 11 %, sammen med en økning i arts- og individantall på henholdsvis 9 og 201. Det er ikke observert noen betydelig endring i diversitetsindekser eller tilstandsklasse.

Tabell 3.4.1.1 Sammenligning av bunnfauna for stasjoner i undersøkelsene i 2016 og i 2017. Verdier i kursiv er tatt med for sammenligningsgrunnlag, men inngår ikke vurderingene i respektiv rapport. i.a. = ikke aktuelt. Verdiene er farget etter klassifisering. Ingen av klassifiseringene er oppdatert etter grenseverdier gjeldende pr. d.d.

Stasjon	Antall arter/individer (stasjonsverdi)	Hyppigst forekommende art	Miljøtilstand (NS9410)	H'	ES (100)	nEQR	Tilstand (iht. Veileder 02:2013)
SEI-1-2017	34/1954	<i>Capitella capitata</i> (88 %)	2				
SEI-1-2014	21/557	<i>Capitella capitata</i> (70 %)	2				
SEI-4-2017	105/1191	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (30 %)		4,564	33,670	0,770	«God»
SEI-2-2014	96/990	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (19 %)		4,786*	33,730*	0,782*	«God»*

*Verdier er ikke angitt i Haugen et al. 2014, da stasjonen er klassifisert med miljøtilstand etter NS 9410:2007

3.4.2 Sammenligning av sedimentanalyse – sensoriske vurderinger

Det ble observert en endring i kornfordeling ved stasjonene, hvor andelen finstoff (leire og silt) hadde minsket til fordel for en høyere andel sand i 2017. Det ble ikke registrert farge- eller luktendringer, hvor SEI- 1 i 2017 fortsatt hadde noe lukt.

Stasjon	Dyp (m)	Farge	Lukt	Finstoff (%)	Sand (%)	Grus (%)
SEI-1-2017	86	Naturlig	Noe	22	74	<1
SEI-1-2014	86	Naturlig	Noe	61	39	0,1
SEI-4-2017	117	Naturlig	Ingen	29	71	<1
SEI-2-2014	117	Naturlig	Ingen	80	20	0,2

3.4.3 Sammenligning av sedimentanalyse – kjemiske parametere

De kjemiske parameterne viste kun små forskjeller mellom undersøkelsene, hvor de største endringene var synlig i karbonhinnholdet (nTOC), med en nedgang i tilstandsklasse fra «bakgrunn» til «god». En liten økning i surhetsgrad (pH) var også å spore, men utgjorde ingen store forskjeller. Nivåene av fosfor er lavere ved innværende undersøkelse enn i 2014. Mengde nitrogen er ikke tilgjengelig fra undersøkelsen i 2014. Verdiene for sink (Zn) og Kobber (Cu) har bakgrunnsverdier ved begge undersøkelser.

Tabell 3.4.3.1 Sammenligning av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS), inkludert pH og E_h . Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et. al, 2007) for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS), TOC (g/kg TS) og normalisert TOC (nTOC; mg/g). Fosfor (P; mg/kg TS) og nitrogen (N; mg/kg TS) har ikke tilstandsklasser og karbon-nitrogenforholdet (C:N) er oppgitt som ratio mellom de to enhetene. Manglende data er merket med i.a. *= klassifisering gitt i foregående rapport avviker fra dagens klassifisering, men er ikke oppdatert. pH og E_h er oppgit, med tilhørende klassifisering (MT = miljøtilstand)

Stasjon	nTOC	TK	pH/ E_h	MT	P	N	Zn	TK	Cu	TK
SEI-1-2017	25,1	II	7,6/129	I	1300	1000	38,0	I	7,9	I
SEI-1-2014	12,45	I	7,8/112	I	1890	i.a.	40,4	I	10,1	I
SEI-4-2017	24,7	II	7,6/65	I	730	1460	30,0	I	8,9	I
SEI-2-2014	12,77	I	7,8/123	I	990	i.a.	27,8	I	8,55	I

4 Diskusjon

4.1 C-undersøkelse

4.1.1 Samlet vurdering

Samlet indikerer områdets bunnfauna noe organisk belastning, men det skjer en forbedring utover i resipienten. Anleggssonen (SEI-1) var dominert av den forurensningsindikerende børstemarken *Capitella capitata* (NSI-gruppe 5), som trives ved høy næringstilgang. Blant de ti hyppigste artene var det også én forurensningssensitiv art (NSI-gruppe 1), som var et positivt innslag for stasjonen da disse ofte ikke vil være tilstede ved forurensede forhold. Stasjonen ble etter NS9410 (2016) vurdert til miljøtilstand 2 «god», men vil ved en økning i *C. capitata* på 2 % bli nedjustert til tilstand 3 «dårlig». Overgangssonen blir klassifisert etter Veileder 02:2013 (2015), hvor stasjonen nedstrøms for anlegget (SEI-3) ble klassifisert som III «moderat», men svært nær tilstandsklasse II «god». Dette skyldes blant annet moderate NSI (Norwegian Sensitivity Index) og ISI (Indicator species index) indekser, som forteller noe om fordelingen av artenes forurensningsgrad og deres toleranse ovenfor organisk tilførsel. Disse indeksene bedret seg med avstand fra anlegget sammen med økning i arts- og individantall. Dette førte til at det nordlige området (SEI-2) ble klassifisert i nedre sjiktet av klassegrensen for tilstand II «god» og ytterkanten, med relativt høy andel forurensningssensitive arter, (SEI-4) ble klassifisert i øvre sjiktet av samme tilstandsklasse. Støtteparameterne viste jevnt over svært gode verdier, hvor miljøgiftene kobber og sink, samt oksygen i bunnvannet ble tildelt beste tilstandsklasse I «bakgrunn». Dette var også tilfelle for sedimentets surhetsgrad (pH) og reduksjonspotensiale (Eh) som ble gitt miljøtilstand 1 «meget god». Karboninnholdet (nTOC) i sedimentene ble gitt gode verdier, men for stasjonen på nordlig side ble tilstandsklassen III «moderat». Dette kan forklares ved at prøven ble hentet fra et dybdeområde, hvor det er naturlig at organisk avfall vil akkumulere i større grad. Dette var også synlig gjennom nivåene for nitrogen, som var høyest for denne stasjonen og for ytterkanten av overgangssonen, som befant seg i bunnen av en skråning, øst for lokaliteten. Samlet viser undersøkelsen at området rundt Seiskjæra akvakulturanlegg holder et godt bunndyrssamfunn.

4.1.2 Sammenligning mot tidligere undersøkelser

Resultatene fra sammenligningen av de to aktuelle stasjonene (SEI-1 og SEI-4) viser at de begge har fått et økt individantall av den hyppigst forekommende arten, henholdsvis *Capitella capitata* og *Paramphinoe jeffreysii*. Økningen er størst for anleggssonen, hvor den forurensningsindikerende børstemarken *Capitella capitata* har økt med 18 %, og dominerer nå stasjonen med 88 %. Det ble også observert en økning i artsantall ved stasjonen, som gir et positivt utslag for biodiversiteten. Miljøtilstand 2 er bevart fra 2014. Økning i individ- og artsantall var også felles for stasjonen i ytterkanten av overgangssonen (SEI-4), men er mer beskjeden og ga ingen betydelige endringer i indeksverdier og tilstandsklasse. I 2017 hadde konsentrasjonen av karbon (nTOC) gått ned en tilstandsklasse, fra I «bakgrunn», til II «god» ved begge stasjoner og sedimentet besto nå av en større andel finstoff enn i 2014. Utover dette var det ingen nevneverdige endringer i støtteparameterne. Den siste stasjonen som ble

undersøkt i 2014 viste likhetstrekk med ytterkanten av overgangssonen (SEI-4) i artssammensetning, og med områdets støtteparametere for øvrig. Grunnet avstand vil det være lite nytteverdi i å sammenligne stasjonen ytterligere. Foregående undersøkelse ble gjennomført i starten av en produksjonssyklus, hvor siste fôring ble utført to måneder før prøvetidspunktet, mens inneværende ble gjennomført mot slutten av en produksjonssyklus. En kan dermed forvente at området i 2017 vil være mer belastet, også med tanke på at det har vært nær to generasjoner med fisk siden foregående undersøkelse. Sett i lys av dette er det minimale endringer og dermed relativt stabile forhold mellom de to undersøkelsene.

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.
- Fiskeridirektoratet (2017) Fiskeridirektoratets kartløsning, hentet 02.11.2017 fra <https://kart.fiskeridir.no/>
- 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.
- Haugen R, Løkken TS, Stokkland Ø (2014) C-undersøkelse for Seiskjæra, Roan Kommune, Sør-Trøndelag. Havbrukstjenesten AS, 46 s.
- Horton et al. (2016) World Register of Marine Species. Available from [http: World Register of Marine Species](http://www.marinespecies.org). 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. *Standard Norge*.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. *Standard Norge*.
- NS-EN ISO 16665 (2013). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna. *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.
- Reed, Jenny-Lisa (2016), Strømrappport Seiskjæra; rapport nr. SR-M-02116-Seiskjæra0516-ver01.pdf. Åkerblå AS.
- 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.

6 Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)

Kunde	Refsnes laks AS								Lokalitet/P.nr.			Seiskjæra/ 17106			
Dato	06.06.17								Toktleder			O.H. Tunheim			
Prøvetaking	START:	14:00	SLUTT:	17:15					Alt. Personell						
Vær	Lettskyet, 5 m/s N								Sjøtemperatur			11,9°C			
Utsyr ID / Kalibrering	Grabb:	T1	Sil:	T1	Eh:	T1	pH:	T1	pH-kal:	7,0	Sjø;	Eh:	181	pH:	8,2
Stasjonsnr./navn		SEI-1						SEI-2			SEI-3				
Koordinater (WGS84)		64°05.477'N / 10°06.995'Ø						64°05.687'N / 10°06.775'Ø			64°05.412'N / 10°07.049'Ø				
Dybde (meter)		86						109			70				
Grabbhugg nummer		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Antall forsøk		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Akkreditert hugg (ja/nei)		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
Volum (cm)		5,5	6	8,5	5	4	3	10,5	10	8					
Antall flasker			1	1		1	1		1	1					
pH		7,6			7,6			7,6							
E_h (mV)		129			43			52							
Sediment	Skjellsand	2	2	2				2	2	2					
	Sand	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
	Mudder														
	Silt	3	3	3	2	2	2								
	Leire														
	Steinbunn														
	Grus														
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Brun/Sort (2)														
Lukt	Ingen (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															
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna										Signatur: Odd Helge Tunheim					

Kunde	Refsnes laks AS							Lokalitet/P.nr.			Seiskjæra/ 17106					
Dato	06.06.17							Toktleder			O.H. Tunheim					
Prøvetaking	START:	14:00	SLUTT:	17:15				Alt. Personell								
Vær	Lettskyet, 5 s/m N							Sjøtemperatur			11,9°C					
Utsyr ID / Kalibrering	Grabb:	T1	Sil:	T1	Eh:	T1	pH:	T1	pH-kal:	7,0	Sjø;	Eh:	181	pH:	8,2	
Stasjonsnr./navn		SEI-4														
Koordinater (WGS84)		64°05.601'N / 10°07.477'Ø														
Dybde (meter)		117														
Grabbhugg nummer		1	2	3				1	2	3	1	2	3			
Antall forsøk		1	1	1												
Akkreditert hugg (ja/nei)		Ja	Ja	Ja												
Volum (cm)		5	5	5												
Antall flasker			1	1												
pH		7,6														
E _h (mV)		65														
Sediment	Skjellsand															
	Sand	1	1	1												
	Mudder															
	Silt	2	2	2												
	Leire															
	Steinbunn															
	Grus															
Farge	Lys/Grå (0)	0	0	0												
	Brun/Sort (2)															
Lukt	Ingen (0)	0	0	0												
	Noe (2)															
	Sterk (4)															
Kons	Fast (0)															
	Myk (2)	2	2	2												
	Løs (4)															
Merknader / avvik		CTD kl 16:45														
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna									Signatur: Odd Helge Tunheim							

Vedlegg 2 - Analysebevis



Ardeling Namdal

 Åkerblå AS
 Nordføyveien 413
 7260 SISTRANDA

 Dato: 01.09.2017
 Prøve ID: N2017-6606
 ver 1

ANALYSERESULTATER

Provenotak: 12.07.17

Analyseperiode: 12.07.17 - 31.08.17

Provetaker: Oppdrags giver

2017-6606-1

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 06.06.17

Merket: 17106

Referanse: Seiskjæret 1

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	7,9	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	38	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	1300	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1000	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	11000	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	25,1	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	62	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	2,8	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	22	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	74	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2017-6606-2

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 06.06.17

Merket: 17106

Referanse: Seiskjæret 2

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	10	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	43	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	970	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1690	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	14000	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	27,7	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	55	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	4,1	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	24	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	76	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2017-6606-3

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 06.06.17

Merket: 17106

Referanse: Seiskjæret 3

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	5,2	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	24	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	750	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	884	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	6600	mg/kg TS

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

Side 1 av 2

 Postadresse
 Postboks 433
 7801 Namsos

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

 Telefon:
 74 21 24 40

 Org.no:
 NO: 985 208 933 MVA

Dato: 01.09.2017
 Prove ID: N2017-6606
 ver 1

•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	22,8	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	65	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	2,0	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	9,8	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	90	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2017-6606-4

Sedimenter fra saltvann

Tatt ut: 06.06.17

Merket: 17106

Referanse: Seiskjæret 4

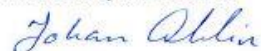
Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	NS-EN ISO 17294-2	8,9	mg/kg TS
Sink	NS-EN ISO 17294-2	30	mg/kg TS
Fosfor	NS-EN ISO 17294-2	730	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1460	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	12000	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	24,7	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	57	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,4	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	29	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	71	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen

< betyr: Mindre enn

4) Analysen er utført ved Fjellab.

Med hilsen Kystlab-PreBIO AS



Johan Ahlin
 Avdelingsleder Namdal

Kopi til
 Arild (E-mail)
 Dag Slettebo (E-mail)
 Kent (E-mail)

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

Side 2 av 2

Postadresse
 Postboks 433
 7801 Namsos

E-mail: namdal@kystlabprebio.no
 www.kystlabprebio.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 i stedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad. Ettersom Rygg & Norling (2013) 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.

Gruppe 1 (Forurensingssensitive) - 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 flerbørstemarkere.

Gruppe 2 (forurensingsnøytrale) – 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.

Gruppe 3 (forurensingstolerante) – 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 flerbørstemarkere.

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

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

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 (tabell V3.1).

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

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-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: 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

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

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 I- V, 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 2015)

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

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 artsmangfold 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.6.1).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

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

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 Resultater for SEI-1 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individtall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ($\bar{G}$) og stasjonsverdi ($\bar{S}$), utregnede indekser for hver enkelt grabb, gjennomsnitt og stasjonsverdi, normaliserte verdier (nEQR) for gjennomsnittet og stasjonsverdien for hver enkelt indeks, samt tilstandsverdi som er gjennomsnittet av gjennomsnittlig verdi for normalisert verdi for gjennomsnitt og stasjonsverdi. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor hvilke tilstandsklasser de ulike indeksverdiene hører til i; blå tilsvarer tilstandsklassen «svært god», grønn er «god», gul er «moderat», oransje er «dårlig» og rød er «svært dårlig».

Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	24	21	22,5	34		
N	865	1089	977,0	1954		
NQI1	0,422	0,390	0,406	0,430	0,307	0,333
H'	1,229	0,741	0,985	0,991	0,217	0,218
J	0,268	0,169	0,218	0,195		
H'max	4,585	4,392	4,489	5,087		
ES100	10,110	6,255	8,183	8,246	0,327	0,330
ISI	7,290	5,803	6,547	7,256	0,453	0,563
NSI	8,811	7,985	8,398	8,348	0,168	0,167
DI	0,887	0,987	0,937	0,937		
		Tilstandsverdi	0,308		0,294	0,322

Vedlegg 6 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (tabell V6.1-V6.3) angir hvilke tilstandsklasser de ulike parameterne tilhører; blå tilsvarer tilstandsklassen «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 referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2013 (2015).

Indeks	Økologiske tilstandsklasser				
	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

Tabell V6.2 nEQR-basisverdi for hver tilstandsklasse.

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

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	Tilstandsklasser				
			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

* 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 (NS9410 2016).

Miljøtilstand	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 .

Vedlegg 7 - Artsliste

Artsliste med NSI-verdier for all fauna funnet ved lokalitet Seiskjæra er organisert taksonomisk (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	St1 gr1	St1 gr2	St2 gr1	St2 gr2	St3 gr1	St3 gr2	St4 gr1	St4 gr2
Amaeana trilobata	1				1			2	2
Ampharete octocirrata	1			1	10		1		1
Ampharete sp.	1				1				
Ampharetidae	1				2	1			
Amphictene auricoma	2		1	1	1		1	2	1
Amythasides macroglossus	1				2			12	4
Aphelochaeta sp.	2				1			3	3
Arenicola marina		5	1						
Capitella capitata	5	727	985	151	82	31	12	2	2
Chaetozone setosa	4	9	5	2	3	24	7	11	5
Chirimia biceps	2			5	11			3	3
Cirratulidae	4		1						
Cirratulus caudatus			1						
Clymenura borealis	1							5	2
Diplocirrus glaucus	2			22	33	2		15	6
Drilonereis filum	2								1
Eclysipe vanelli	1							1	1
Eteone flava	4						1	1	1
Eteone longa	4		1		1				
Euchone sp.	2				1				
Eumida sp.	1		1	1				1	
Galathowenia oculata	3		1	13	21	1		23	2
Glycera alba	2		1						
Glyphanostomum pallescens						1		2	
Glyphohesione klatti	2							1	
Goniada maculata	2	7	4	4	8		2	1	1
Heteroclymene robusta	1			1					
Heteromastus filiformis	4							1	1
Jasmineira sp.	2				2				
Lagis koreni	4				3	1	1		
Laonice sp.	1							1	
Levinsenia gracilis	2							6	7
Lipobranchius jeffreysii				1					
Lumbrineridae	2			5	9			17	13
Maldane sarsi	4			7	1				

Mediomastus fragilis	4	2	2	1	1	4	6		
Melinna albicincta				2				1	
Myriochele sp.	2			16	39			4	11
Neoleanira tetragona	3							1	
Nephtys assimilis		18	11	4	7	11	12		1
Nephtys hystericis	2							1	3
Notomastus latericeus	1			1	3			8	2
Ophelina acuminata	2	3		1	1	1	2		
Ophelina sp.	3								5
Ophryotrocha sp.	4	1		1	2	6	1		
Owenia borealis	2			52	121				
Oxydromus flexuosus	3			1	2				
Paradoneis lyra	2					1		1	
Paramphinome jeffreysii	3	15	3	33	20	8	1	159	198
Paramphitrite tetrabranchia	1			1	1				
Parexogone hebes	1			2	1				
Pectinaria belgica	2								1
Pholoe baltica	3	32	47	23	52	31	12	13	8
Pholoe pallida	1	7		2				4	9
Phyllodoce groenlandica	3			1	2				
Phyllodoce mucosa	5	3					2		
Phyllodoce rosea	1				1				
Phylo kupfferi								1	
Pista mediterranea	2				2			7	6
Polycirrus medusa	1			2	1				
Polynoidae	2	1							
Praxillella praetermissa	2			1	1				
Prionospio cirrifera	3	6		4	6	9	19		3
Prionospio dubia	1							2	
Prionospio multibranchiata	1							1	
Prionospio steenstrupi	2					1			
Pseudopolydora antennata	3				3			2	1
Pseudopolydora paucibranchiata	4			47	79	16	9	2	2
Raricirrus beryli			1		1	1			
Rhodine gracilior	1				1				
Rhodine loveni	2			1				4	4
Samytha sexcirrata	1							2	
Scalibregma inflatum	3	2							
Scoloplos armiger	3	12	6	5	4	16	15		
Siboglinidae	1							1	1
Sosane wahrbergi	2			3	6	2			
Sosane wireni	1							1	
Sphaerodorum gracilis	2				1				
Spio filicornis	3					2	1		
Spiophanes kroyeri	3							1	

Sthenelais limicola	1	1							
Streblosoma intestinale	1							6	3
Syllis cornuta	3			5	7			2	1
Terebellidae	1				5			3	
Terebellides cf. stroemii	2			1	3			1	2
Trichobranchus roseus	1			9	20				3
Oligochaeta	5			1					4
Abra nitida	3			9	30		1	13	15
Adontorhina similis	2			1	6				4
Astarte sulcata	1							1	
Axinulus croulinensis	1				1			5	9
Ennucula tenuis	2			1	2				
Kelliella miliaris	3							4	
Kurtiella tumidula	1							4	1
Lyonsia sp.									1
Mendicula ferruginosa	1			5	19	2		28	64
Myrtea spinifera	2				1				
Nucula sp.	2								1
Nuculana pernula	2			1				1	1
Parvicardium minimum	1								2
Thyasira equalis	3			7	21			47	68
Thyasira flexuosa	3			15	49	2	6		
Thyasira obsoleta	1			1	2	1		15	21
Thyasira sarsi	4	6	7	282	300	40	25	34	46
Yoldiella lucida	2								1
Yoldiella philippiana	1							7	16
Cylichna alba	1			1	3				
Cylichna cylindracea	2				1				
Euspira montagui	2				1	1		1	
Euspira nitida	2	1			2				
Hermania sp.	2		1				1		
Philinidae	2	1					2		
Retusa umbilicata	4							2	8
Scaphander punctostriatus	1								1
Entalina tetragona	1							3	
Pulsellum lofotense								1	7
Caudofoveata	2				1			6	4
Falcidens crossotus									2
Scutopus ventrolineatus	2			15	14			8	6
Ampelisca aequicornis	1							1	
Ampelisca sp.	1							1	1
Eriopisa elongata	2							1	
Harpinia sp.	3							1	1
Lysianassidae	1							1	
Nicippe tumida	1				1				1
Tryphosites longipes	1					1			

Westwoodilla caecula	1	1					2	1	
Diastylis cornuta	1			4	4			1	5
Hemilamprops roseus	1							1	
Sarsinebalia typhlops					1			1	1
Asterope mariae	1								1
Asteroidea	3	1							1
Amphilepis norvegica	2				1				
Amphiura chiajei	2			3	16			5	8
Amphiura filiformis	3			7	5			7	1
Amphiura sp.	3					1	1		
Ophiura carnea									1
Ophiura sp.	2				1			1	3
Echinocardium cordatum	2			3					
Labidoplax buskii	2			16	42	2	2	4	1
Leptosynapta decaria			1						
Cerianthus lloydii	3								1
Edwardsiidae	2								1
Nemertea	3	1		2	4		1	5	2
Phoronis muelleri	2								1
Sipuncula	2							1	
Nephasoma minutum	2								1
Onchnesoma steenstrupii	1							1	
Phascolion strombus strombus	2			2	2				2
Prionospio plumosa		3	8						
Leptosynapta inhaerens				1					
Cirriformia tentaculata				1					
Nemertea 2					1				
Terebellidae 2								2	
Scutopus robustus								1	
Annelida								1	
Nephtyidae								1	
Acaulis Primarius				1					
Chaetognatha									
Decapod larver				1		2		1	
Calanoida		2			2	7	2		
Bryozoa							1		
Hydrozoa		x	x	x	x	x	x		
Nematoda		~30	~ 10	3	3	2	2	1	4
Egg/Eggmasse					x	x	x		
Hyperiidæ		2			1				

Vedlegg 8 – CTD rådata

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

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
34	9,9	92,0	8,29	0,3	14.58.11
34	9,9	92,1	8,30	0,4	14.58.13
34	9,9	91,8	8,27	0,7	14.58.15
34	9,9	90,9	8,18	1,3	14.58.17
34	9,9	90,3	8,13	2,3	14.58.19
34	9,6	88,6	8,03	3,9	14.58.21
34	9,3	88,5	8,07	4,9	14.58.23
34	9,0	87,9	8,08	6,4	14.58.25
34	8,8	87,4	8,06	8,2	14.58.27
34	8,7	88,0	8,12	9,1	14.58.29
34	8,7	88,2	8,15	10,5	14.58.31
34	8,6	88,2	8,16	12,8	14.58.33
34	8,5	88,2	8,19	15,3	14.58.35
34	8,4	88,1	8,19	17,7	14.58.37
35	8,3	87,8	8,17	20,1	14.58.39
35	8,0	87,4	8,19	22,3	14.58.41
35	7,8	87,6	8,25	23,1	14.58.43
35	7,8	87,1	8,19	24,2	14.58.45
35	7,7	86,4	8,15	25,4	14.58.47
35	7,6	86,2	8,15	26,4	14.58.49
35	7,4	85,6	8,12	27,9	14.58.51
35	7,3	85,0	8,09	29,8	14.58.53
35	7,1	84,5	8,07	31,6	14.58.55
35	7,0	84,2	8,06	33,5	14.58.57
35	6,9	84,0	8,07	35,4	14.58.59
35	6,8	83,7	8,05	37,4	14.59.01
35	6,8	83,4	8,03	39,5	14.59.03
35	6,7	83,1	8,01	41,6	14.59.05
35	6,6	83,0	8,02	43,3	14.59.07
35	6,6	82,8	8,01	44,9	14.59.09
35	6,5	82,7	8,00	46,2	14.59.11
35	6,5	82,3	7,96	47,8	14.59.13
35	6,5	82,2	7,95	49,6	14.59.15
35	6,5	82,1	7,95	51,3	14.59.17
35	6,4	81,8	7,93	53,3	14.59.19
35	6,4	81,9	7,93	55,1	14.59.21

35	6,4	81,7	7,91	56,9	14.59.23
35	6,4	81,7	7,91	58,6	14.59.25
35	6,4	81,4	7,90	60,2	14.59.27
35	6,4	81,5	7,90	61,8	14.59.29
35	6,4	81,4	7,90	63,4	14.59.31
35	6,4	81,4	7,89	65,1	14.59.33
35	6,4	81,4	7,90	67,1	14.59.35
35	6,4	81,4	7,90	68,7	14.59.37
35	6,4	81,6	7,91	70,3	14.59.39
35	6,4	81,3	7,88	72,2	14.59.41
35	6,4	81,3	7,88	74,0	14.59.43
35	6,4	81,1	7,86	75,9	14.59.45
35	6,5	81,3	7,87	77,2	14.59.47
35	6,5	81,3	7,86	78,6	14.59.49
35	6,5	81,2	7,86	79,8	14.59.51
35	6,5	81,1	7,85	81,2	14.59.53
35	6,5	81,0	7,84	82,7	14.59.55
35	6,5	81,1	7,84	84,0	14.59.57
35	6,5	81,0	7,83	85,4	14.59.59
35	6,5	81,1	7,84	86,7	15.00.01
35	6,5	80,9	7,82	88,3	15.00.03
35	6,5	81,0	7,83	89,9	15.00.05
35	6,5	81,0	7,82	91,6	15.00.07
35	6,5	81,1	7,83	93,4	15.00.09
35	6,5	81,1	7,83	95,2	15.00.11
35	6,5	81,1	7,83	96,9	15.00.13
35	6,6	81,2	7,84	98,8	15.00.15
35	6,6	81,2	7,83	100,6	15.00.17
35	6,6	81,0	7,81	102,4	15.00.19
35	6,6	80,9	7,80	104,3	15.00.21
35	6,6	80,8	7,78	106,1	15.00.23
35	6,7	80,7	7,77	107,9	15.00.25
35	6,7	80,6	7,75	109,5	15.00.27
35	6,7	80,5	7,73	111,1	15.00.29
35	6,7	80,4	7,71	112,8	15.00.31
35	6,8	80,2	7,69	114,5	15.00.33

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 – V9.4).



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.