

# C-undersøkelse



NS9410:2016

og

# ASC-Undersøkelse

for

# Kråknes



**Feltarbeid**

**17.10.2017**

**Oppdragsgiver**

**Marine Harvest Norway AS**

<b>Åkerblå AS</b> Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda Organisasjonsnummer 916 763 816
<b>C-undersøkelse og ASC- undersøkelse for Kråknes</b>

Generell informasjon:			
Rapporttittel:	C-undersøkelse og ASC- undersøkelse for Kråknes		
Rapportnummer:	MCR-M-17164-Kråknes	Lokalitetsnavn:	Kråknes
Lokalitetsnummer:	12239	GPS, senter i anlegg:	62°49.887'N / 06°57.764'Ø
Fylke:	Møre og Romsdal	Kommune:	Aukra
MTB-tillatelse:	3900 TN	Driftsleder:	Asle Bjørn Lyngne
Dato undersøkelse:	17.10.2017	Dato rapport:	20.02.2018
Oppdragsgiver:	Marine Harvest Norway AS		
Akkreditering:	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger: Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Kystlab Prebio AS, TEST 070 (NS/EN ISO/IEC 17025)		

Hovedresultater fra C-undersøkelse (NS 9410:2016)							
		KRÅ-1 (Nærsone)	KRÅ-2 (over/fjern)	KRÅ-3 (overgang)	KRÅ-4 (overgang)	KRÅ-5 (overgang)	KRÅ-REF (referanse ASC)
Fauna Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013, rev. 2015)	Antall arter (S)	23	85	70	30	130	108
	Antall ind. (N)	~4300	1293	683	2323	3300	917
	nEQR		God 0,779	God 0,661	Dårlig 0,383	God 0,697	Svært god 0,833
	NQI1		God 0,772	God 0,698	Dårlig 0,445	God 0,752	Svært god 0,821
	SW (H <sup>+</sup> ) indeks: SW, tilstand:		Svært god 4,844	God 4,499	Dårlig 1,752	God 3,387	Svært god 5,253
	MOM-tilstand:	Dårlig 3					
Fauna, ASC	≥ 2 highly abund. Taxa (2.1.3.)	1			4		
	Fauna ift fotnote 7 (side 20)	10			-		
Element	Cu (mg/kg TS)	God/Moderat	Bakgrunn	Bakgrunn	Bakgrunn	Bakgrunn	Bakgrunn
	Cu, tilst.klasse:	28	7,0	7,0	9,0	5,6	4,8

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler en C- og ASC-undersøkelse ved lokaliteten Kråknes i Aukra, Møre og Romsdal. Undersøkelsen inngår i regulær overvåkning ved lokaliteten. Det ble tatt tre grabbhugg fra 5 C-stasjoner, og det ble i tillegg opprettet en referansestasjon som er felles med lokalitet Aukrasanden.

### *Inneværende undersøkelse*

Undersøkelsen viste varierende forhold i overgangssonen, der kun KRÅ-2 i ytterkant av overgangssonen virket å være totalt upåvirket med høy diversitet og flere forurensingsensitive arter i høyt antall. De resterende stasjonene viste indikasjoner på en gjødslingseffekt med meget høyt arts- og individantall (KRÅ-3), eller tydeligere tegn på direkte organisk påvirkning med høy forekomst eller dominans av en forurensingsindikerende art (henholdsvis KRÅ-5 og KRÅ-4). KRÅ-1 i anleggssonen viste kraftig organisk påvirkning med nesten total dominans av en forurensingsindikerende art. De kjemiske støtteparameterne viste jevnt gode forhold, med noe forhøyet fosfor og kobber i anleggssonen.

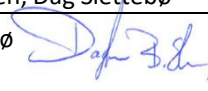
Siden total tilstand i overgangssonen er «moderat» er det krav om neste undersøkelse om to produksjonssykluser.

### *Tidligere undersøkelse*

Faunasammensetningen virker å ha holdt seg ganske stabil mellom undersøkelsene, med lik grad påvirkning i anleggssonen. Forskjellig stasjonsplassering i overgangssonen, grunnet revisjon av NS9410, gjør at man ikke kan sammenligne stasjonene i overgangssonen direkte. På generelt grunnlag har ikke de beregnede økologiske indeksene endret seg nevneverdig i overgangssonen, selv om artssammensetningen er noe forskjellig tyder det ikke på store forandringer i området mellom undersøkelsene. Sammenligningen viser også mindre organisk karbon i sedimentet i 2017 enn i 2011. Totalt virker forholdene å ligge stabilt på høy påvirkning i anleggssonen, og noen registrerte forskjeller i overgangssonen, men dette skyldes nok i større grad meget forskjellig stasjonsplassering.

### *ASC resultater*

Samtlige undersøkte parametere viste tilstand «akseptabel» ved alle stasjonene. For KRÅ-1 (i-AZE) måtte fauna sammenlignes med referansestasjonen for å bli godkjent. AZE-sonen virker å være godt anslått, der KRÅ-4 plassert omtrent halvveis ut til ytterkanten av AZE-sonen viste også en Shannon-Wiener indeks omtrent halvveis til å bli godkjent som utenfor AZE.

C- og ASC-undersøkelse for Kråknes		
Rapportnummer	MCR-M-17164-Kråknes	
Rapportdato / Dato feltarbeid	20.02.2017 / 17.10.2017	
<i>Revisjonsnummer</i>	<i>Revisjonsbeskrivelse</i>	<i>Signatur</i>
-	-	-
<b>Lokalitet</b>		
Lokalitet	Kråknes / 3900 TN MTB	
	Aukra, Møre og Romsdal	
Lokalitetsnummer	12239	
<b>Oppdragsgiver</b>		
Selskap	Marine Harvest Norway AS	
Kontaktperson	Arne Kvalvik	
<b>Oppdragsansvarlig</b>		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda Organisasjonsnummer 916 763 816	
Ansvarlig prøvetaking	Dag Slettebø	
Rapportansvarlig	Dag Slettebø	
Forfattere	Martin Mejdell Hektoen, Dag Slettebø	
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, TEST 070 (NS/EN ISO/IEC 17025)	
Distribusjon	<i>Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.</i>	

Forsidefoto: Charlotte Hallerud

## Forord

Denne rapporten omhandler en C- og ASC-undersøkelse av lokalitet Kråknes. Formålet med C-undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser. ASC-undersøkelsen er gjort i forbindelse med sertifisering etter standarden til Aquaculture Stewardship Council (ASC). Formålet med ASC-undersøkelsen er å dokumentere miljøtilstanden og bunnforholdene med utgangspunkt i ASC Salmon Standard (2012).

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. Til ASC-undersøkelser utfører Åkerblå AS akkrediterte tjenester i henhold til NS-EN ISO 16665 (2014).

Trondheim, 20.02.2017

## Innhold

<b>INNHold</b> .....	<b>6</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>8</b>
1.1 C-UNDERSØKELSE .....	8
1.2 ASC-UNDERSØKELSE .....	11
<b>2 MATERIALE OG METODE</b> .....	<b>12</b>
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER .....	12
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER .....	16
2.3 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE .....	19
2.4 PRODUKSJON .....	20
2.5 ASC-UNDERSØKELSE .....	21
<b>3 RESULTATER</b> .....	<b>22</b>
3.1 BUNNDYRSANALYSE .....	22
3.1.1 KRÅ-1.....	22
3.1.2 KRÅ-2.....	23
3.1.3 KRÅ-3.....	25
3.1.4 KRÅ-4.....	27
3.1.5 KRÅ-5.....	29
3.1.6 KRÅ-REF.....	31
3.1.7 Samlet nEQR resultat .....	32
3.2 HYDROGRAFI .....	33
3.3 SEDIMENTANALYSER .....	34
3.3.1 Sensoriske vurderinger .....	34
3.3.2 Kornfordeling .....	35
3.3.3 Kjemiske parametere .....	35
3.4 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE .....	37
3.4.1 Sammenligning av klassifisering av bunnfauna .....	37
3.4.2 Sammenligning av sediment – sensoriske vurderinger .....	38
3.4.3 Sammenligning av kjemiske parametere .....	38
3.5 ASC-UNDERSØKELSE .....	39
<b>4 DISKUSJON</b> .....	<b>40</b>
4.1 C-UNDERSØKELSE .....	40
4.1.1 Inneværende undersøkelse.....	40
4.1.2 Sammenligning med tidligere undersøkelse.....	40
4.2 ASC-UNDERSØKELSE .....	40
<b>5 LITTERATURLISTE</b> .....	<b>42</b>
<b>6 VEDLEGG</b> .....	<b>44</b>
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE) .....	44

VEDLEGG 2 - ANALYSEBEVIS .....	46
VEDLEGG 3 - KLASSIFISERING AV FORURENSNINGSGRAD .....	49
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER .....	51
VEDLEGG 5 – INDEKS FOR C1 .....	54
VEDLEGG 6 - REFERANSETILSTANDER .....	55
VEDLEGG 7 - ARTSLISTE .....	57
VEDLEGG 8 – CTD RÅDATA .....	63
VEDLEGG 9 – BILDER AV SEDIMENT .....	66

## 1 Innledning

### 1.1 C-Undersøkelse

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). 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 bløtbunnsfauna (Veileder 02:2013 2015).

Antall stasjoner i en C-undersøkelse og plassering av disse styres av maksimal tillatt biomasse (MTB), strømforhold og bunntopografi (batymetri) på lokaliteten (NS9410 2016). Prøvestasjonene plasseres slik at C1 angir overgangen mellom anleggssonen og overgangssonen, oftest 25 til 30 meter fra merdkanten. I ytterkanten av overgangssonen plasseres prøvestasjon C2 i et representativt område, mens øvrige prøvestasjoner (C3, C4 osv.) plasseres inne i overgangssone der det forventes størst påvirkning ut i fra strømmretning og bunntopografi. Om bunnen i overgangssonen er sterkt skrånende så plasseres det en prøvestasjon ved foten av skråningen. Antall stasjoner avhenger av 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 1.1.1). Dersom frekvensene ikke sammenfaller, gjelder den som gir hyppigst frekvens (NS9410 2016).

**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.

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.

## 1.2 ASC-Undersøkelse

ASC Salmon Standard angir blant annet krav til undersøkelse av bentisk fauna, reduksjonspotensiale ( $E_h$ ) og kobbernivå (Cu) i sedimentene ved oppdrettslokalteter. Tillatt sone for påvirkning (*Allowable Zone of effect* – AZE; tabell 1.2.1) er definert som området som strekker seg 30 meter ut fra merdene, der hvor det ikke er definert en lokalitets-spesifikk AZE gjennom modellering. Innenfor AZE skal det være minst 2 ikke- forurensingsindikatorarter, som forekommer med over 100 individer per  $m^2$  eller høyere eller likt med referansestasjonen hvis forekomsten der er naturlig lavere enn 100 individer per  $m^2$ . Det tolkes i denne rapporten at kravet fra ASC Salmon Standard om «høy forekomst» av  $\geq 2$  arter skal sørge for at AZE, som er under en grad av forurensing, tar hensyn til arter som er naturlig forekommende. Utenfor den tillatte sonen for påvirkning (U-AZE) skal redoks-potensialet ( $E_h$ ) eller sulfidnivåene være tilfredsstillende (tabell 1.2.1) og faunaindeks skal indikere god til svært god økologisk kvalitet i forekomstene av sediment.

**Tabell 1.2.1** Krav til reduksjonsoksidasjonspotensial ( $E_h$ ), faunaindeks og kobberverdier (Cu) i henhold til ASC Salmon Standard (2012) fritt oversatt.

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

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

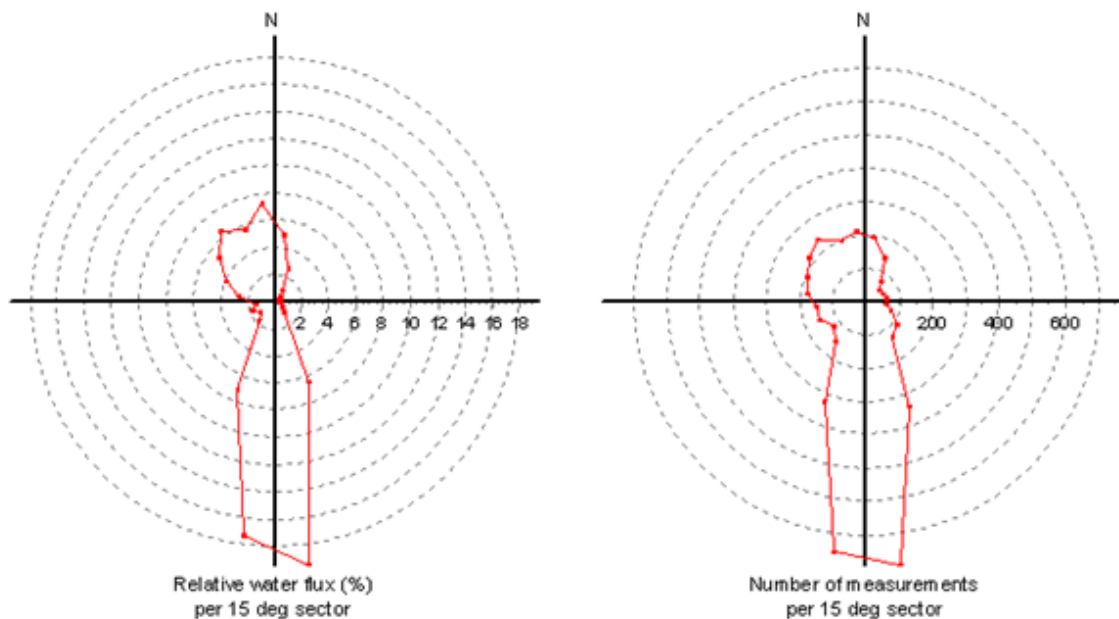
## 2 Materiale og metode

### 2.1 Område og prøvestasjoner

Oppdrettslokaliteten Kråknes ligger i Julsundet i Aukra kommune, Møre og Romsdal. Anlegget ligger nærmere bestemt på østsiden av Gossen (figur 2.1.1). Bunnen under størsteparten av anlegget er nokså flat på rundt 50 meters dyp, med en skråning i nordøstre hjørnet der det er omtrent 120 m dypt. Det er ingen terskler mellom anlegget og nærmeste dypområde. Strømmålinger for området viser at hovedstrømretningen på 15 meters dyp går mot sør (figur 2.1.2).

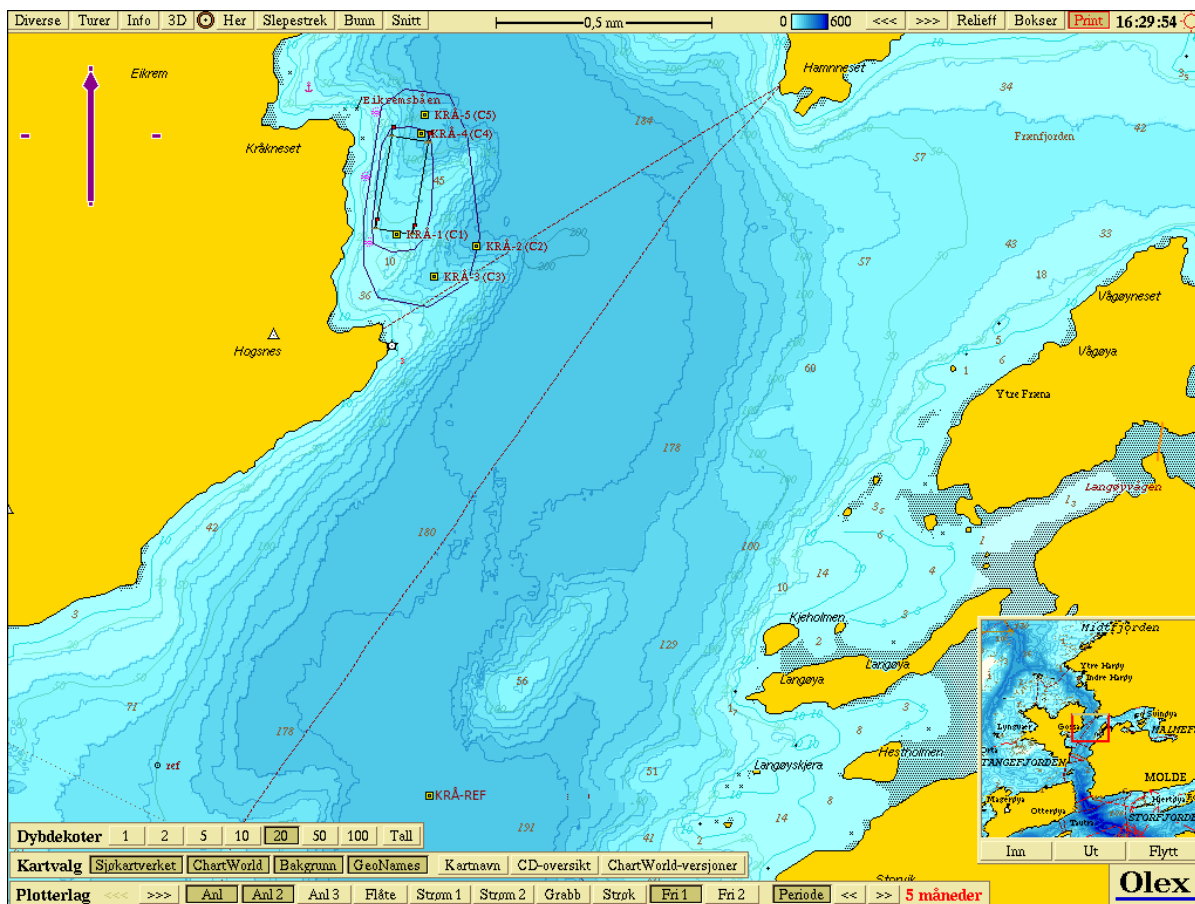


**Figur 2.1.1** Geografisk plassering av Kråknes (blå sirkel) og omkringliggende lokaliteter. Kartet har nordlig orientering. Kartdatum WGS84 (Fiskeridirktoratet 2018).

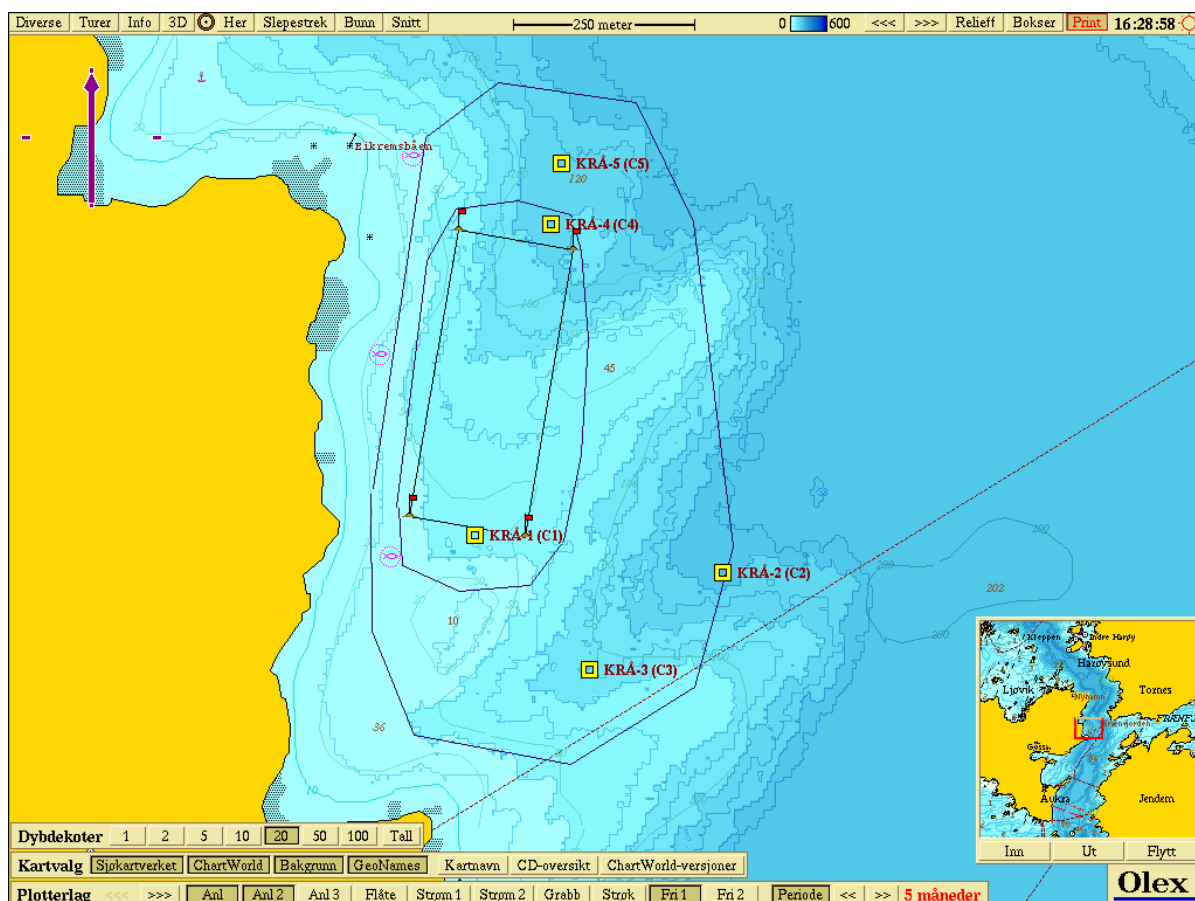


**Figur 2.1.2** Strømforhold. Fordelingsdiagrammet til høyre angir antallet målepunkter (frekvens) i ulike himmelretninger. Figur til venstre viser relativ vannfluks som angir hvor stor prosent av vannmassene (mengde) som fordeler seg i de ulike himmelretningene. Målingene er utført på 15 meters dyp i perioden 05.12.2013 – 09.01.2014 (Humberset 2013).

Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av produksjon, bunntopografi, bunnhardhet og strømforhold (NS9410 2016). Det ble tatt 5 ordinære C-stasjoner i henhold til anbefalingene i NS9410 for anlegg med MTB på 3900 TN. I tillegg ble det opprettet en referansestasjon, KRÅ-REF for ASC-undersøkelsen. KRÅ-1 er plassert ca. 10 meter fra anlegget i hovedstrømretningen. KRÅ-2 er plassert i ytterkant av overgangssonen, omtrent 280 meter sørøst for anlegget. De resterende C-stasjonene er plassert i overgangssonen der man forventer mest påvirkning, med KRÅ-3 plassert i hovedstrømretningen, KRÅ-4 like utenfor anleggssonen i motstrømmens retning og KRÅ-5 noe lenger nord for KRÅ-4. Referansestasjonen (KRÅ-REF) er plassert ca. 2,4 km sør for anlegget. (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.



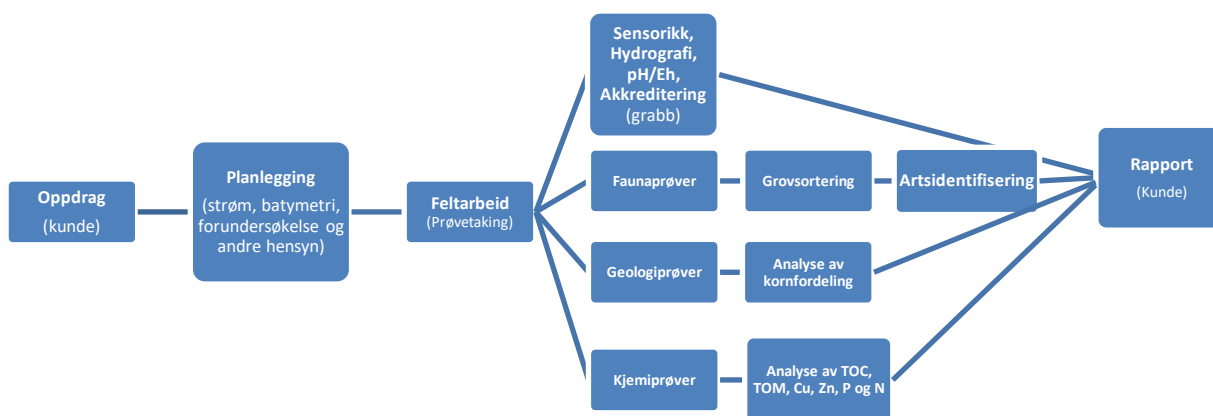
**Figur 2.1.4** Anleggsplassering og C-stasjonens innerste prøvestasjon. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Den innerste oppmerkingen rundt anlegget indikerer antatt AZE-sone, mens den ytterste indikerer overgangssonen. Kartdatum WGS84.

**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 datum WGS84 og avstand fra anlegg og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametere	Plassering (NS 9410)
KRÅ-1	62°49.774'N / 06°57.722'Ø	10 m	45 m	FAU, KJE, GEO, PE	C1
KRÅ-2	62°49.746'N / 06°58.124'Ø	280 m	184 m	FAU, KJE, GEO, PE, CTD	C2
KRÅ-3	62°49.674'N / 06°57.908'Ø	210 m	99 m	FAU, KJE, GEO, PE	C3
KRÅ-4	62°50.005'N / 06°57.845'Ø	30 m	114 m	FAU, KJE, GEO, PE	C4
KRÅ-5	62°50.050'N / 06°57.863'Ø	120 m	135 m	FAU, KJE, GEO, PE	C5
KRÅ-REF	62°48.475'N / 06°57.884'Ø	2 400 m	195 m	FAU, KJE, GEO PE	ref

## 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 parametere ble det tatt ut prøve til analyse av totalt organisk karbon (TOC), totalt organisk materiale (TOM; glødetap), nitrogen (N), fosfor (P), kobber (Cu) og sink (Zn) fra samme hugget som det ble tatt ut prøve for kornfordeling (tabell 2.2.2; vedlegg 2) som alle ble analysert av underleverandøren (figur 2.2.1).



Figur 2.2. 1 Arbeidsflyt.

Grunnet stor mengde sediment etter vasking ble det foretatt «subsampling» av prøvematerialet ved KRÅ-2 hvor ¼ av materialet er tatt ut for grovsortering i henhold til intern prosedyre.



**Tabell 2.2.1** Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (KC-denmark) på 0,1 m <sup>2</sup>
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 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	Dag Slettebø	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	Åkerblå AS	Jolanta Jagminiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	Åkerblå AS	Martin Mejdell Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	Åkerblå AS	Martin Mejdell Hektoen	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	Åkerblå AS	Martin Mejdell Hektoen	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. Ved KRÅ-1 ble antall av den hyppigst forekommende arten kun kvantifisert i ett grabbhugg, ettersom det ble verifisert at den i den første grabben stod for mer enn 90 % av det totale individantallet i begge grabbhuggene. Antallet av den hyppigst forekommende arten ble så estimert i det andre grabbhugget.

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

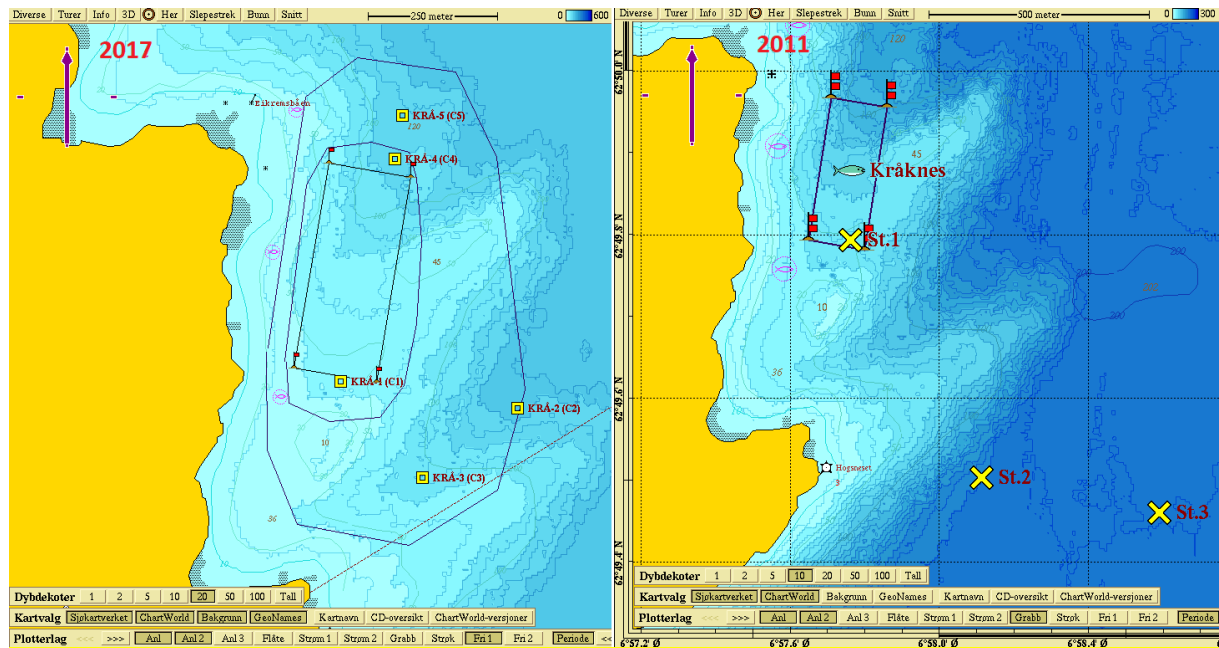
Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 6). På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippskilden kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand.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

### 2.3 Sammenligning med tidligere undersøkelse

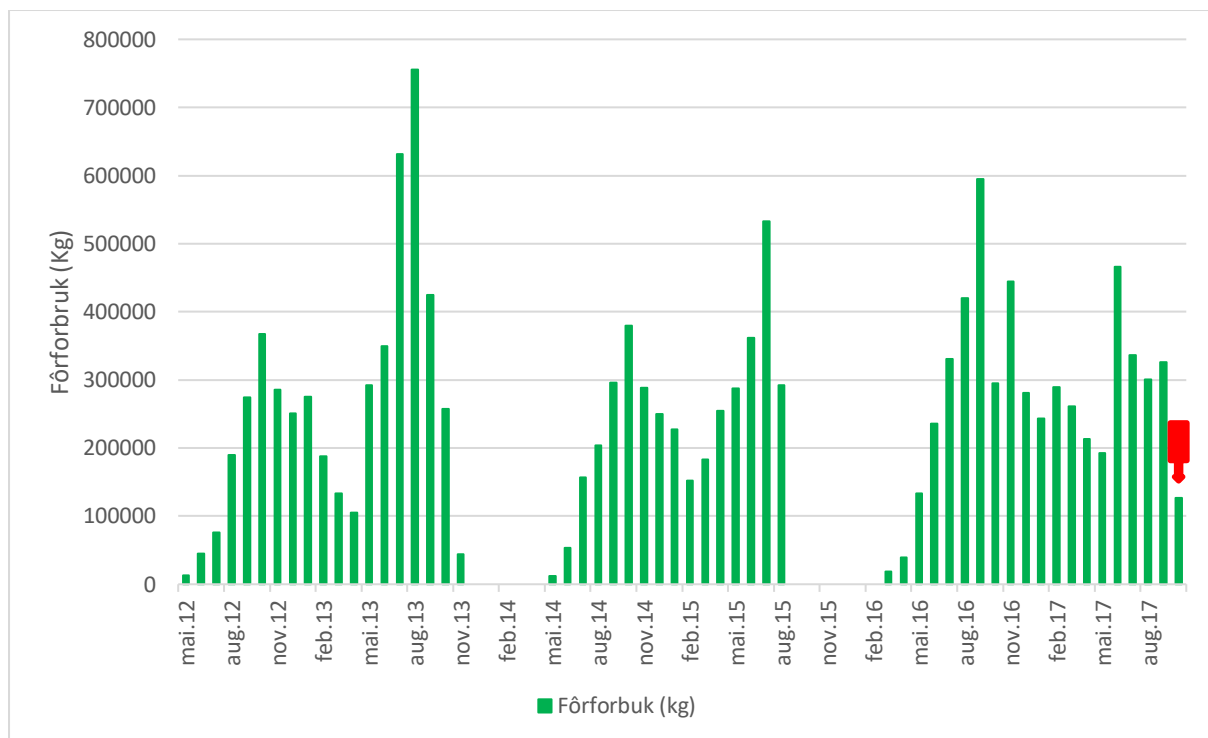
Forrige undersøkelse ved lokaliteten ble gjennomført i 2011 (Humberset & Larsen 2013). Grunnet revidering av NS9410 (fra versjon 2007 til 2016) har stasjonsplassering endret seg betydelig mellom undersøkelsene. KRÅ-1 ble tatt på samme plass som St. 1 i 2011 og vil bli sammenlignet direkte. I tillegg vil KRÅ-2 og KRÅ-3 sammenlignes med St. 2 på generelt grunnlag siden begge stasjonene representerer overgangssonen, selv om stasjonene geografisk ble plassert rundt 300 m fra hverandre (figur 2.3.1).



**Figur 2.3.1** Stasjonsplassering ved undersøkelsene ved lokalitet Kråknes i 2017 og 2011. Kartene har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84 (Humberset & Larsen 2013).

## 2.4 Produksjon

Fisk på lokalitet ble satt ut i Mars 2016. Ved tidspunkt for undersøkelse var biomassen på lokaliteten 692 tonn. Totalt fôrforbruk på lokaliteten siden utsett var ved samme tid 5575 tonn (figur 2.4.1; Lyng pers. med.).



**Figur 2.4.1** Produksjonsinformasjon ved Kråknes for de siste generasjoner og frem til tidspunkt for C-undersøkelsen. Pil angir prøvetidspunkt.

## 2.5 ASC-undersøkelse

Metode for og gjennomføring av prøvetaking for ASC-undersøkelsen er tilsvarende som for foreliggende C-undersøkelse. Stasjonsvalg for innsamling av prøvemateriale er beskrevet med utgangspunkt i ASC Salmon Standard (2017), samt i ASC Audit Manual (2017). Stasjonsvalget er gjort på grunnlag av hovedstrømretning og avstand til Allowable Zone of Effect (AZE). Grensen for AZE er anslått fra hovedstrømretning og -styrke, dybde, bunntopografi og resultater fra andre lokaliteter med tilsvarende forhold.

Med utgangspunkt i antatt AZE er stasjonene plassert med stasjon KRÅ-1 og KRÅ-4 innenfor AZE, med KRÅ-1 inntil anleggets ramme og KRÅ-4 nærmere AZE-sonens ytterkant. De resterende stasjonene er plassert utenfor AZE-sonen. KRÅ-2 omtrent 230 m fra AZE-sonens grense, KRÅ-3 omtrent 140 m fra og KRÅ-5 omtrent 65 m (figur 2.1.3-2.1.4 og tabell 2.5.1).

**Tabell 2.5.1** Stasjonsbeskrivelser etter ASC Salmon Standard.

Stasjon	Avstand til anlegg (m)	Dyp (m)	Plassering (ASC)
KRÅ-1	10	45	i-AZE
KRÅ-2	280	184	u-AZE
KRÅ-3	210	99	u-AZE
KRÅ-4	30	114	i-AZE
KRÅ-5	120	135	u-AZE
KRÅ-REF	2 400	195	Ref

## 3 Resultater

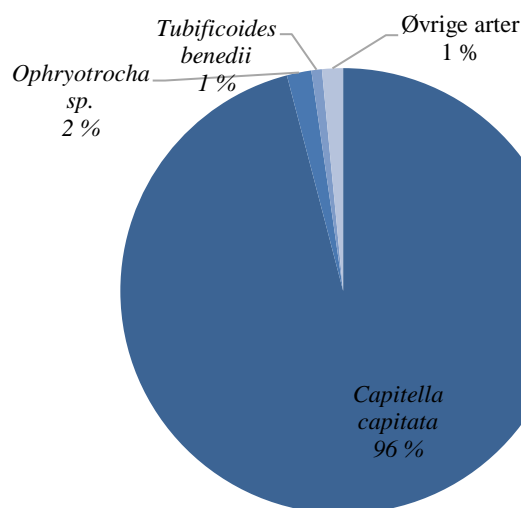
### 3.1 Bunndyrsanalyse

#### 3.1.1 KRÅ-1

Ved KRÅ-1 ble det registrert omtrent 4300 individer fordelt på 23 arter (tabell 3.1.1.1 og figur 3.1.1.1). På bakgrunn av at *Capitella capitata* stod for mer enn 90% av individtallet ble KRÅ-1 klassifisert med miljøtilstand 3 (dårlig; NS9410 2016).

**Tabell 3.1.1.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-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	~4100	96
<i>Ophryotrocha sp.</i>	4	77	1,8
<i>Tubificoides benedii</i>	i.a	33	0,76
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	5	14	0,32
<i>Eteone longa</i>	4	12	0,28
<i>Scoloplos armiger</i>	3	9	0,21
<i>Prionospio fallax</i>	2	5	0,12
<i>Caulleriella bioculata</i>	i.a	4	0,09
Philinidae	2	3	0,07
Edwardsiidae	2	3	0,07
Øvrige arter	-	16	0,37



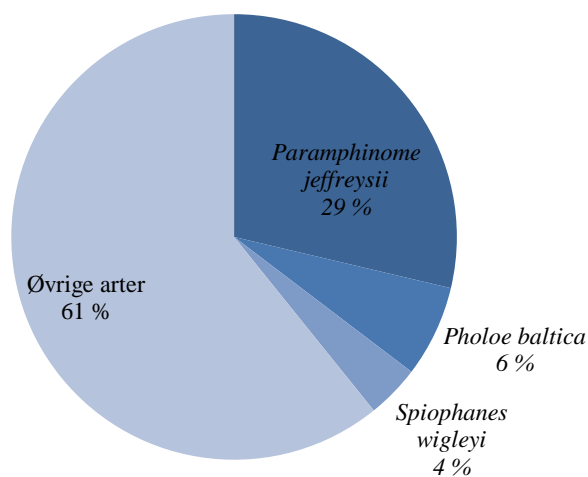
**Figur 3.1.1.1** Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved KRÅ-1.

### 3.1.2 KRÅ-2

Ved KRÅ-2 ble det registrert 1293 individer fordelt på 85 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Stasjonen var noe dominert av den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* (NSI-gruppe 3), samtidig som det også ble registrert flere forurensingssensitive arter blant de hyppigst forekommende artene. Stasjonen ble etter veileder 02:2013 (2015) klassifisert til øvre del av tilstandsklasse II (god).

**Tabell 3.1.2.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-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>Paramphinome jeffreysii</i>	3	371	29
<i>Pholoe baltica</i>	3	86	6,7
<i>Spiophanes wigleyi</i>	1	50	3,9
<i>Nothria conchylega</i>	1	49	3,8
<i>Labidoplax buskii</i>	2	48	3,7
<i>Amphiura filiformis</i>	3	42	3,2
<i>Jasmineira sp.</i>	2	37	2,9
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	36	2,8
<i>Pista mediterranea</i>	2	33	2,6
<i>Falcidens crossotus</i>	i.a.	28	2,2
Øvrige arter	-	513	40



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

**Tabell 3.1.2.2** Resultater for KRÅ-2 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	59	60	59,5	85		
N	586	707	646,5	1293		
NQ11	0,773	0,745	0,759	0,772	0,736	0,749
H'	4,876	4,421	4,649	4,844	0,783	0,810
J	0,829	0,748	0,789	0,756		
H'max	5,883	5,907	5,895	6,409		
ES100	36,080	35,010	35,545	37,590	0,819	0,845
ISI	8,758	9,726	9,242	9,261	0,766	0,768
NSI	23,880	23,975	23,928	23,932	0,757	0,757
DI	0,718	0,799	0,759	0,759		
		Tilstandsverdi	0,779		0,772	0,786

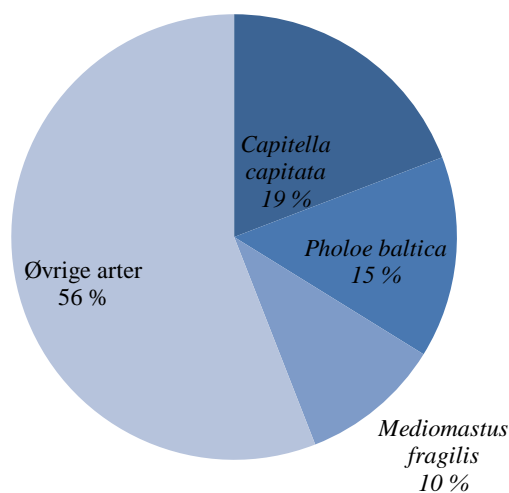


### 3.1.3 KRÅ-3

Ved KRÅ-3 ble det registrert 683 individer fordelt på 70 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Den hyppigst forekommende arten var stasjonen var forurensingsindikerende, men ellers var det overvekt av arter i NSI-gruppe 3 og 4. Stasjonen ble etter veileder 02:2013 (2015) klassifisert til nedre del av tilstandsklasse II (god).

**Tabell 3.1.3.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-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>Capitella capitata</i>	5	131	19
<i>Pholoe baltica</i>	3	100	15
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	70	10
<i>Thyasira sarsi</i>	4	47	6,9
<i>Scoloplos armiger</i>	3	41	6,0
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	30	4,4
<i>Ophryotrocha sp.</i>	4	22	3,2
<i>Jasmineira sp.</i>	2	18	2,6
<i>Thyasira flexuosa</i>	3	18	2,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	14	2,0
Øvrige arter	-	192	28



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

**Tabell 3.1.3.2** Resultater for KRÅ-3 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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».

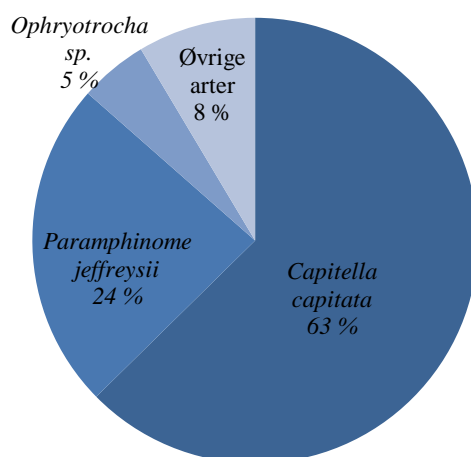
Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	57	46	51,5	70		
N	428	255	341,5	683		
NQ11	0,677	0,714	0,695	0,698	0,669	0,672
H'	4,294	4,466	4,380	4,499	0,753	0,767
J	0,736	0,808	0,772	0,734		
H'max	5,833	5,524	5,678	6,129		
ES100	28,850	31,170	30,010	30,530	0,753	0,759
ISI	7,900	7,407	7,653	8,092	0,615	0,656
NSI	16,383	17,949	17,166	16,956	0,487	0,478
DI	0,581	0,357	0,469	0,469		
		Tilstandsverdi	0,661		0,655	0,666

### 3.1.4 KRÅ-4

Ved KRÅ-4 ble det registrert 2323 individer fordelt på 30 arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Stasjonen var dominert av den forurensingsindikerende flerbørstemarken *Capitella capitata* (NSI-gruppe 5), og ble etter veileder 02:2013 (2015) klassifisert til øvre del av tilstandsklasse IV (dårlig).

**Tabell 3.1.4.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-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>Capitella capitata</i>	5	1455	63
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	554	24
<i>Ophryotrocha sp.</i>	4	115	5,0
<i>Thyasira sarsi</i>	4	60	2,6
<i>Pholoe baltica</i>	3	23	1,0
<i>Myrtea spinifera</i>	2	14	0,60
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	13	0,56
<i>Chaetozone setosa</i>	4	12	0,52
<i>Glycera alba</i>	2	12	0,52
<i>Parexogone hebes</i>	1	12	0,52
Øvrige arter	-	53	2,3



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

**Tabell 3.1.4.2** Resultater for KRÅ-4 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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».

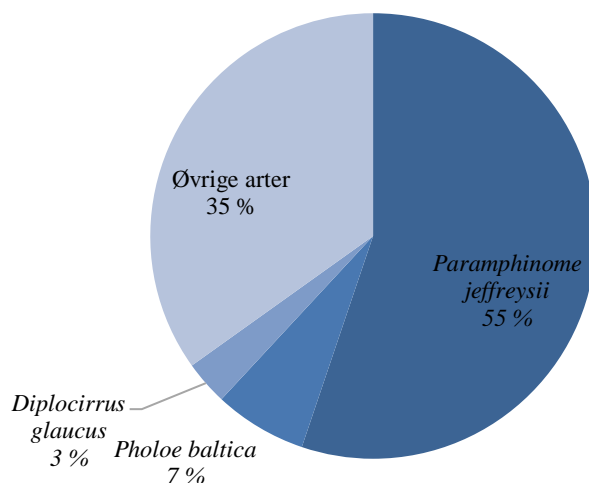
Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	21	23	22,0	30		
N	970	1353	1161,5	2323		
NQ11	0,450	0,432	0,441	0,455	0,346	0,361
H'	1,765	1,680	1,722	1,752	0,364	0,370
J	0,402	0,371	0,387	0,357		
H'max	4,392	4,524	4,458	4,907		
ES100	9,155	8,446	8,801	8,839	0,352	0,354
ISI	6,829	7,620	7,225	7,374	0,558	0,581
NSI	12,513	11,126	11,819	11,703	0,273	0,268
DI	0,937	1,081	1,009	1,009		
		Tilstandsverdi	0,383		0,379	0,387

### 3.1.5 KRÅ-5

Ved KRÅ-5 ble det registrert 3300 individer fordelt på 130 arter (tabell 3.1.5.1, tabell 3.1.5.2 og figur 3.1.5.1). Stasjonen var dominert av den forurensingstolerante flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* (NSI-gruppe 3), og ble etter veileder 02:2013 (2015) klassifisert midt i tilstandsklasse II (god). Både arts- og individantallet var over det som regnes som normalt uberørte forhold (Veileder 02:2013).

**Tabell 3.1.5.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-5 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	1821	55
<i>Pholoe baltica</i>	3	222	6,7
<i>Diplocirrus glaucus</i>	2	106	3,2
<i>Thyasira sarsi</i>	4	87	2,6
<i>Capitella capitata</i>	5	84	2,5
<i>Chaetozone setosa</i>	4	83	2,5
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	72	2,2
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	58	1,8
<i>Amythasides macroglossus</i>	1	57	1,7
<i>Labidoplax buskii</i>	2	55	1,7
Øvrige arter	-	655	20



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

**Tabell 3.1.5.2** Resultater for KRÅ-5 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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».

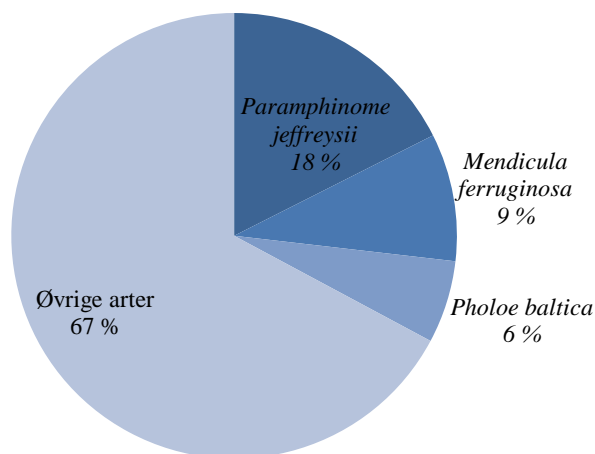
Indeks	Grabb 1	Grabb 2	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	86	117	101,5	130		
N	1383	1917	1650,0	3300		
NQ11	0,736	0,758	0,747	0,752	0,723	0,728
H'	3,403	3,273	3,338	3,387	0,638	0,643
J	0,530	0,476	0,503	0,482		
H'max	6,426	6,870	6,648	7,022		
ES100	24,470	25,660	25,065	25,560	0,695	0,701
ISI	8,739	9,326	9,032	9,461	0,746	0,787
NSI	21,042	21,701	21,371	21,424	0,655	0,657
DI	1,091	1,233	1,162	1,162		
		Tilstandsverdi	0,697		0,691	0,703

### 3.1.6 KRÅ-REF

Ved KRÅ-REF ble det registrert 917 individer fordelt på 108 arter (tabell 3.1.6.1, tabell 3.1.6.2 og figur 3.1.6.1). Ingen enkeltarter var nevneverdig dominerende ved stasjonen, og det ble registrert flere forurensingssensitive arter i høyt antall. Stasjonen ble etter veileder 02:2013 (2015) klassifisert til tilstandsklasse I (svært god).

**Tabell 3.1.6.1** De ti hyppigst forekommende artene ved KRÅ-REF oppgitt i antall og prosent, samt NSI-gruppe for de respektive artene. NSI-gruppe 1: forurensingssensitiv, gruppe 2: forureningsnøytral, gruppe 3: forureningsstolerant, gruppe 4: forureningsstolerant og opportunistisk, gruppe 5: forureningsindikerende. Celler merket med i.a. betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	161	18
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	85	9,3
<i>Pholoe baltica</i>	3	55	6,0
<i>Thyasira equalis</i>	3	44	4,8
<i>Amythasides macroglossus</i>	1	33	3,6
<i>Amphiura chiajei</i>	2	32	3,5
<i>Galathowenia oculata</i>	3	31	3,4
<i>Owenia borealis</i>	2	27	2,9
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	26	2,8
<i>Labidoplax buskii</i>	2	24	2,6
Øvrige arter	-	399	44



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

**Tabell 3.1.6.2** Resultater for KRÅ-REF fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individantall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	86	79	82,5	108		
N	354	563	458,5	917		
NQ11	0,841	0,800	0,821	0,821	0,802	0,802
H'	5,396	4,921	5,159	5,253	0,880	0,901
J	0,840	0,781	0,810	0,778		
H'max	6,426	6,304	6,365	6,755		
ES100	44,600	37,000	40,800	40,050	0,885	0,876
ISI	9,477	10,046	9,761	9,964	0,809	0,821
NSI	24,504	24,450	24,477	24,471	0,779	0,779
DI	0,499	0,701	0,600	0,600		
		Tilstandsverdi	0,833		0,831	0,836

### 3.1.7 Samlet nEQR resultat

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

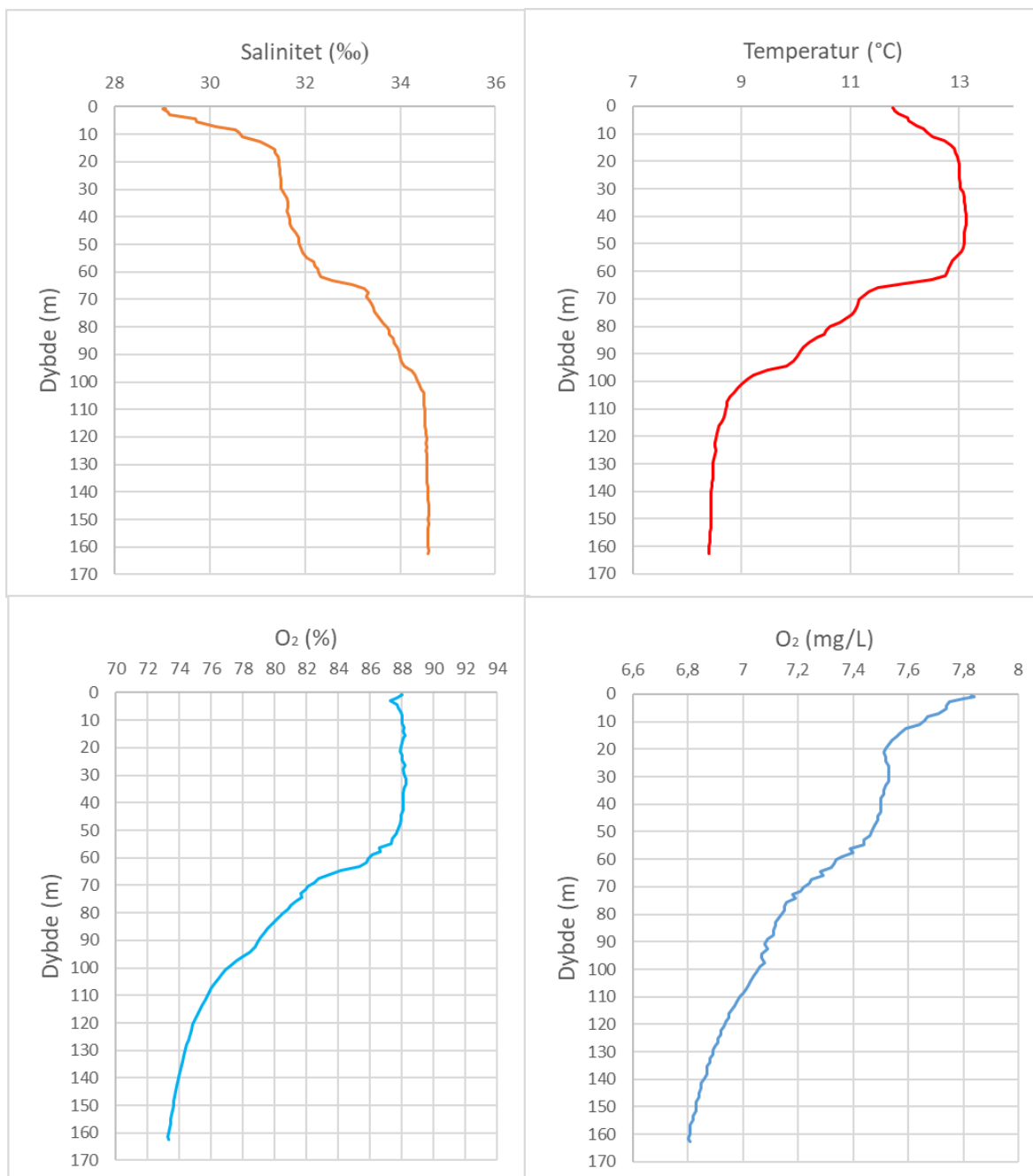
**Tabell 3.1.7.1** Stasjonsverdier ( $\check{S}$ ) og tilstandsklasse fra nEQR for stasjoner C2 og C3, C4 osv.

Stasjonsbeskrivelse	Stasjon	Stasjonsverdi	Tilstandsklasse
Ytterkant av overgangsstasjonen (C2)	KRÅ-2	0,786	II God
Overgangssonen (C3, C4 osv.)	KRÅ-3	0,666	III Moderat
	KRÅ-4	0,387	
	KRÅ-5	0,703	
	Gjennomsnitt Tilstandsverdi	0,585	



### 3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved KRÅ-2 (figur 3.2.1). Salinitet og temperatur indikerte et tydelig sjikt på rundt 65 meters dyp, som også gjenspeiles delvis i oksygenmålingene. Det er også noen indikasjoner på lagdelte vannmasser flere andre steder i vannsøylen. Både mengde og metning oksygen lå innenfor tilstandsklasse I (svært god) like over 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, bestod av sand og noe skjellsand eller silt. Sedimentet hadde fast konsistens ved alle stasjonene, og det ble kun registrert lukt av hydrogensulfid i anleggssonen. Samtlige grabbhugg 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
KRÅ-1	Type sediment	Hovedsakelig sand	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Noe	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	
KRÅ-2	Type sediment	Blanding av sand og skjellsand	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	
KRÅ-3	Type sediment	Blanding av sand og skjellsand	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	
KRÅ-4	Type sediment	Blanding av sand og skjellsand	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	
KRÅ-5	Type sediment	Blanding av sand og skjellsand med noe silt	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	
KRÅ-REF	Type sediment	Blanding av sand og silt med noe skjellsand	Alle huggene var akkreditert
	Farge	Lys	
	Lukt	Ingen	
	Konsistens	Fast	
	Organisk materiale	Ikke registrert	

### 3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at prøvene i hovedsak bestod av sand, med en liten del finstoff ved noen stasjoner (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 (%)
KRÅ-1	0,8	99	<1
KRÅ-2	3,7	94	2
KRÅ-3	2,2	93	5
KRÅ-4	7,1	92	<1
KRÅ-5	12	86	1
KRÅ-REF	15	82	2

### 3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og E<sub>h</sub> ble klassifisert med tilstand 1 (meget god) ved alle stasjonene (Tabell 3.3.3.1).

**Tabell 3.3.3.1** pH- og E<sub>h</sub>-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 <sub>h</sub>	pH/E <sub>h</sub> poeng	Tilstand
KRÅ-1	8,0	119	0	1
KRÅ-2	7,8	128	0	1
KRÅ-3	7,8	135	0	1
KRÅ-4	7,6	72	1	1
KRÅ-5	7,7	129	0	1
KRÅ-REF	7,8	139	0	1

Samtlige stasjoner hadde organisk karbon klassifisert til tilstandsklasse II (god), og sink ble også klassifisert til beste tilstandsklasse (bakgrunn). Mengde kobber var noe forhøyet i anleggssonen, der det ble klassifisert til tilstandsklasse II/III (god/moderat), mens de resterende stasjonene hadde kobber klassifisert til tilstandsklasse I (bakgrunn). Nivået av fosfor var høyest ved KRÅ-1, mens de resterende stasjonene lå på et jevnt nivå. Ingen stasjoner skilte seg signifikant ut med mengde nitrogen (tabell 3.3.3.2)

**Tabell 3.3.3.2** 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	nTOC	TK	N	C:N	P	Zn	TK	Cu	TK
KRÅ-1	3,0	25,1	II	1220	5,90	1500	44	I	28	II/III
KRÅ-2	3,7	25,1	II	1060	7,36	510	47	I	7,0	I
KRÅ-3	3,3	25,8	II	987	8,31	660	29	I	7,0	I
KRÅ-4	2,5	22,9	II	903	6,87	790	43	I	9,0	I
KRÅ-5	1,7	23,5	II	633	12,16	710	28	I	5,6	I
KRÅ-REF	2,0	20,2	II	820	5,85	610	17	I	4,8	I

### 3.4 Sammenligning med tidligere undersøkelser

#### 3.4.1 Sammenligning av klassifisering av bunnfauna

I anleggssonen har artsantallet økt noe og individantallet økt betraktelig siden 2011, men andelen *Capitella capitata* har holdt seg stabil. Stasjonene som representerer overgangssonen viste tilstand «god» eller «meget god» i begge undersøkelsene (tabell 3.4.1.1).

**Tabell 3.4.1.1** Sammenligning av bunnfauna. Verdier markert i kursiv er tatt med for sammenligningsgrunnlag, men har ikke inngått i vurdering av stasjonen i undersøkelsen. Verdiene er farget etter klassifisering. Ingen av klassifiseringene er oppdatert etter grenseverdier gjeldende pr. d.d.

Stasjon	Antall arter/individuer	Hyppest forekommende art	Miljøtilstand (NS9410)	H'	ES (100)	NQI1	Tilstand (iht. Veileder 02:2013)
KRÅ-1 2017	23/~4300	<i>Capitella capitata</i> (~96 %)	3 Dårlig				
St. 1 2011	14/412	<i>Capitella capitata</i> (96 %)	3 Dårlig				
KRÅ-2 2017	85/1293	<i>Paramphinoe jeffreysii</i> (29 %)		4,844	37,59	0,772	II God
KRÅ-3 2017	70/683	<i>Capitella capitata</i> (19 %)		4,499	30,43	0,661	II God
St. 2 2011	86/323	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>		5,18	44,0	0,82	

### 3.4.2 Sammenligning av sediment – sensoriske vurderinger

I anleggssonen i 2017 var det noe lukt av hydrogensulfid i sedimentet, som ikke var til stede i 2014 (tabell 3.4.2.1).

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

Stasjon	Dyp (m)	Farge	Lukt	Finstoff (%)	Sedimentbeskrivelse
KRÅ-1 2017	45	Lys	Noe	0,8	Sand
St. 1 2011	46	Lys	Ingen	0,2	Sand og grus
KRÅ-2 2017	184	Lys	Ingen	3,7	Sand og skjellsand
KRÅ-3 2017	99	Lys	Ingen	2,2	Sand og skjellsand
St. 2 2011	179	Lys	Ingen	12,1	Sand og silt

### 3.4.3 Sammenligning av kjemiske parametere

Mengde organisk karbon har gått ned siden 2011, der nTOC ved KRÅ-1 har gått fra tilstandsklasse III (moderat) til tilstandsklasse II (god), og fra tilstandsklasse V (svært dårlig) til II (god) i overgangssonen. pH/Eh har også endret miljøtilstand fra 2 (god) til 1 (meget god) ved KRÅ-1 (tabell 3.4.3.1).

**Tabell 3.4.3.1** Sammenligning av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS), inkludert pH og E<sub>h</sub>. Tilstandsklasser (TK) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke et. al, 2007) for sink (Zn; mg/kg TS), kobber (Cu; mg/kg TS) og normalisert TOC (nTOC; mg/g). Fosfor (P; mg/kg TS) har ikke tilstandsklasse. Manglende data er merket med i.a., pH og Eh er oppgitt med tilhørende klassifisering (MT = miljøtilstand)

Stasjon	nTOC	TK	pH/E <sub>h</sub>	MT	P	Zn	TK	Cu	TK
KRÅ-1 2017	25,1	II	8,0/119	1	1500	44	I	28	II/III
St. 1 2011	33,96	III	7,5/-72	2	1320	20,6	I	33,2	I*
KRÅ-2 2017	25,1	II	7,8/128	1	510	47	I	7,0	I
KRÅ-3 2017	25,8	II	7,8/135	1	660	29	I	7,0	I
St. 2 2011	52,81	V	7,6/4	1	714	20,0	I	9,24	I

\*Klassegrensene har endret seg siden forrige undersøkelse, og ville blitt klassifisert til tilstandsklasse II/III etter dagens standard

### 3.5 ASC-undersøkelse

Resultatene for undersøkte kriterier viste tilstand «Akseptabel» for samtlige stasjoner i henhold til krav fastsatt i ASC-standard (Tabell 3.5.1).

**Tabell 3.5.1** Resultat for redokspotensial (E<sub>h</sub>), Shannon-Wiener faunaindeks (H') eller AMBI for fauna utenfor AZE (U-AZE), antall makrofauna taxa over 100 individer per m<sup>2</sup> (i-AZE), Antall ikke-forurensingsindikatorer som er likt eller flere i forhold til referansestasjonen (Ref.\*) og mengde kobber (Cu) på lokaliteten. Tilstandsklasse etter krav i ASC-standard; A = Akseptabel, IA = Ikke Akseptabel, i.a = ikke analysert (STF 97:03, veileder 02:2013, ASC Salmon Standard, 2012).

Stasjon	E <sub>h</sub>		Fauna U-AZE		Fauna i-AZE		Cu	
	Millivolt (mV)	TK	Verdi	TK	Antall	TK	mg/kg	TK
KRÅ-1					11*	A		
KRÅ-2	128	A	4,844	A			7,0	A
KRÅ-3	135	A	4,499	A			7,0	A
KRÅ-4					4	A		
KRÅ-5	129	A	3,387	A			5,6	A
KRÅ-REF	139	A	5,253	A			4,8	A

\*Etter sammenligning med referansestasjon

## 4 Diskusjon

### 4.1 C-undersøkelse

#### 4.1.1 Inneværende undersøkelse

Undersøkelsen viste varierende forhold i overgangssonen. KRÅ-2 i ytterkant av overgangssonen virket å være tilnærmet upåvirket med høy diversitet og flere forurensingssensitive arter forekommende i høyt antall. Ved KRÅ-5 var diversiteten også høy, likevel kan dominansen av den forurensingstolerante arten *Paramphinome jeffreysii* samt det svært høye individantallet kan tyde på en gjødslingseffekt, men samfunnet virker fortsatt bærekraftig. For øvrig var *P. jeffreysii* hyppig forekommende i hele undersøkelsesområdet, inkludert ved referansestasjonen. KRÅ-3 viste tydeligere tegn på organisk påvirkning, der hyppigst forekommende art var den forurensingsindikerende arten *Capitella capitata*, og KRÅ-4 i innerkant av overgangssonen viste stor påvirkning, med en tydelig dominans av *C. capitata*. Stasjonen i anleggssonen viste ikke uventet den høyeste graden av påvirkning, og ble klassifisert til miljøtilstand 3 (dårlig). De kjemiske støtteparameterne viste jevnt gode forhold, med noe forhøyet fosfor og kobber i anleggssonen. Totalt sett viser undersøkelsen at den eneste stasjonen uten tegn til organisk påvirkning var KRÅ-2 i ytterkant av overgangssonen, mens de andre stasjonene viste varierende grad av påvirkning.

Referansestasjonen KRÅ-REF viste ingen indikasjoner på organisk påvirkning. Faunasammensetningen var forholdsvis lik som i overgangssonen, med blant annet samme hyppigst forekommende art som KRÅ-2 og KRÅ-5. Heller ikke med de kjemiske parameterne eller sedimentkarakteristikk skilte stasjonen seg nevneverdig ut. Totalt sett virker stasjonen å representere overgangssonen tilfredsstillende.

#### 4.1.2 Sammenligning med tidligere undersøkelse

Faunasammensetningen virker å ha holdt seg ganske stabil mellom undersøkelsene, med lik grad påvirkning i anleggssonen. Forskjellig stasjonsplassering i overgangssonen, grunnet revisjon av NS9410 i 2016, kan man ikke sammenligne stasjonene i overgangssonen direkte. På generelt grunnlag har ikke de beregnede økologiske indeksene endret seg nevneverdig i overgangssonen, selv om artssammensetningen er noe forskjellig tyder det ikke på store forandringer i området mellom undersøkelsene. Sammenligningen viser også mindre organisk karbon i sedimentet i 2017 enn i 2011. Totalt virker forholdene å ligge stabilt på høy påvirkning i anleggssonen, og noen registrerte forskjeller i overgangssonen, men dette skyldes nok i større grad meget forskjellig stasjonsplassering.

### 4.2 ASC-undersøkelse

Samtlige undersøkte parametere viste tilstand «akseptabel» ved alle stasjonene. For KRÅ-1, innenfor AZE, måtte fauna sammenlignes med referansestasjonen for å bli godkjent. AZE-sonen virker å være godt anslått, der KRÅ-4 plassert omtrent halvveis ut til ytterkanten av AZE-



sonen viste også en Shannon-Wiener indeks omtrent halvveis til å bli godkjent som utenfor AZE.

## 5 Litteraturliste

- ASC Salmon Standard (2017). ASC Salmon Standard version 1.1. Aquaculture Stewardship Council, hentet 01.08.17 fra [https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Standard\\_v1.1.pdf](https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Standard_v1.1.pdf)
- ASC Salmon Standard Audit Manual (2017). ASC Salmon Standard Audit Manual V1.1, hentet 01.08.17 fra [https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Audit-Manual\\_v1.1-1.pdf](https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2017/07/ASC-Salmon-Audit-Manual_v1.1-1.pdf)
- 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
- Fiskeridirektoratet (2018) Fiskeridirektoratets kartløsning, hentet 15.02.2018 fra <http://kart.fiskeridir.no/default.aspx?gui=1&lang=2#>
- 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://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
- Humberset SO. (2013). *Strømmåling; Kråknes. Fiske-Liv AS*.
- Humberset SO, Larsen SV. (2013). MOM C undersøkelsen (NS9410); Kråknes. *Fiske-Liv AS: 31 pp.*
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. (1997). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- NS 4764 (1980). Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Norges standardiseringsforbund.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge.

- NS-EN ISO 16665 (2014). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). Standard Norge
- Pearson TH, Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. (1983). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. (1966). The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B. & Nordling K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA-rapport 6475-2013.
- Rygg B, 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 vanddirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Veileder M-608 (2016). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Miljødirektoratet.

## 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 Narmo Hammervold	Versjon: 9.00	Gjelder fra: 05.07.2017	Sidene: 1 av 2								
Kunde	M+H				Lokalitet/P.nr	Kråknes						
Dato	12.10.17				Toktleder	DS						
Prøvetaking	START: 10 <sup>00</sup> SLUTT:				Alt Personell							
Vær	OL				Sjøtemperatur	11,9°C						
Utsyr ID / Kalibrering	ÅM Grab; 0002	ÅM Sil; 0007	ÅM Eh; 0011	ÅM pH; 0011	pH- kalibrering: 7,0	Sjø; Eh: 154 pH: 8,0						
Stasjon nr/navn	1 KRÅ1 (C1)		2 KRÅ2 (C2)		3 KRÅ3 (C3)							
Posisjon N / Ø	62 49 774 16 57 722		62 49 746 16 58 124		62 49 674 16 57 908							
Dybde (meter)	45		184		99							
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Antall forsøk	2	1	1		1	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		
Volum (cm)	9	9	8		5	4	5		8	6	6	
Antall flasker	3	3	2		4	4	2		2	2	2	
pH	8,0	-	-		7,8	-	-		7,8	-	-	
Eh (mV)	119	-	-		128	-	-		135	-	-	
Sediment	Skjellsand				2	2			2	2		
	Sand	1	1		1	1			1	1		
	Mudder											
	Silt											
	Leire											
Farge	Lys/Grå (0)	0	0		0	0			0	0		
	Brun/Sort (2)											
Lukt	Ingen (0)				0	0			0	0		
	Noe (2)	2	2									
	Sterk (4)											
Kons	Fast (0)	0	0		0	0			0	0		
	Myk (2)											
	Løs (4)											
Merknader / avvik:					CTD ucd KRÅ2							
Desinfeksjon av prøvetakingsutstyr	Des. middel	Virucid		Konsentrasjon /virketid	1% / 1 time		Dato/sign.	12.10.17				
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna				Signatur:								

				Dok.id.: B.5.5.6	
<b>Feltskjema / feltlogg C-undersøkelser</b>				Skjema	
Utarbeidet av: AK / ANH		Godkjent av: Anette Narmo Hammervold		Versjon: 9.00	Gjelder fra: 05.07.2017
				Sidentr: 1 av 2	

<b>Kunde</b>	MHN				<b>Lokalitet/P.nr</b>	Kråknes						
<b>Dato</b>	17.10.17				<b>Toktleder</b>	DS						
<b>Prøvetaking</b>	START: 10 <sup>00</sup> SLUTT:				<b>Alt Personell</b>							
<b>Vær</b>					<b>Sjøtemperatur</b>	11,9 °C						
<b>Utsyr ID / Kalibrering</b>	Grab;	Sil;	Eh;	pH:	pH- kalibrering:	Sjø; Eh:	pH:					
<b>Stasjon nr/navn</b>	1 KRÅ 4 (C4)				2 KRÅ 5 (C5)				3 KRÅ 6 (C6)			
<b>Posisjon N / Ø</b>	62 49 425 1657 884				62 50 000 1657 863				62 48 425 1657 884			
<b>Dybde (meter)</b>	114				135				195			
<b>Hugg nr</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Antall forsøk</b>	1	1	1		1	1	1		1	1		
<b>Akkreditert hugg overflate (ja/nei)</b>	JA	JA	JA		JA	JA	JA		JA	JA		
<b>Akkreditert hugg volum (ja/nei)</b>	JA	JA	JA		JA	JA	JA		JA	JA		
<b>Volum (cm)</b>	10	6	6		6	5	5		5	4		
<b>Antall flasker</b>	1	1	2		1	2	2		1	1	2	
<b>pH</b>	7,6	-	-		7,7	-	-		7,8	-		
<b>Eh (mV)</b>	72	-	-		129	-	-		139	-		
<b>Sediment</b>	Skjellsand	2	2		2	2			3	3		
	Sand	1	1		1	1			1	2		
	Mudder											
	Silt				3	3			2	1		
	Leire											
<b>Farge</b>	Steinbunn											
	Lys/Grå (0)	0	0		0	0			0	0		
<b>Lukt</b>	Brun/Sort (2)											
	Ingen (0)	0	0		0	0			0	0		
<b>Kons</b>	Noe (2)											
	Sterk (4)											
<b>Merknader / avvik:</b>	Fast (0)	0	0		0	0			0	0		
	Myk (2)											
<b>Desinfeksjon av prøvetakingsutstyr</b>	Løs (4)											
	Des. middel											
<b>Konsentrasjon /virketid</b>												
<b>Dato/sign.</b>												
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna												
felles referanse med Aukrasanden												

## Vedlegg 2 - Analysebevis



Avdeling Namdal

 Åkerblå AS  
 Nordfroyveien 413  
 7260 SÍSTRANDA

 Dato: 12.12.2017  
 Prøve ID: N2017-10410  
 ver 1
Gjelder: **Kråknes**

## ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 01.11.17

Analyseperiode: 02.11.17 - 12.12.17

Prøvetaker: Oppdragsgiver

2017-10410-1

**Sedimenter fra saltvann**

Sted: KRÅ-1

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Tatt ut: 17.10.17

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	28	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	44	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	1500	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1220	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	7200	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	25,1	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	64	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,0	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	0,8	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	99	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2017-10410-2

**Sedimenter fra saltvann**

Sted: KRÅ-2

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Tatt ut: 17.10.17

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	7,0	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	47	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	510	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	1060	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	7800	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	25,1	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	57	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,7	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	3,7	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	94	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	2	%

2017-10410-3

**Sedimenter fra saltvann**

Sted: KRÅ-3

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Tatt ut: 17.10.17

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	7,0	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	29	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	660	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	987	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	8200	mg/kg TS

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

Målesikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.

Side 1 av 3

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

Postadresse

Postboks 433  
7801 NamsosE-mail: namdal@kystlabprebio.no  
www.kystlabprebio.no

Telefon

74 21 24 40

Org.nr:

NO: 986 208 933 MVA

Dato: 12.12.2017  
 Prøve ID: N2017-10410  
 ver 1

•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	25,8	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	57	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	3,3	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	2,2	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	93	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	5	%

2017-10410-4 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 17.10.17  
 Sted: KRA-4

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	9,0	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	43	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	790	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	903	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	6200	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	22,9	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	62	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	2,5	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	7,1	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	92	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	<1	%

2017-10410-5 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 17.10.17  
 Sted: KRA-5

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	5,6	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	28	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	710	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	633	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	7700	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	23,5	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	67	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	1,7	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	12	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	86	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	1	%

2017-10410-6 **Sedimenter fra saltvann** Tatt ut: 17.10.17  
 Sted: KRA-6

Referanse: ASC Kråknes 17.10.2017

Parameter	Metode	Resultat	Enhet
Kobber	Intern /ISO 17294-2	4,8	mg/kg TS
Sink	Intern /ISO 17294-2	17	mg/kg TS
Fosfor	Intern /ISO 17294-2	610	mg/kg TS
Kjeldahl-Nitrogen	INTERN METODE	820	mg N/kg TS
Totalt organisk karbon, TOC	4) ISO10694mod./EN13137A	4800	mg/kg TS
•Normalisert TOC, TOC63	Beregnet	20,2	mg/g TS
Tørrestoff 105°C	NS 4764	67	g/100g
Organisk stoff, glødetap	NS 4764	2,0	% av TS
•Finstoff (<63µ)	DIN 18123	15	%
•Sand (63-2000 µm)	DIN 18123	82	%
•Grus (>2000 µm)	DIN 18123	2	%

\*) Laboratoriet er ikke akkreditert for denne analysen

< betyr: Mindre enn

4) Analysen er utført ved Fjellab.

Laboratoriet er ikke akkreditert for prøvetaking eller vurdering og fortolkning av prøveresultater.  
 Målesikkerhet fåes ved henvendelse laboratoriet.

Side 2 av 3

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

Postboks

433  
7801 Namssø

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

Telefon:

74 21 24 40

Organ:

NO: 986 208 933 MVA

Dato: 12.12.2017  
Prøve ID: N2017-10410  
ver 1

Med hilsen Kystlab-PreBIO AS



Johan Ahlin  
Avdelingsleder Namdal

Kopi til  
Arild (E-mail)  
Dag Slettebø (E-mail)

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

Side 3 av 3

Postadresse  
Postboks 433  
7801 Namsos

E-mail: [namdai@kystlabprebio.no](mailto:namdai@kystlabprebio.no)  
[www.kystlabprebio.no](http://www.kystlabprebio.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 forurensete forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkere (Benevnelse - forurensingssensitive).

**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 flerbørstemarkere (Benevnelse - forurensingstolerante).

**Gruppe 4** – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkere; «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

## 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 sensitivetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivetsverdi (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 sensitivetsverdi (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 sensitivetsverdier.

Sensitivetsindeksen 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

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

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

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

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

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

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

#### V4.3 Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både 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.2).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

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

## 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). Siden antallet av den dominerende arten var estimert i den ene grabben, vil det være en del usikkerhet i de beregnede indeksene.

**Tabell V5.1** Resultater for KRÅ-1 fra grabb 1 og grabb 2; arts- og individtall for hver enkelt grabb, samt gjennomsnitt ( $\bar{G}$ ) og stasjonsverdi ( $\check{S}$ ), 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 viser 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	$\bar{G}$	$\check{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\check{S}$
S	15	20	17,5	23		
N	2213	~2100	~2150	~4300		
NQI1	0,319	0,350	0,334	0,349	0,227	0,243
H'	0,249	0,464	0,357	0,362	0,079	0,080
J	0,064	0,107	0,086	0,080		
H'max	3,907	4,322	4,114	4,524		
ES100	3,086	4,398	3,742	3,792	0,150	0,152
ISI	6,178	5,439	5,808	5,812	0,354	0,354
NSI	7,131	7,363	7,247	7,244	0,145	0,145
DI	1,295	1,276	1,285	1,285		
		Tilstandsverdi	0,193		0,191	0,195

## Vedlegg 6 - Referansetilstander

Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (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 <sub>100</sub>	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 II	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 <sub>2</sub> innhold*	mg O <sub>2</sub> /l	>6,39	6,39-4,97	4,97-3,55	3,55-2,13	<2,13
	O <sub>2</sub> 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

\* Regnet fra ml O<sub>2</sub>/L til mg O<sub>2</sub>/L hvor omregningsfaktoren til mg O<sub>2</sub>/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).

Miljøtilstand	Krav
1 - Meget god	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup> . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . 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 <sup>2</sup> .
4 - Meget dårlig	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .



## Vedlegg 7 - Artsliste

Artsliste med NSI-verdier for all fauna funnet ved Kråknes (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	NS I	St1 gr1	St1 gr2	St6 gr1	St6 gr2	St3 gr1	St3 gr2	St4 gr1	St4 gr2	St5 gr1	St5 gr2	REF gr1	REF gr2
Abyssoninoe hibernica	1			2	6							2	6
Ampharete octocirrata	1			3	4							3	4
Ampharete sp.	1			4	2					1	3	4	2
Ampharetidae	1				1								1
Amphictene auricoma	2			1	1					2	8	1	1
Amythasides macroglossus	1			6	27					11	46	6	27
Aonides paucibranchiata	1										1		
Aphelochaeta filiformis							1						
Aphelochaeta sp.	2			2	2				1	1	4	2	2
Aphrodita aculeata	1										1		
Arenicola marina		1	1			2		1					
Brada villosa	2									1			
Capitella capitata	5	2155	2000	2		98	33	559	896	49	35	2	
Caulleriella bioculata		2	2										
Ceratocephale loveni	3				1								1
Chaetozone setosa	4			6	10	3	3	8	4	49	34	6	10
Chone duneri	1										1		
Cirratulidae	4									1			
Cirratulus cirratus	4					7	6						
Diplocirrus glaucus	2		1	6	10					56	50	6	10
Dorvilleidae	3					1				1			
Drilonereis filum	2									1			
Eclysippe vanelli	1			1	2						2	1	2
Eteone flava	4			1								1	
Eteone longa	4	4	8			1	1						
Euchone sp.	2				2								2
Euclymeninae	1										1		
Eulalia viridis											1		
Exogone naidina	1					2	2				1		
Galathowenia oculata	3		1	15	16	10	3			24	30	15	16

Glycera alba	2		1	1		2	1	7	5	5	2	1	
Glycera lapidum	1			3		1	1			9	2	3	
Glycinde nordmanni	1									1	1		
Goniada maculata	2			7	10	6	4	3			6	7	10
Hauchiella tribullata	1									1			
Hypereteone foliosa											1		
Isocirrus planiceps					3								3
Jasmineira caudata	2										1		
Jasmineira sp.	2			1	1	9	9			5	3	1	1
Lagis koreni	4					5	5			7	13		
Laonice sarsi	1			3	3							3	3
Leaena ebranchiata										1			
Levinsenia gracilis	2			4	7					2		4	7
Lumbrineridae	2			1			3				6	1	
Lysippe fragilis				2							1	2	
Malacoceros fuliginosus	5	8	6						6	1			
Mediomastus fragilis	4					51	19	2		4	3		
Melinna albicincta											1		
Melinna elisabethae	2										2		
Myriochele heeri	3					6							
Myriochele sp.	2			2	3					10	9	2	3
Nephtys hombergii	2					1	2		3		2		
Nephtys hystricis	2				2								2
Nephtys sp.	2			2								2	
Nothria conchylega	1			1	10					5	9	1	10
Notomastus latericeus	1			5	4	2	1			1	5	5	4
Ophelina acuminata	2							1		1	1		
Ophelina sp.	3									7	11		
Ophryotrocha sp.	4	23	54			13	9	24	91	1	16		
Owenia borealis	2			9	18	2	5			4	2	9	18
Oxydromus flexuosus	3					1	1						
Paradoneis lyra	2				1	1	3	1		2	9		1
Paramphinome jeffreysii	3			35	126	13	1	295	259	712	1109	35	126
Paramphitrite tetrabanchia	1						2				1		
Parexogone hebes	1				2	2		6	6	6	6		2
Pherusa flabellata											1		
Pholoe baltica	3	1		23	32	52	48	9	14	107	115	23	32
Pholoe inornata	3						2			2	1		
Pholoe pallida	1			3							14	3	
Phyllodoce groenlandica	3					5	1				2		
Phyllodoce mucosa	5	1	1			1	3		1				

Pista mediterranea	2			4	4					4	7	4	4
Polycirrus medusa	1									1	2		
Polydora sp.	4			2	1							2	1
Polynoidae	2			2	3	1						2	3
Praxillella affinis	1			2	1					3	5	2	1
Praxillella praetermissa	2			1							2	1	
Praxillura longissima	1				1								1
Prionospio cirrifera	3			6	20	18	12	6	7	31	27	6	20
Prionospio dubia	1			4	10							4	10
Prionospio fallax	2	1	4	3	6		1			3	2	3	6
Proclea graffii	2									4			
Pseudopolydora paucibranchiata	4			1							2	1	
Sabellidae	2			6	4						3	6	4
Samytha sexcirrata	1			1	2							1	2
Scalibregma inflatum	3									1	2		
Scolecipis korsuni	1				1								1
Scolecipis sp.	1			1								1	
Scoloplos armiger	3	3	6			28	13	4		2	2		
Siboglinidae	1			1	1						1	1	1
Sige fusigera	3					1	1						
Sosane sulcata	1										1		
Sosane wahrbergi	2									1	1		
Sosane wireni	1			1	2							1	2
Sphaerodorum gracilis	2			1	1					1	1	1	1
Spio filicornis	3							2	1	1	1		
Spiophanes bombyx	2					7	3	1	1		1		
Spiophanes kroyeri	3			2	3						1	2	3
Spiophanes wigleyi	1				1					1	4		1
Sthenelais limicola	1					1	1						
Streblosoma intestinale	1			1						1	1	1	
Syllis cornuta	3					4							
Terebellides cf. stroemii	2			1	2					3	2	1	2
Tharyx killariensis	2			1	2					3	3	1	2
Travisia forbesii						1							
Trichobranthus roseus	1			1						1	1	1	
Oligochaeta	5					1				1	4		
Abra nitida	3			6	7					2	2	6	7
Abra prismatica	1					1							
Adontorhina similis	2			16	6					16	7	16	6
Axinulus croulinensis	1			4								4	
Ennucula tenuis	2				2								2

Kelliella miliaris	3				1					1		1
Kurtiella bidentata	4								4	2		
Lucinoma borealis	1					1						
Mendicula ferruginosa	1			46	39				35	37	46	39
Mya sp.	3									1		
Myrtea spinifera	2						2	4	10	2	8	
Phaxas pellucidus	2						1					
Thyasira equalis	3			14	30					1	14	30
Thyasira flexuosa	3			3	2	9	9	1	2	5	3	2
Thyasira obsoleta	1			1	3					2	1	3
Thyasira sarsi	4		1	1		26	21	28	32	51	36	1
Timoclea ovata	1										1	
Yoldiella lenticula	3									5	3	
Yoldiella nana	3										1	
Gastropoda	1	1										
Cylichna cylindracea	2			1	1					1	5	1
Eulimidae										1	2	
Euspira montagui	2			1		3				5	6	1
Euspira nitida	2		1			1			2	1	1	
Hermania sp.	2			1	6				4	5	15	1
Odostomia sp.											1	
Philinidae	2	1	2									
Retusa umbilicata	4			2						8	4	2
Antalis entalis	1			3	5				1	12	3	3
Entalina tetragona	1				1						1	1
Pulsellum lofotense											6	
Caudofoveata	2			2	3					2	4	2
Falcidens crossotus									1	8	9	
Scutopus ventrolineatus	2			1	1					1	1	1
Neomenia carinata											1	
Ampelisca sp.	1			1	1							1
Aora typica							5					
Caprellidae						1	4				1	
Dyopedos porrectus							1					
Eriopisa elongata	2				1							1
Harpinia sp.	3			4	5					2	1	4
Lysianassidae	1			1							1	1
Paraphoxus oculatus	2									1	1	
Unciola planipes				1								1
Westwoodilla caecula	1			1								1
Campylaspis costata	1				1							1
Campylaspis glabra				1								1

Campylaspis verrucosa				1							1	
Diastylis cornuta	1			2	3						2	3
Diastylis goodsiri							1					
Diastylis sp.	1			1							1	
Eudorella sp.	1			2	2						2	2
Paguridae	1							1		1		
Gnathia oxyuraea	1			1							1	
Tanaidacea	1				1				1			1
Asterope mariae	1			1						1	1	
Pycnogonida	1								1			
Ophiuroidea	2								1			
Amphiura chiajei	2			7	25				4	23	7	25
Amphiura filiformis	3			15	8	1	3		12	22	15	8
Ophiopholis aculeata	1					3						
Ophiura carnea				2	3				3	2	2	3
Echinocardium cordatum	2					1						
Echinocardium flavescens	1			1							1	
Echinocucumis hispida	1				1					1		1
Labidoplax buskii	2			7	17	3	2		21	34	7	17
Leptosynapta bergensis									3	3		
Leptosynapta decaria							1					
Leptosynapta sp.	2					2						
Pseudothyone raphanus					3							3
Thyone fusus					2							2
Ascidacea	1						1					
Cerianthus lloydii	3		1	1		2					1	
Edwardsiidae	2	1	2			2						
Paraedwardsia arenaria	3			1	1				3	1	1	1
Nemertea	3		2	1	1	3				1	1	1
Phoronis muelleri	2				1							1
Turbellaria	1									1		
Sipuncula	2			1					1	3	1	
Golfingia sp.	2				1				1	1		1
Onchnesoma steenstrupii	1			5	7					1	5	7
Phascolion strombus strombus	2				1	4	2	2	5	4	1	1
Tubificoides benedii		10	23			1		6				
Branchiomma sp.						1						
Prionospio plumosa						1						
Nemertea 2	3	1					2		5	2		

Nemertea 3	3		1			1							
Nototropis sp.						1							
Onchidorididae						1							
Sphaerodoropsis baltica									1	1			
Neoamphitrite affinis				1								1	
Pyrgiscus crenatus										3			
Calanoida								2	1				x
Bryozoa		x				x			x	x	x		
Nematoda		~500	~500	x	x	~100	x	x	x	x	x	x	x

### Vedlegg 8 – CTD rådata

Rådata fra CTD-undersøkelsen ved er presentert fra overflaten til like over bunnen ved KRÅ-2 (Tabell V8.1).

Tabell V8.1 CTD data fra Kråknes

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	00.00.00
29,1	11,8	87,9	7,83	0,6	12:25:39
29,0	11,8	88,1	7,84	0,8	12:25:41
29,1	11,8	87,7	7,80	1,7	12:25:43
29,2	11,9	87,3	7,75	2,8	12:25:45
29,7	12,1	87,7	7,74	4,4	12:25:47
29,7	12,1	87,8	7,74	5,4	12:25:49
30,2	12,2	88,0	7,71	7,2	12:25:51
30,5	12,3	88,0	7,67	8,2	12:25:53
30,6	12,4	88,0	7,66	9,5	12:25:55
30,7	12,5	88,0	7,64	11,0	12:25:57
31,1	12,7	88,1	7,59	12,6	12:25:59
31,2	12,9	88,1	7,57	14,2	12:26:01
31,4	12,9	88,2	7,56	15,5	12:26:03
31,4	12,9	88,1	7,54	16,7	12:26:05
31,4	13,0	88,1	7,53	18,2	12:26:07
31,5	13,0	88,0	7,52	19,6	12:26:09
31,5	13,0	87,9	7,51	21,2	12:26:11
31,5	13,0	88,0	7,52	22,8	12:26:13
31,5	13,0	88,0	7,52	24,4	12:26:15
31,5	13,0	88,2	7,53	26,2	12:26:17
31,5	13,0	88,1	7,53	27,9	12:26:19
31,5	13,0	88,1	7,53	29,7	12:26:21
31,6	13,1	88,2	7,53	31,5	12:26:23
31,6	13,1	88,3	7,52	33,2	12:26:25
31,6	13,1	88,2	7,51	34,8	12:26:27
31,6	13,1	88,1	7,51	36,4	12:26:29
31,6	13,1	88,1	7,50	37,9	12:26:31
31,7	13,1	88,1	7,50	39,6	12:26:33
31,7	13,1	88,1	7,50	41,3	12:26:35
31,7	13,1	88,1	7,50	42,7	12:26:37
31,7	13,1	88,0	7,49	44,2	12:26:39
31,8	13,1	88,0	7,49	45,8	12:26:41
31,9	13,1	87,9	7,48	47,6	12:26:43
31,9	13,1	87,8	7,47	49,5	12:26:45
31,9	13,1	87,7	7,46	51,4	12:26:47
32,0	13,0	87,4	7,44	53,1	12:26:49
32,0	13,0	87,3	7,44	54,8	12:26:51
32,2	12,9	86,6	7,39	56,3	12:26:53

32,2	12,8	86,7	7,40	57,6	12:26:55
32,3	12,8	86,2	7,36	58,9	12:26:57
32,3	12,8	85,9	7,34	60,3	12:26:59
32,3	12,7	85,8	7,33	61,7	12:27:01
32,6	12,5	85,3	7,32	63,2	12:27:03
33,0	12,0	84,1	7,28	64,6	12:27:05
33,3	11,5	83,4	7,29	66,0	12:27:07
33,3	11,3	82,8	7,25	67,5	12:27:09
33,3	11,3	82,5	7,24	68,9	12:27:11
33,4	11,2	82,1	7,22	70,2	12:27:13
33,4	11,1	82,0	7,21	71,5	12:27:15
33,4	11,1	81,7	7,18	72,8	12:27:17
33,5	11,1	81,7	7,19	74,3	12:27:19
33,5	11,0	81,4	7,16	75,7	12:27:21
33,6	10,9	81,0	7,15	77,2	12:27:23
33,6	10,8	80,8	7,15	78,6	12:27:25
33,7	10,6	80,5	7,14	80,1	12:27:27
33,8	10,6	80,3	7,13	81,4	12:27:29
33,8	10,5	80,1	7,12	82,8	12:27:31
33,9	10,4	79,8	7,12	84,0	12:27:33
33,9	10,3	79,5	7,11	85,8	12:27:35
33,9	10,1	79,3	7,11	87,4	12:27:37
34,0	10,1	79,1	7,09	89,2	12:27:39
34,0	10,0	78,9	7,08	90,9	12:27:41
34,0	10,0	78,8	7,09	92,6	12:27:43
34,1	9,8	78,5	7,07	94,3	12:27:45
34,2	9,5	77,9	7,07	96,0	12:27:47
34,3	9,2	77,6	7,08	97,6	12:27:49
34,4	9,1	77,2	7,06	99,2	12:27:51
34,4	9,0	76,9	7,05	100,9	12:27:53
34,4	8,9	76,7	7,04	102,5	12:27:55
34,5	8,9	76,4	7,03	104,1	12:27:57
34,5	8,8	76,2	7,02	105,7	12:27:59
34,5	8,7	76,0	7,01	107,3	12:28:01
34,5	8,7	75,9	7,00	108,7	12:28:03
34,5	8,7	75,8	6,99	110,1	12:28:05
34,5	8,7	75,6	6,98	111,6	12:28:07
34,5	8,7	75,5	6,97	113,2	12:28:09
34,5	8,6	75,3	6,96	114,7	12:28:11
34,5	8,6	75,2	6,95	116,2	12:28:13
34,5	8,6	75,1	6,95	117,6	12:28:15
34,5	8,6	74,9	6,94	119,1	12:28:17
34,6	8,5	74,8	6,93	120,7	12:28:19
34,6	8,5	74,7	6,92	122,3	12:28:21
34,6	8,5	74,7	6,92	123,7	12:28:23
34,6	8,5	74,6	6,91	125,1	12:28:25

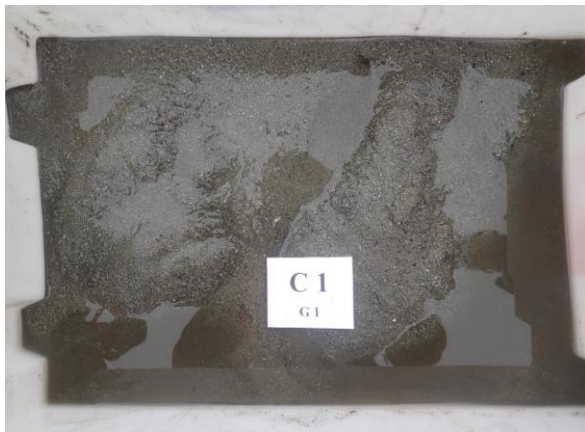


34,6	8,5	74,6	6,91	126,4	12:28:27
34,6	8,5	74,5	6,90	127,9	12:28:29
34,6	8,5	74,4	6,89	129,3	12:28:31
34,6	8,5	74,3	6,89	130,8	12:28:33
34,6	8,5	74,2	6,88	132,3	12:28:35
34,6	8,5	74,2	6,88	133,8	12:28:37
34,6	8,5	74,1	6,87	135,3	12:28:39
34,6	8,5	74,1	6,87	136,8	12:28:41
34,6	8,5	74,0	6,87	138,3	12:28:43
34,6	8,4	73,9	6,86	139,8	12:28:45
34,6	8,4	73,9	6,85	141,4	12:28:47
34,6	8,4	73,8	6,85	143,1	12:28:49
34,6	8,4	73,8	6,84	144,8	12:28:51
34,6	8,4	73,7	6,84	146,5	12:28:53
34,6	8,4	73,6	6,83	148,2	12:28:55
34,6	8,4	73,6	6,83	149,9	12:28:57
34,6	8,4	73,6	6,83	151,6	12:28:59
34,6	8,4	73,5	6,82	153,2	12:29:01
34,6	8,4	73,5	6,82	154,9	12:29:03
34,6	8,4	73,4	6,81	156,5	12:29:05
34,6	8,4	73,4	6,81	158,2	12:29:07
34,6	8,4	73,3	6,81	159,8	12:29:09
34,6	8,4	73,3	6,80	161,4	12:29:11
34,6	8,4	73,3	6,81	162,6	12:29:13

---

## 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 – V9.3).



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



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



**Figur V9.3** Sediment før vask. C5 indikerer KRÅ-5 og C6 indikerer referansestasjonen KRÅ-REF.