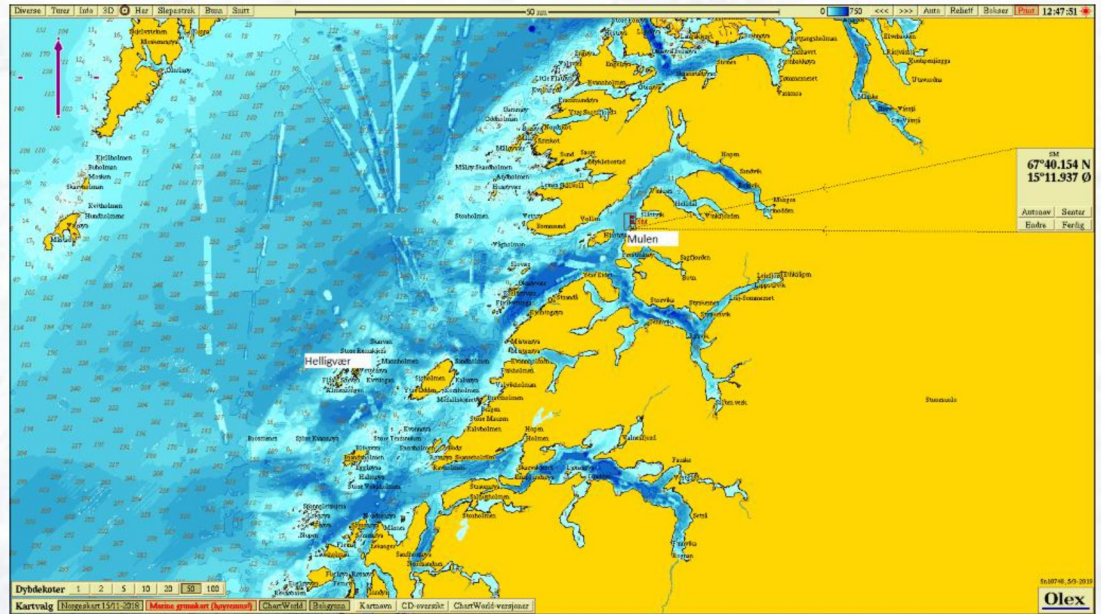




Cermaq Norway AS Lokalitet Mulen

Forundersøkelse 2018



Rapporttittel Cermaq Norway AS. Lokalitet Mulen. Forundersøkelse 2018	
Forfatter(e) Undersøkelse type B: Gjermund Bahr Undersøkelse type C: Roger Velvin Gjermund Bahr	Akvaplan-niva rapport 60730.01
	Dato 30.05.2019
	Antall sider 22 + vedlegg
	Distribusjon / Distribution Gjennom oppdragsgiver
Oppdragsgiver Cermaq Norway AS 8286 Nordfold	Oppdragsgivers referanse Kontaktperson Silje Ramsvatn
Sammendrag Resultatene fra forundersøkelsen (type C) ved oppdrettslokaliteten Mulen viste at sedimentene ikke var belastet med organisk karbon (tilstandsklasse I). Kobber- og kadmiumkonsentrasjonen var lav og i klasse I på C1. Det ble ikke registrert belastningseffekter i noen av de undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse I "Svært god" på samtlige stasjoner. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene, men mange sensitive arter. Oksygenmetningen var god i hele vannsøylen med 80 % i bunnvannet Resultatene fra B undersøkelsen viste lokalitetstilstand 1.	
Prosjektleder  Kristine Steffensen	Kvalitetskontroll  Kristine Steffensen KS B-rapport Hans-Petter Mannvik KS C-rapport

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	3
1 OPPSUMMERINGSTABELL FORUNDERSØKELSE	4
1.1 Oppsummering av forundersøkelse	4
2 INNLEDNING	5
2.1 Bakgrunn og formål	5
2.2 Planlagt anlegg	5
3 BUNNKARTLEGGING OG STRØMMÅLINGER	7
3.1 Bunnkartlegging – resipientbeskrivelse	7
3.2 Strømmålinger – spredningsstrøm	7
4 UNDERSØKELSE TYPE B	8
4.1 Faglig program	8
4.1.1 Stasjonsopplysninger	8
4.2 Metodikk	9
4.3 Resultater	9
5 UNDERSØKELSE – TYPE C	11
5.1 Faglig program	11
5.1.1 Stasjonsplassering	11
5.2 Hydrografi og oksygen	12
5.3 Sedimentundersøkelse	13
5.3.1 Feltinnsamlinger	13
5.3.2 Total organisk materiale (TOM)	13
5.3.3 Total nitrogen (TN)	13
5.3.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	13
5.3.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium (Cd)	13
5.3.6 Redoks- og pH målinger	14
5.3.7 Undersøkelse av bløtbunnfauna	14
5.4 Resultater	15
5.4.1 Hydrografi og oksygen	15
5.4.2 Sediment	15
5.4.3 Bløtbunnfauna	16
6 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	20
6.1 Sammendrag og konklusjon	20
6.1.1 Undersøkelse type B	20
6.1.2 Undersøkelse type C	20
7 REFERANSER	22
8 VEDLEGG	23
Vedlegg 1 Bunnårsstatistikk og artslister	23
Vedlegg 2 Analysebeviser	39
Vedlegg 4 Skjema (B1 og B2)	42
Vedlegg 5 Bilder av prøver ved Mula	44

Vedlegg 6 Bunntopografi og 3D visning 46

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en forundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Mulen ifm. oppdretters søknad om ny lokalitet. Oppdragsgiver har vært Cermaq Norway AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.


Følgende personer har deltatt:

Prosjektleder	Akvaplan-niva	Kristine Steffensen
Vera Remen	Akvaplan-niva	Feltarbeid B- og C metodikk.
Gjermund Bahr	Akvaplan-niva	Rapport type B
Kristine Steffensen	Akvaplan-niva	Kvalitetssikring rapport type B
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (varia). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger for C-undersøkelsen.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger for C-undersøkelsen.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepssdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Stine Hermansen	Akvaplan-niva	Sondegrafikk (CTDO)
Kristine H. Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke Cermaq Norway AS, ved Silje Ramsvatn, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med ALS Laboratory Group, Tsjekkia, som underleverandør.

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for feltinnsamlinger av sediment og fauna, analyser av TOC, TOM, TN, kornstørrelse, makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.</p>
<p>Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)</p>	<p>ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.</p>

Ikke-akkrediterte tjenester: Strømmålinger og hydrografimålinger.

Tromsø, 30.05.2019


Kristine Steffensen (Prosjektleder)

1 Oppsummeringstabell forundersøkelse

1.1 Oppsummering av forundersøkelse

Informasjon oppdragsgiver og lokalitet			
Tittel:	Cermaq Norway AS. Mulen, ny lokalitet		
Rapport nr.:	APN-60730.1	Dato rapport:	29.04.2019
Lokalitets nr.:	ikke tildelt	Lokalitetsnavn:	Mulen
MTB-tillatelse:	søknad om 5460 tonn	Kartkoordinater (anlegg):	67°40.154 N 15°11.937 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Steigen
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS	Kontaktperson:	Silje Ramsvatn

Bakgrunnen for undersøkelsen			Produksjonsstatus ved undersøkelsesdato	
Ny lokalitet:	<input checked="" type="checkbox"/>	Merknad: nytt resipient område	Stående biomasse:	-
Endring MTB	<input type="checkbox"/>		Produsert mengde:	-
Arealendring	<input type="checkbox"/>		Utføret mengde:	-

Bunnkartlegging		Strømmålinger (gjennomsnitt)	
	Ingen	5m	8,8 cm/sek
	Kun sjøkart benyttet	15m	6,8 cm/sek
		86m	5,3 cm/sek
		138m	5,4 cm/sek

B - metodikk – Hovedresultater, undersøkelsesdato 06.12.18						
Parametergruppe	Indeks	Tilstand	Bløtbunn:	20%	Hardbunn:	80%
Gr. II. pH/Eh	0,0	1	Videre overvåking i driftsfasen med B-metodikk er hensiktsmessig.			<input type="checkbox"/>
Gr. III. Sensorisk	0,13	1				
GR. II + III	0,07	1		Videre overvåking i driftsfasen med alternativ metodikk er hensiktsmessig.		
Lokalitetstilstand (NS 9410:2016):		1				

C - metodikk - Hovedresultat bløtbunnsfauna, undersøkelsesdato: 06-07.12.18			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (innerst)	0,902	Fauna C1 (innerst)	Klasse I
Fauna C2 (ytterst)	0,925	Fauna C2 (ytterst)	Klasse I
Fauna C3	0,921	Fauna C3	Klasse I
Fauna C4 (dypområde)	0,870	Fauna C4 (dypområde)	Klasse I
Fauna C5 (motstrøms)	0,895	Fauna C5 (motstrøms)	Klasse I
Fauna Cref	0,905	Fauna Cref	Klasse I
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			TOC i klasse I (alle st.) Cu og Cd i klasse I (C1) pH/Eh poeng 0 O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.

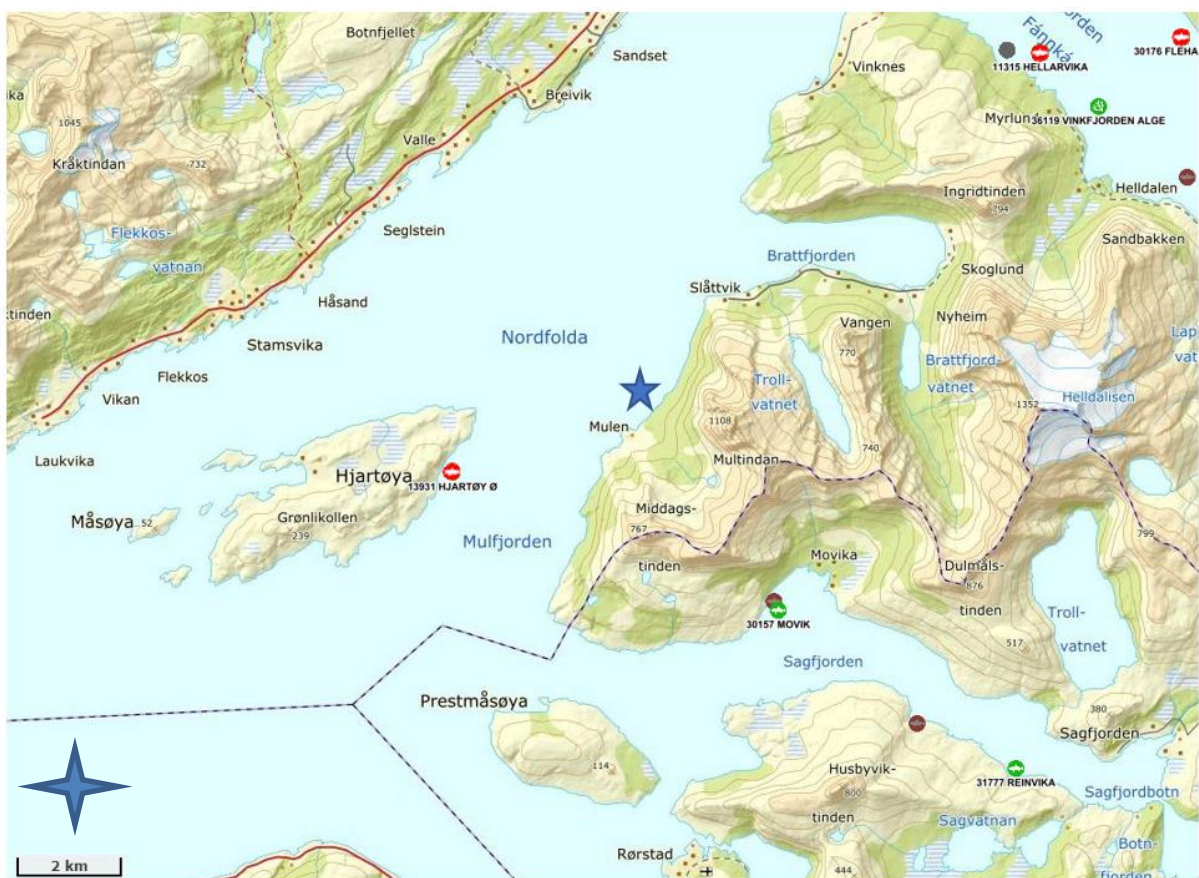
2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva AS har på vegne av Cermaq Norway AS, gjennomført en forundersøkelse på lokaliteten Mulen i Mulfjorden/Nordfolla, Steigen Kommune i Nordland. Undersøkelsen er utført ifm. oppdretters søknad om ny lokalitet.

Formålet med undersøkelsen er å dokumentere bunnforholdene i anleggs- og overgangssonen for det planlagte anlegget, og er en referanse for sammenligning med senere undersøkelser. Undersøkelsen er gjennomført iht. NS 9410:2016 kapt. 5, og "Veiledning til krav om forundersøkelser i henhold til NS9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark" versjon 1, datert 04.04.2018. Undersøkelsen inngår i oppdretters miljøovervåking av bunnpåvirkning fra anlegget.

Et oversiktskart for Nordfolla og området rundt Mulen er vist i Figur 1.



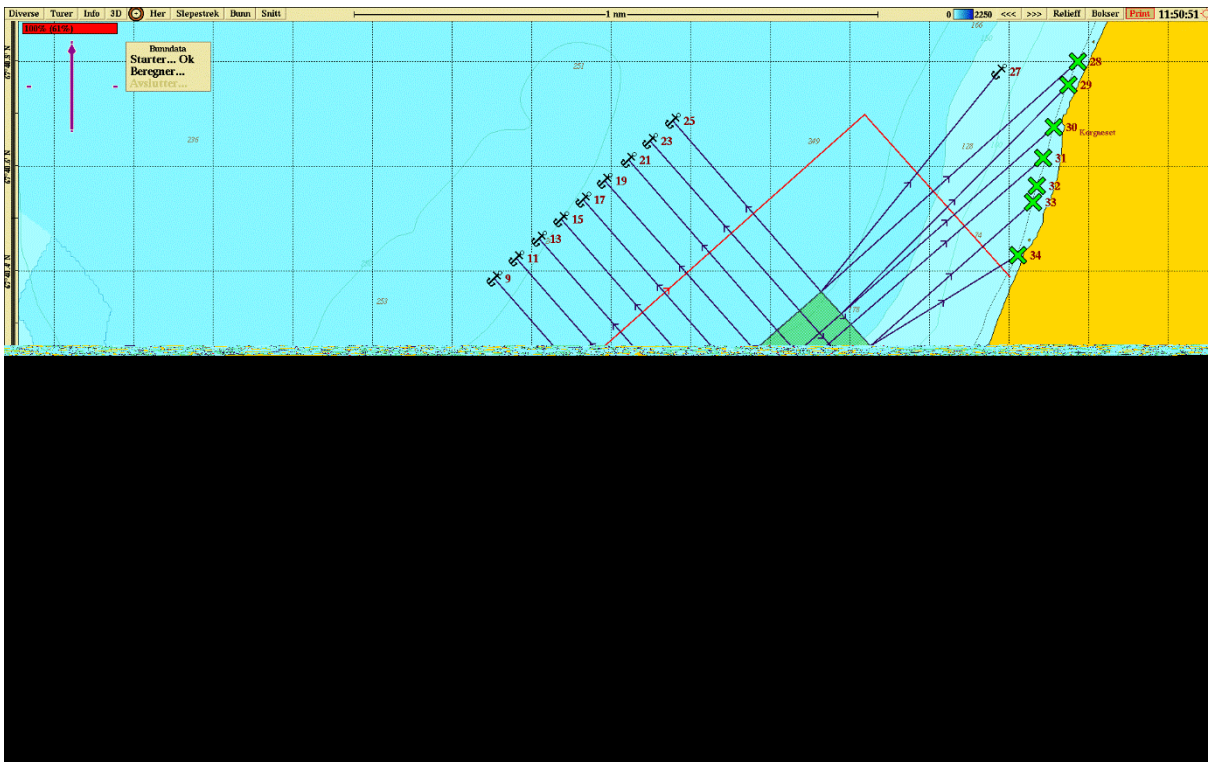
Figur 1. Oversiktskart ved Mula (blå stjerne). Oppdrettsanleggene er markert med lokalitetsnummer og navn. Kart fra www.fiskeridir.no Fiskeridirektoratet, målestokk 1:80 000.

2.2 Planlagt anlegg

Mula er en planlagt lokalitet med en MTB på 5460 tonn. Det planlegges å etablere en rammefortøyning med 2 x 8 bur

Det er foretatt en forundersøkelse for etablering av ny lokalitet i Mulfjorden i Nordfolla. Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 06.12.18 og 07.12.18

Oppdretter vil søke om en MTB på 5460 tonn. Den planlagte rammefortøyningen består av en dobbelt ramme med 2 x 8 bur, med merder på 160 meter i omkrets. Anlegget er vist i Figur 2.



Figur 2. Planlagt ramme (blå farge) på lokaliteten Mulen. Overgangssonen er på 500 m (rød strek).

3 Bunnkartlegging og strømmålinger

3.1 Bunnkartlegging – resipientbeskrivelse

Det er ikke gjennomført bunnkartlegging av denne lokaliteten.

Lokaliteten ligger langs land nordøst for Hjartøya i Steigen Kommune. Fra land skråner bunnen bratt mot anleggets nærsone, og under anleggssonen skråner det bratt og ujevnt med dyp som varierer fra 122 meters dyp til rundt 190 meters dyp. Videre skråner bunnen ut mot dyp på ca 250 meter sentralt i sundet. Det er ingen terskeldannelser mellom lokaliteten og sundets sentrale dypområder.

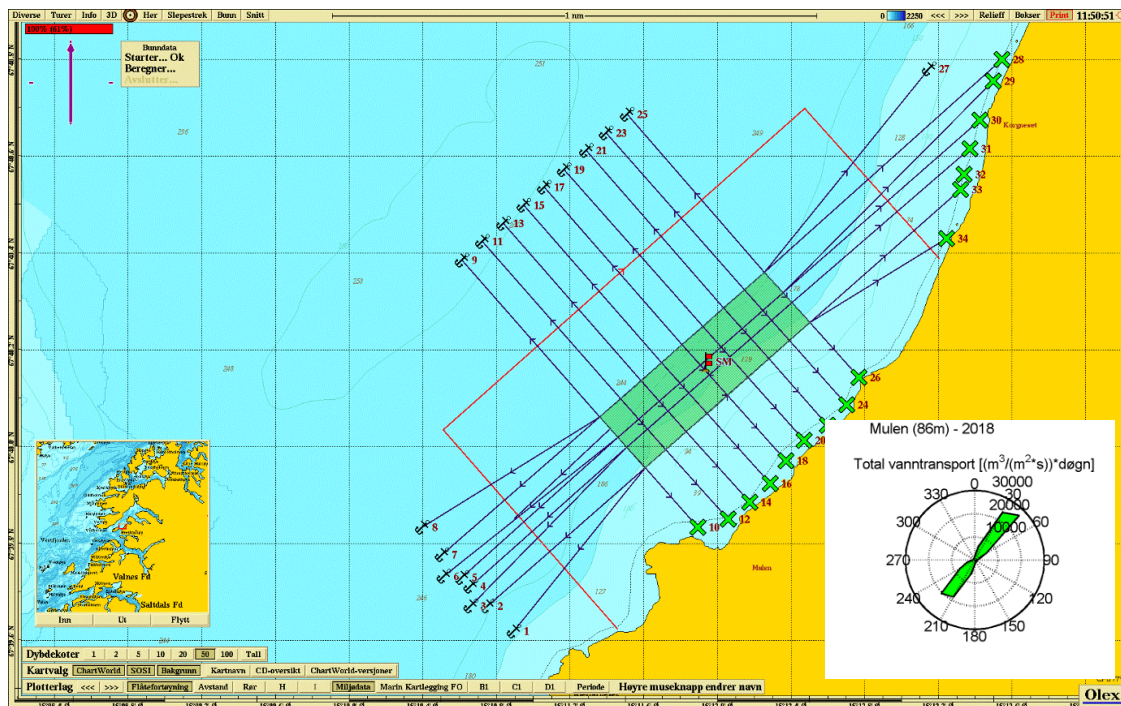
3.2 Strømmålinger – spredningsstrøm

Strømmålinger ble foretatt med målere fra Akvaplan-niva AS i perioden 06.12.18 til 08.01.19, på posisjon N 67°40,154 og Ø 15°11,937. Dyp på målepunkt var 160 meter. Spredningsstrøm er vektlagt for plassering av stasjoner ved forundersøkelsen, samt vurdering av anleggssonen og overgangssonen rundt anlegget.

Spredningsstrømmen er målt på 86 meters dyp og viser at hovedstrømretning og massetransport av vann er definert mot nordøst (30-45 grader), med en sterk returstrøm mot sørvest (210-225 grader).

Gjennomsnittlig strømhastighet ble målt til 5,3 cm/s, med maks hastighet målt til 23,0 cm/s (Hermansen, 2018). Med hensyn til strømretning er det forventet at biologisk materiell i hovedsak vil drive mot nordøst, og noe mot sørvest.

Vurdering av anleggssonen er gjort iht. NS 9410:2016 kap. 4.2, og vist i Figur 3. Vurdering av overgangssonen er gjort iht. NS 9410:2016 kap. 4.3, og vist i Figur 3.



Figur 3. Lokaliteten Mulen med inntegnet anleggssone og overgangssone. Strømrose for spredningsstrøm målt på Mulen 86 m dypde i 2019. "SM" er plassering strømmåler.

4 Undersøkelse type B

4.1 Faglig program

Ved gjennomføring av undersøkelse type B i forbindelse med forundersøkelser skal det iht. "Veileder til krav om forundersøkelser i henhold til NS9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark", versjon 1, datert 04.04.2018, være minimum 10 prøvepunkter (stasjoner) fordelt over hele det planlagte anleggsområdet. Plassering av stasjonene skal gi nok informasjon til at det kan tas stilling til om videre overvåking i driftsfasen av anleggsområdet med B-undersøkelse er hensiktsmessig, eller om det er behov for alternativ overvåking.

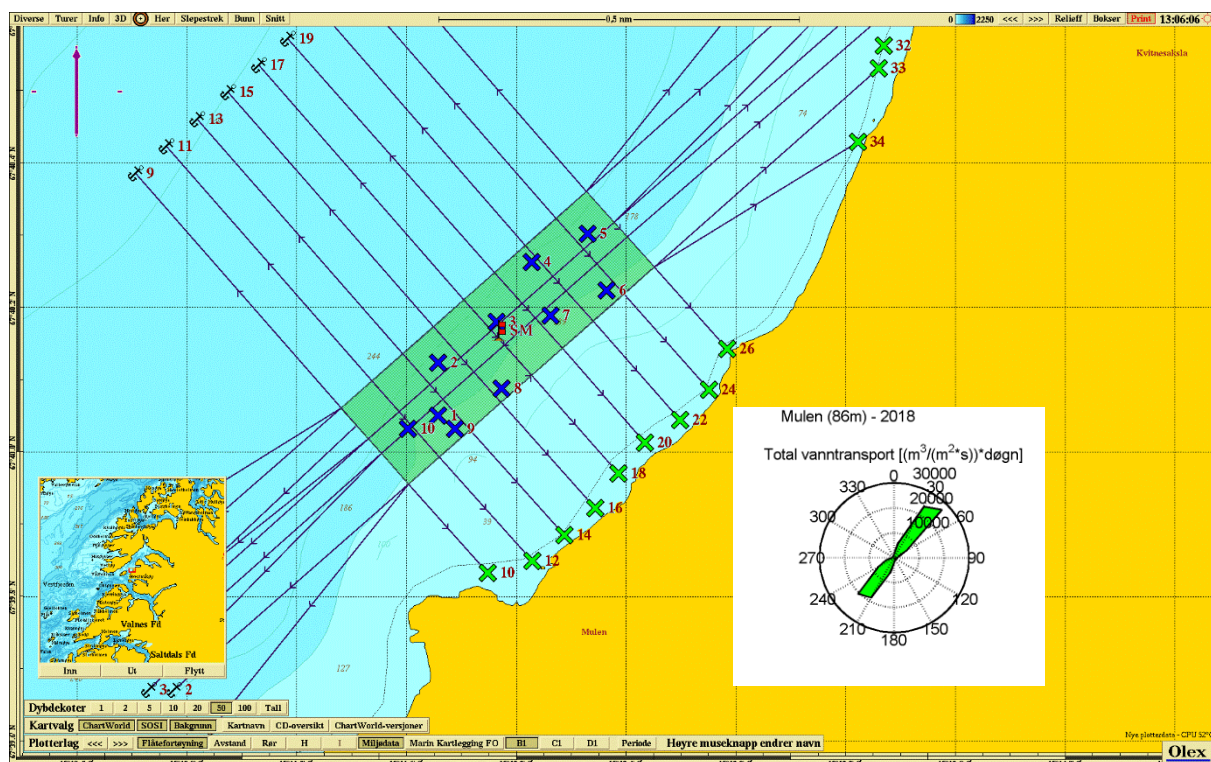
Planlagt ramme består av 18 bur, og det ble valgt å gjennomføre prøvetaking på 10 stasjoner fordelt i anlegget.

4.1.1 Stasjonsopplysninger

Plassering av stasjonene ble satt for å kartlegge hele anleggssonen best mulig og er beskrevet i Figur 4 og Tabell 1. Det har vært viktig å avklare anleggssonen både for de dypere og grunnere områder for lokaliteten innenfor dets konfigurasjon.

Prøver fra stasjonene ble hentet fra dyp som varierte fra 122 meter (st. 9) som grunnest og 190 meter (st. 4) som dypest. Stasjonsplassering i forhold til planlagt ramme og eksisterende anlegg er vist i Figur 4.

Stasjonsplasseringen vurderes som representativ for forundersøkelsen iht. beskrivelse i NS 9410:2016.



Figur 4. Stasjonsoversikt Mulen, forundersøkelse, dato for B-undersøkelse var den 07.10.18. Prøvetakingsstasjonene st. 1 - 10 er tegnet inn med fargekoder som beskriver tilstand iht. NS 9410:2016 kap. 7.11. Spredningsdyp er målt på 86 m.

Tabell 1. Stasjonsdyp og –koordinater, Mulen forundersøkelse, 07.12.2018.

Stasjonsnummer	Nordlig bredde	Østlig lengde	Dyp (m)	Tilstand
1	67°40,050	15°11,507	183	1
2	67°40,123	15°11,715	181	1
3	67°40,180	15°11,927	170	1
4	67°40,262	15°12,056	190	1
5	67°40,302	15°12,259	189	1
6	67°40,223	15°12,329	137	1
7	67°40,188	15°12,124	142	1
8	67°40,087	15°11,945	127	1
9	67°40,032	15°11,776	122	1
10	67°40,006	15°11,604	140	1

Feltarbeidet ble gjennomført 07.12.2018

4.2 Metodikk

Sedimentprøver ble tatt hjelp av en liten grabb (250 cm²). Hvert grabbhogg ble undersøkt med hensyn på tre grupper av sedimentparametere; faunaundersøkelse, kjemisk undersøkelse (pH og redoks potensial) og en sensorisk undersøkelse (forekomst av gassbobler, lukt, sedimentets konsistens og farge, samt tykkelse av deponert slam). Sedimentparameterne gis poeng (skala fra 1 - 4) etter hvor mye sedimentet er påvirket av tilførsler av organisk stoff. Samlet gjennomsnitt for alle prøvene fastsetter lokalitetstilstanden (jfr. B.1 skjema).

Utstyr for prøvetakingen er iht. NS 9410:2016 kap. 7.4. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus.

4.3 Resultater

Mulen er en typisk hardbunnlokalitet, hvor det ble registrert 80% hardbunn og 20% bløtbunn. Det var kun på stasjon 3 og 4 det ble observert makrofauna, og hvor det var nok sediment, (ca. 2 cm) i grabben til å måle pH/Eh. Totalt ble det tatt 18 grabbskudd fordelt på 10 stasjoner.

Alle stasjonene hadde naturlig farget sediment, derfor satt til "Lys/grå (0)" i B1 skjema. For flere av stasjonene var det tydelig at grabb "rullet" ned skråning ved nedsenking (st. 2, 5, 6, 7, 8, 9 og 10). Det ble gjennomført to forsøk på hver av stasjonene som er satt som "H" i B1 skjema. Innholdet i grabb på disse stasjonene kan karakteriseres som skrap fra fjell (St. 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 og 10), hvor det er mindre enn 2 cm sediment slik at det ikke lot seg gjøre å måle pH/Eh.

Det mineralske sedimentet observert i prøvene ble definert til å være sand. Prøve fra stasjon 3 og 4 ble registrert som bløtbunn, og inneholdt sand med innslag av silt. De øvrige prøvene ble registrert som fjellbunn.

Resultatene fra gruppe II og gruppe III parameterne ga tilstand 1 – «Meget god» for alle stasjonene.

Samlet tilstand for lokaliteten ble 1 – «Meget god».

Resultatene fra klassifiseringen er vist i Tabell 2. Fullstendig utfylt prøveskjema med utregning av karakter på prøvene ligger som vedlegg.

Tabell 2. Resultat fra klassifisering av området under planlagt ramme ved Mulen, 06-07.12.2018

Parameter	Tilstand
Gruppe II - parametere (pH/Eh)	1
Gruppe III – parametere, (sensorisk)	1
Gruppe II + III – parametere (middelvei)	1
LOKALITETSTILSTAND	1

Sammenfattende vurdering og konklusjon er gitt i kap. 6.

5 Undersøkelse – type C

5.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til NS 9410:2016 og "Veileder til krav om forundersøkelser i henhold til NS9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark" (VFK), versjon 1, datert 04.04.2018. I henhold til VFK skal antall stasjoner for undersøkelse type C være iht. lokalitetens MTB, og ved søknad om ny MTB skal antall stasjoner være iht. omsøkt MTB (jfr. tabell 4 i kap. 8.4 i NS 9410:2016). I tillegg skal det være en referansestasjon som plasseres minst 1 km fra anlegget og på et område med tilsvarende bunntype som for prøvestasjonene i overgangssonen.

Forundersøkelsen er gjennomført med bakgrunn i MTB på 5460 tonn, noe som utløser krav om 5 prøvetakingsstasjoner. Inkludert referansestasjonen blir det totalt 6 stasjoner.

En oversikt over det faglige programmet for undersøkelse type C er gitt i Tabell 3.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19:2004: *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665:2014. *Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.*
- NS 9410:2016. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Interne prosedyrer. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- Veileder 02:2018. *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til Vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.
- M-608/2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Miljødirektoratet, 2016.

Prøvetaking av sediment for kadmium (Cd) på stasjon C1 er etter ønske fra oppdragsgiver.

Tabell 3. Faglig program på stasjonene ved Mulen, forundersøkelse 2018. TOM = totalt organisk materiale, TOC = total organisk karbon, TN = totalt nitrogen, Cu = kobber, Cd = Kadmium. Korn = kornfordeling. pH/Eh = Surhetsgrad og redokspotensial.

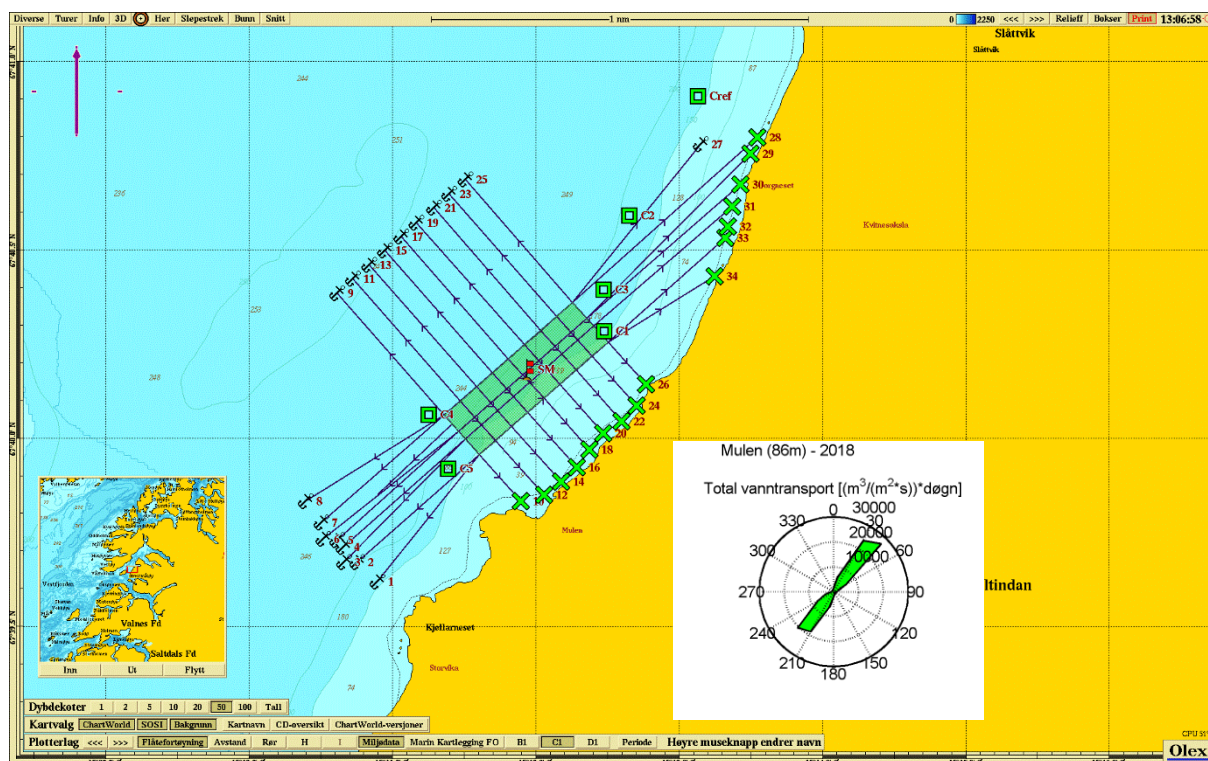
Stasjon	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. Cd. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Hydrografi/O ₂ .
C5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.
Cref	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN.

5.1.1 Stasjonsplassering

Plassering av stasjonene ble valg ut fra forundersøkelser av resipientens bunntopografi, foreliggende strømdata og anleggets konfigurasjon (jfr. kapt. 3).

Stasjon C1, C2 og C3 ble plassert i hovedstrømretning. Stasjon C4 dekker dypeste område nærliggende anlegget, og innbefattet hydrografi/O₂-måling, og C5 ble plassert motstrøms. Cref er referansestasjonen som ble plassert 1200 m fra den planlagte rammen. Stasjonsplasseringen vurderes som representativ for forundersøkelsen iht. beskrivelse i NS 9410:2016.

Stasjonsoversikt er vist i Figur 5 og en oversikt over stasjonsdyp, GPS-koordinater og stasjonenes avstand til nærmeste merd er gitt i Tabell 4.



Figur 5. Stasjonsoversikt, Mula, forundersøkelse, 06-07.12.18. Spredningsstrøm er målt på 86 m, og rødt flagg viser plassering av strømmåler.

Tabell 4. Stasjonsdyp, koordinater og avstand til nærmeste merd, Mula, forundersøkelse 2018.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	C5	Cref
Dyp (m)	152	190	182	248	167	1200
GPS	67°40,285 N 15°12,480 Ø	67°40,592 N 15°12,653 Ø	67°40,394 N 15°12,475 Ø	67°40,063 N 15°11,155 Ø	67°39,920 N 15°11,392 Ø	67°40,908 N 15°13,132 Ø
Avst. merd (m)	25	520	150	140	150	157

5.2 Hydrografi og oksygen

På stasjon C4 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofiler med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn. Disse ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 202 sonde.

5.3 Sedimentundersøkelse

5.3.1 Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TOM, TN, Cu og Cd, ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent, og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

5.3.2 Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekttap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduserbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen.

5.3.3 Total nitrogen (TN)

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total nitrogen (TN) kvantifisert ved elektrokjemisk bestemmelse. Den interne metoden er basert på NS-EN 12260:2003 (Vannundersøkelse – Bestemmelse av bundet nitrogen (TNb) etter oksidasjon til nitrogenoksider).

5.3.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling

Andelen finstoff, dvs. fraksjonen mindre enn 63 µm, ble bestemt gravimetrisk etter våtsikting av prøvene. Resultatene er angitt som andel finstoff på tørrvektbasis.

Etter tørking av prøvene ved 40 °C ble innhold av total organisk karbon (TOC) bestemt ved NDIR-deteksjon i henhold til DIN19539:2016 (Investigation of solids – Temperature-dependent differentiation of total carbon (TOC₄₀₀, ROC, TIC₉₀₀)). For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (nTOC) ved bruk av ligningen: $nTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til Veileder 02:2018.

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment.

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

5.3.5 Metallanalyse - kobber (Cu) og kadmium (Cd)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonen av kobber (Cu) og kadmium (Cd) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu og Cd ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

Tilstandsklassifisering for kobber i marine sedimenter.

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
Cd mg/kg	< 0,2 Klasse I	0,2 – 2,5 Klasse II	2,5 - 16 Klasse III	16 - 157 Klasse IV	> 157 Klasse V

5.3.6 Redoks- og pH målinger

På C1 ble det utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus. I hht. manual for instrumentet, ble 200 mV lagt til den målte ORP-verdien for å få Eh-verdien.

5.3.7 Undersøkelse av bløtbunnfauna

5.3.7.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale fra oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyranalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Endringer i artsmangfold i nærheten av utslippspunkt kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

5.3.7.2 Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sediment.

5.3.7.3 Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene ble det innsamlet to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2016). Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 1 for beskrivelse av analysemetoder. For å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2018 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnenes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Hurlberts diversitetsindeks (ES₁₀₀) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI₂₀₁₂), uegnet ved lavt individ/artstall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- Sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i NQI1 (AMBI)
- Normalisert EQR (nEQR)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-ti)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

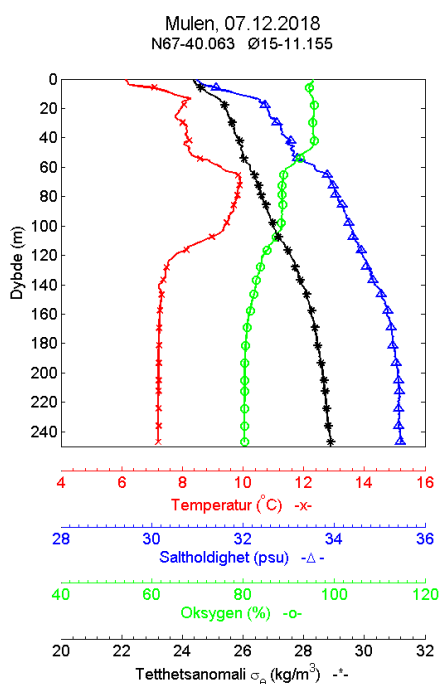
Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0,9 - 0,72	0,72 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,5 – 3,7	3,7 – 2,9	2,9 – 1,8	1,8 - 0,9	0,9 - 0
ES ₁₀₀	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
ISI ₂₀₁₂	13,4 – 8,7	8,7 - 7,8	7,8 - 6,4	6,4 - 4,7	4,7 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
nEQR	1,0 – 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,0

5.4 Resultater

5.4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning målt på stasjon C4 ved Mulen, 07.12.2018 er vist i Figur 6.

Temperaturen i overflaten var 7°C. Mellom 60 og 120 meters dyp steg den opp mot 10°C, før den jevnet seg ut på 7°C herfra til bunnen. Oksygenmetningen var 100 % i overflaten og 80 % i bunnvannet.



Figur 6. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjon C4 ved Mulen, forundersøkelse, 07.12.18.

5.4.2 Sediment

5.4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N forholdet, kornfordeling og pH/Eh i sedimentene er presentert i Tabell 5.

TOM-nivåene var lave med verdier mellom 1,1 og 2,8 %. TN-nivåene var også lave (0,16 – 0,56 mg/g), mens C/N-forholdet var noe forhøyet. TOC nivået var lavt og i tilstandsklasse I

"Svært god" på alle stasjonene. Sedimentene var moderat grov- til moderat finkornet med pelittandel mellom 14 og 56 %.

Redoksmålingen (pH/Eh) på C1 ga poeng 0 iht. Tillegg D i NS 9410:2016.

Tabell 5. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Mulen, forundersøkelse, 2018.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Myk siltig overflate. Sand under. Olivengrønn farge, homogen i hele prøven. Ingen lukt.	1,4	2,9	17,6	I Svært god	0,16	17,9	18	7,96 / 332
C2	Olivengrønn myk siltig overflate. sandig silt under. Noe grus og skjellrester. Ingen lukt..	1,9	5,3	15,7	I Svært god	0,21	25,1	42	-
C3	Myk siltig overflate. Sand under. Olivengrønn farge, homogen i hele prøven. Ingen lukt.	1,1	3,7	19,0	I Svært god	0,19	19,2	15	-
C4	Myk brun, siltig overflate. Grå silt under. Noe H ₂ S - lignende lukt i nedre lag-	2,8	7,6	15,5	I Svært god	0,56	13,6	56	-
C5	Olivengrønn fin sand. En del skjellrester, småstein og grus. Ingen avvikende lukt.	1,3	3,0	18,4	I Svært god	0,26	11,4	14	-
Cref	Myk siltig overflate. Sandig silt under. Olivengrønn farge. Noe grus og skjellrester. Ingen lukt.	1,5	3,7	15,0	I Svært god	0,34	10,8	37	-

* Tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

5.4.2.2 Kobber og kadmium i sediment fra C1

Nivået av kobber og kadmium er presentert i Tabell 6. Nivåene av begge metallene var lave og i klasse I.

Tabell 6. Sedimentanalyser. Kobber (Cu) og kadmium (Cd) i mg/kg TS, Mulen, forundersøkelse 2018. Tilstandsklassifisering i hht M-608/2016.

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu	Cd	Tilst.klassif. Cu
C1	6,4	Klasse I	< 0,10	Klasse I

5.4.3 Bløtbunnfauna

5.4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyranalysene er presentert i Tabell 7. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 189 (C5) til 607 (C2) og antall arter fra 53 (C5) til 95 (C2). Med unntak av NSI i klasse II på C4 viste faunaindeksene, inklusiv nEQR, økologisk tilstandsklasse I "Svært god" på alle stasjonene.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Individfordelingen var jevn på alle stasjonene med indekser mellom 0,81 og 0,88.

Tabell 7. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQI1 = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQI1). nEQR = normalisert EQR. Mulen, forundersøkelse 2018. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2018.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	327	58	4,44	31,7	0,83	10,93	28,36	0,902	1,061	0,84
C2	607	95	5,02	37,4	0,86	11,34	27,18	0,925	1,142	0,83
C3	374	69	4,62	35,7	0,87	11,03	28,36	0,921	0,837	0,82
C4	340	58	4,69	34,4	0,79	10,73	24,32	0,870	1,692	0,86
C5	189	53	4,40	30,4	0,84	10,36	28,20	0,895	0,924	0,88
Cref	594	82	4,76	34,6	0,84	10,83	27,20	0,905	1,263	0,81

I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
-------------	--------	-------------	-----------	----------------

5.4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kapt. 8.6.2. i NS 9410:2016). Tabell 8 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på anleggssonestasjonen C1.

Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 1 "Meget god". Kriteriet for tilstand 1 er tilstedeværelse av minst 20 arter/0,2 m² og at ingen av disse utgjør mer enn 65 % av individene. Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonene er hentet fra Tabell 7 og Tabell 9.

Tabell 8. NS 9410:2016. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på innerste stasjon C1, Mulen, forundersøkelse 2018.

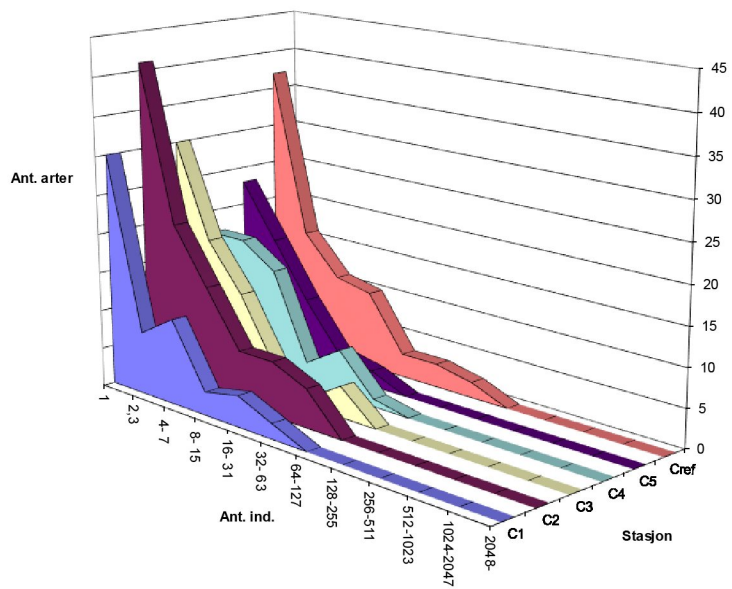
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Mulen	58	Amythasides macroglossus - 15 %	1 - Meget god

5.4.3.3 Geometriske klasser

Figur 7 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser.

Det vises til Vedlegg 1 for en forklaring av begrepet geometriske klasser og beskrivelse av metoden. Bakgrunnen for analysen er at et upåvirket samfunn består av mange arter med lavt individtall, slik at kurven starter høyt på y-aksen. Et forstyrret samfunn har færre arter og noen få av dem svært tallrike, slik at kurven flater ut og strekker seg mot høyere klasser.

Alle kurvene hadde naturlig høye startpunkter, og ingen strakk seg nevneverdig langt ut mot høyere klasser. Ingen av kurveforløpene ga indikasjoner på faunaforstyrrelser.



Figur 7. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Mulen, forundersøkelse 2018 (pr. 0,2 m²).

5.4.3.4 Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble data fra alle stasjonene

På C1, C2 og C5 var den sensitive børstemarken *Amythasides macroglossus* mest tallrik med hhv. 15, 9 og 14 % av individene. På C3 og Cref var den nøytrale børstemarken *Eclysippe vanelli* mest dominant med 14 og 16 % av individmengden. På C4 dominerte den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* med 13 %. Her var det ellers flest tolerante arter blant topp-10, mens sensitive arter var i flertall på de andre stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant de ti mest forekommende artene på noen av stasjonene.

Tabell 9. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Mulen, forundersøkelse 2018.

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Amythasides macroglossus</i>	50	15 %	I	<i>Amythasides macroglossus</i>	58	9 %	I
<i>Eclysippe vanelli</i>	42	28 %	I	<i>Eclysippe vanelli</i>	51	18 %	I
<i>Mendicula ferruginosa</i>	29	37 %	ik	<i>Thyasira obsoleta</i>	45	25 %	I
<i>Thyasira obsoleta</i>	20	43 %	I	<i>Mendicula ferruginosa</i>	41	32 %	ik
<i>Notomastus latericeus</i>	16	48 %	I	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	37	38 %	III
<i>Prionospio cirrifera</i>	16	53 %	III	<i>Caudofoveata indet.</i>	27	42 %	II
<i>Caudofoveata indet.</i>	14	57 %	II	<i>Heteromastus filiformis</i>	26	47 %	IV
<i>Praxillura sp.</i>	13	61 %	ik	<i>Streblosoma intestinale</i>	24	50 %	I
<i>Chirimia biceps</i>	12	64 %	II	<i>Axinulus croulinensis</i>	20	54 %	I
<i>Heteromastus filiformis</i>	7	67 %	IV	<i>Kelliella miliaris</i>	17	57 %	III
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Eclysippe vanelli</i>	53	14 %	II	<i>Heteromastus filiformis</i>	44	13 %	IV
<i>Mendicula ferruginosa</i>	46	26 %	ik	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	30	22 %	II
<i>Amythasides macroglossus</i>	39	36 %	I	<i>Parathyasira equalis</i>	22	28 %	III
<i>Thyasira obsoleta</i>	38	46 %	I	<i>Mendicula ferruginosa</i>	21	34 %	ik
<i>Streblosoma intestinale</i>	17	51 %	I	<i>Mediomastus fragilis</i>	19	40 %	IV
<i>Caudofoveata indet.</i>	12	54 %	II	<i>Thyasira obsoleta</i>	19	45 %	II
<i>Prionospio dubia</i>	11	57 %	I	<i>Eclysippe vanelli</i>	18	51 %	I
<i>Heteromastus filiformis</i>	10	59 %	IV	<i>Abra nitida</i>	14	55 %	III
<i>Prionospio cirrifera</i>	9	62 %	IV	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	12	58 %	III
<i>Labidoplax buskii</i>	7	64 %	II	<i>Golfingiidae indet.</i>	9	61 %	ik
C5	Ant.	Kum.	EG	Cref	Ant.	Kum.	EG
<i>Amythasides macroglossus</i>	26	14 %	I	<i>Eclysippe vanelli</i>	96	16 %	I
<i>Thyasira obsoleta</i>	23	26 %	I	<i>Mendicula ferruginosa</i>	65	27 %	ik
<i>Eclysippe vanelli</i>	15	34 %	I	<i>Amythasides macroglossus</i>	46	35 %	I
<i>Glycera lapidum</i>	13	41 %	I	<i>Heteromastus filiformis</i>	36	41 %	IV
<i>Augeneria sp.</i>	10	46 %	ik	<i>Thyasira obsoleta</i>	32	46 %	I
<i>Prionospio cirrifera</i>	7	49 %	III	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	30	51 %	III
<i>Mendicula ferruginosa</i>	6	53 %	ik	<i>Caudofoveata indet.</i>	27	56 %	II
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	5	55 %	I	<i>Streblosoma intestinale</i>	20	59 %	I
<i>Amphictene auricoma</i>	4	57 %	II	<i>Abra nitida</i>	15	62 %	III
<i>Levinsenia flava</i>	4	59 %	ik	<i>Lumbriclymene cylindrica</i>	15	64 %	ik

*Økologiske grupper: EG I = sensitive arter. EG II = nøytrale arter. EG III = tolerante arter. EG IV = opportunistiske arter. EG V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013. Ik = ikke kjent gruppe.

6 Sammenfattende vurderinger

6.1 Sammendrag og konklusjon

6.1.1 Undersøkelse type B

Ut fra vurderingskriteriene i NS 9410:2016 er det dokumentert at lokaliteten på prøve-tidspunktet fikk tilstand 1 – "Meget god". Det ble gjennomført totalt 18 grabbhugg med Van Veen grabb (0,025 m²), fordelt på 10 stasjoner plassert under planlagt ramme. Alle stasjonene fikk karakteren 1 – "Meget god".

Lokaliteten er en hardbunnslokalitet hvor bunnforholdene domineres av fjellbunn, og det var kun mulig å gjøre pH/Eh målinger på to stasjoner (stasjon 3 og 4). Resipienten er også dominert av bratte og ujevne skråninger, og dypet under planlagt ramme varierer fra ca. 122 meter og ned til rundt 190 meter.

Fra et miljømessig synspunkt og i henhold til metodikk er det ikke registrert organisk belastning på lokaliteten. Vurderinger av resultatene fra denne undersøkelsen, anleggets bunntopografi samt målt strøm på lokaliteten vil være grunnlag for videre miljøovervåking av den planlagte rammen.

Lokaliteten gis lokalitetstilstand 1 "Meget god" i henhold til beregninger i henhold til metodikk beskrevet i NS 9410:2016 og prøveskjema Tabell B.1 og B.2 (se kap.7 Vedlegg).

NS 9410:2016 nevner ikke undersøkelsesfrekvens knyttet til bruk av B-undersøkelser ved forundersøkelser. Iht. til forskrift om drift av akvakultur (akvakulturdriftsforskriften) § 35 skal første miljøundersøkelse gjennomføres i det tidspunktet i produksjonssyklusen det er størst belastning eller biomasse på lokaliteten, deretter skal det gjennomføres miljøundersøkelser etter de frekvenser som følger av NS 9410:2016.

B-undersøkelsen er en bløtbunnsundersøkelse og det er dokumentert at det er mye hardbunn i anleggssonen på lokaliteten Mulen. Det bør derfor vurderes om videre overvåking med B-undersøkelse i anleggssonen i driftsfasen er hensiktsmessig, eller om det er behov for alternativ overvåking.

6.1.2 Undersøkelse type C

Resultatene fra forundersøkelsen ved Mulen i desember 2018, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i vannsøylen på dypstasjonen C4. Oksygenmetningen i bunnvannet var 80 % i desember 2018.
- TOC-nivået var lavt i sediment fra samtlige stasjoner (tilstandsklasse I). TOM og TN var lave, mens C/N-forholdet var noe forhøyet. Kobber- kadmiumnivået på C1 var lavt og i klasse I. Sedimentene var moderat grov- til moderat finkornet.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02:2013, viste klasse I "Svært god" for alle bløtbunnsamfunnene i undersøkelsen. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 1 (Meget god). Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene, men mange sensitive arter på de fleste stasjonene.

Resultatene fra forundersøkelsen (type C) ved oppdrettslokaliteten Mulen viste at sedimentene ikke var belastet med organisk karbon med TOC i tilstandsklasse I. Kobber- og kadmiumkonsentrasjonen var lave og i klasse I på C1. Det ble ikke registrert belastningseffekter i noen av de undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse I "Svært god" på samtlige stasjoner. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene, men mange sensitive arter. Oksygenmetningen var god i hele vannsøylen med 80 % i bunnvannet.

7 Referanser

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B & Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 s.

Fylkeskommunene i Nordland, Troms og Finnmark, Fiskeridirektoratet region Nord, Fiskeridirektoratet region Nordland og Fylkesmann i Nordland, Troms og Finnmark, 2018. "*Veiledning til krav om forundersøkelser i henhold til NS9410:2016 i forbindelse med søknad om akvakulturlokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark*" versjon 1, datert 04.04.2018.

Hermansen S. 2018. Strømrappport Mula 5m, 15m, spredning og bunnstrøm. Akvaplan-niva rapport 60731.02.

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

ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.

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

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

Rygg, B. & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.

www.fiskeridir.no

8 Vedlegg

Vedlegg 1 Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på individfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forurensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheten ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

Shannon-Wieners indeks (Shannon & Weaver, 1949) er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

der n_i = antall individer av art i i prøven
 N = total antall individer
 s = antall arter

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som indekseen er mest følsom for individfordelingen. En lav verdi indikerer et artsfattig samfunn og/eller et samfunn som er dominert av en eller få arter. En høy verdi indikerer et artsrikt samfunn.

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

har følgende formel, der symbolene er som i Shannon-Wieners indeks

$$J = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Hurlberts diversitetskurver

Grafisk kan diversiteten uttrykkes i form av antall arter som funksjon av antall individer. Med utgangspunkt i total antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik individtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder total N individer og s arter og har følgende formel:

$$ES_n = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

der N = total antall individ i prøven
 N_i = antall individ av art i
 n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)
 s = total antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv., slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2, \dots$. En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og

få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, asymmetrisk kurve med lang ”hale” mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensing forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begunstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra toppen. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensing. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt kvadratrot-transformert. Dette ble gjort for å redusere avviket mellom høye og lave tetthetsverdier og dermed redusere eventuelle effekter av tallmessig dominans hos noen få arter i datasettet.

Clusteranalyse

Analysen undersøker faunalikheten mellom prøver. For å sammenligne to prøver ble Bray-Curtis ulikhetsindeks benyttet (Bray & Curtis, 1957):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |X_{ki} - X_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (X_{ki} + X_{kj})}$$

der n = antall arter sammenlignet
 X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i
 X_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke ”group-average linkage”. Forholdsvis like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et tredigram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

NSI er en sensitivitetsindeks som ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata og ved bruk av en objektiv statistisk metode. En prøves NSI verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene av alle individene i prøven.

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes både ut fra artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$\text{NQI1 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 * (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 * (\text{SN}/2.7) * (N/(N+5))]$$

Diversitetsindeksen $\text{SN} = \ln S / \ln(\ln N)$, hvor S er antall arter og N er antall individer i prøven

Referanser:

Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.

Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.

Pielou, E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.

Rygg, B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.

Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater Mulen, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5	Cref
no. ind.	2431	327	607	374	340	189	594
no. spe.	159	58	95	69	58	53	82

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02
no. ind.	2431	207	120	358	249	220	154
no. spe.	159	46	34	80	55	50	48
Shannon-Wiener:		4,5	4,4	5,3	4,8	4,7	4,6
Pielou		0,82	0,86	0,83	0,83	0,82	0,82
ES100		32	31	41	34	34	37
SN		2,29	2,25	2,47	2,35	2,32	2,39
ISI-2012		10,71	11,14	11,87	10,82	11,13	10,92
AMBI		1,243	0,878	0,957	1,326	0,919	0,755
NQI1		0,82	0,84	0,88	0,83	0,85	0,88
NSI		28,4	28,3	27,5	26,8	28,4	28,3
DI		0,266	0,029	0,504	0,346	0,292	0,138

st.nr.		C4_01	C4_02	C5_01	C5_02	Cref_01	Cref_02
no. ind.		165	175	147	42	339	255
no. spe.		44	43	47	22	62	54
Shannon-Wiener:		4,8	4,6	4,8	4,0	4,8	4,7
Pielou		0,88	0,85	0,87	0,89	0,81	0,82
ES100		35	33	39	22	35	35
SN		2,32	2,29	2,40	2,34	2,34	2,33
ISI-2012		10,59	10,88	10,58	10,13	11,13	10,53
AMBI		1,481	1,902	1,077	0,77	1,261	1,265
NQI1		0,81	0,78	0,85	0,83	0,84	0,83
NSI		25,3	23,4	28,1	28,3	27,3	27,1
DI		0,167	0,193	0,117	0,427	0,480	0,357

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C1	C2	C3	C4	C5	Cref
Shannon-Wiener:		4,44	5,02	4,62	4,69	4,40	4,76
Pielou		0,84	0,83	0,82	0,86	0,88	0,81
ES100		31,7	37,4	35,7	34,4	30,4	34,6
SN		2,27	2,41	2,36	2,31	2,37	2,34
ISI-2012		10,93	11,34	11,03	10,73	10,36	10,83
AMBI		1,061	1,142	0,837	1,692	0,924	1,263
NQI1		0,83	0,86	0,87	0,79	0,84	0,84
NSI		28,36	27,18	28,36	24,32	28,20	27,20
Normalisert EQR:							
Shannon-Wiener:		0,883	0,947	0,902	0,911	0,877	0,918
ES100		0,876	0,925	0,910	0,899	0,864	0,901
ISI-2012		0,895	0,912	0,899	0,887	0,871	0,891
NQI1		0,924	0,953	0,961	0,882	0,936	0,928
NSI		0,934	0,887	0,934	0,773	0,928	0,888
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}		0,902	0,925	0,921	0,870	0,895	0,905

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5	Cref
1	30	41	30	17	23	37
2,3	8	21	18	17	16	16
4-7	11	14	12	14	9	11
8-15	3	7	4	3	3	10
16-31	4	7	1	6	2	3
32-63	2	5	4	1	0	3
64-127	0	0	0	0	0	2
128-255	0	0	0	0	0	0

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	4	2	6
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Aricidea albatrossae	3		3
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	14	2	16
			Prionospio dubia		1	1
			Tharyx killariensis	1		1
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	3	4	7
			Notomastus latericeus	15	1	16
			Praxillura sp.	9	4	13
			Chirimia biceps	2	10	12
			Clymenura borealis	2	1	3
			Euclymeninae indet.	3		3
			Maldanidae indet.		1	1
		Opheliida				
			Ophelina cylindricaudata		1	1
			Scalibregma hansenii	1		1
		Phyllococida				
			Harmothoe mariannae	1		1
			Pholoe assimilis	1		1
			Glycera lapidum	2		2
			Goniada maculata		1	1
		Amphinomida				
			Paramphionome jeffreysii	5	2	7
		Eunicida				
			Nothria conchylega	3	3	6
			Paradiopatra quadricuspis		1	1
			Augeneria sp.	1		1
			Lumbrineris aniara	1		1
			Lumbrineris sp.	1		1
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1		1
		Terebellida				
			Ampharete sp.	1		1
			Amythasides macroglossus	30	20	50
			Eclysippe vanelli	29	13	42
			Melinna albicincta	3		3
			Melinna sp.		1	1
			Zatsepinia rittichae		1	1
			Lanassa venusta	2	3	5
			Pista mediterranea	1		1
			Polycirrus medusa	1		1
			Streblosoma intestinale	5	2	7
			Terebellides sp.	1	1	2
			Trichobranchus roseus		1	1
		Sabellida				
			Euchone sp.		2	2
			Siboglinidae indet.	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
CRUSTACEA							
	Malacostraca	Cumacea	Diastylis sp.	1		1	
		Amphipoda	Tmetonyx sp.	1		1	
			Westwoodilla caecula	1		1	
MOLLUSCA							
	Caudofoveata		Caudofoveata indet.	10	4	14	
	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Laona quadrata	1		1	
	Bivalvia	Nuculoida	Nucula tumidula	1		1	
			Yoldiella nana		1	1	
		Arcoida	Bathyarca pectunculoides	1	2	3	
		Veneroida	Mendicula ferruginosa	18	11	29	
			Parathyasira equalis	1		1	
			Axinulus croulinensis	5	1	6	
			Thyasira obsoleta	10	10	20	
			Parvicardium minimum	3	1	4	
			Abra nitida	1		1	
			Kelliella miliaris	3	3	6	
		Pholadomyoidea	Tropidomya abbreviata		1	1	
	Scaphopoda	Gadilida	Entalina tetragona	1		1	
ECHINODERMATA							
	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiura carnea	2	4	6	
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1	
	Echinoidea	Spartangoida	Spartangoida indet. juv.	1		1	
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii		4	4	
				Maks:	30	20	50
				Antall:	47	35	60
				Sum:			329

Stasjonsnr.: C2

NEMERTINI

		Nemertea indet.		1	3	4
ECHIURIDA		Echiurus echiurus		2		2
SIPUNCULIDA		Golfingiidae indet.		1		1
		Onchnesoma squamatum		2	2	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Onchnesoma steenstrupii	5	8	13
			Phascolion strombus	2		2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia flava	4	1	5
			Levinsenia gracilis	2		2
		Spionida				
			Laonice sarsi	1		1
			Prionospio cirrifera	3	1	4
			Prionospio dubia	2		2
			Pseudopolydora paucibranchiata		1	1
			Spiophanes kroyeri	1		1
			Chaetozone setosa	1		1
			Chaetozone sp.	1		1
			Kirkegaardia sp.	1		1
			Macrochaeta polyonyx		1	1
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	9	17	26
			Notomastus latericeus	6	8	14
			Rhodine loveni		1	1
			Lumbriclymene cylindricauda	5	3	8
			Notoproctus sp.	5		5
			Chirimia biceps	6	3	9
			Clymenura borealis	6	2	8
			Euclymene affinis		1	1
			Euclymene lindrothi	1		1
			Heteroclymene robusta	1		1
			Isocirrus planiceps	2	2	4
			Euclymeninae indet.	1	1	2
		Opheliida				
			Ophelina cylindricauda	3	3	6
		Phyllodocida				
			Protomystides exigua		1	1
			Eunoe oerstedii	1		1
			Harmothoe mariannae	1		1
			Pholoe assimilis	1	2	3
			Pholoe baltica	1		1
			Hesiospina aurantiaca	2		2
			Exogone verugera	1	3	4
			Glycera lapidum	2		2
			Goniada maculata		1	1
			Nephtys paradoxa	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	22	15	37
		Eunicida				
			Nothria conchylega	2		2
			Paradiopatra fiordica	2		2
			Paradiopatra quadricuspis	1	1	2
			Augeneria sp.	5	6	11
		Oweniida				
			Galathowenia fragilis	1		1
		Flabelligerida				
			Pherusa falcata		1	1
			Pherusa flabellata	1	2	3
		Terebellida				
			Amphictene auricoma		4	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Anobothrus laubieri	1		1
			Amythasides macroglossus	34	24	58
			Eclysippe vanelli	26	25	51
			Melinna albicincta	1		1
			Sosane wahrbergi	1		1
			Amaeana trilobata	1		1
			Lanassa venusta	15	1	16
			Pista bansei	4	2	6
			Polycirrus medusa		1	1
			Streblosoma intestinale	15	9	24
			Terebellides sp.		1	1
			Octobranchus sikorskii	1	1	2
		Sabellida				
			Euchone elegans	1		1
			Euchone sp.		1	1
			Ditrupea arietina	1		1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Diastylodes biplicatus	1		1
		Amphipoda				
			Eriopisa elongata		1	1
			Harpinia sp.	2	1	3
		Decapoda				
			Munida sp.	1	1	2
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	10	17	27
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Diaphana globosa		1	1
			Hermania sp.	1	1	2
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula tumidula	2	1	3
			Ennucula corticata	6		6
			Yoldiella lucida	1		1
			Yoldiella nana	2		2
		Mytiloida				
			Dacrydium vitreum	1		1
		Arcoidea				
			Bathyarca pectunculoides	1		1
		Veneroida				
			Mendicula ferruginosa	16	25	41
			Parathyasira equalis	3	14	17
			Axinulus croulinensis	19	1	20
			Thyasira obsoleta	34	11	45
			Astarte sulcata	1		1
			Parvicardium minimum	1		1
			Abra nitida	3	1	4
			Kelliella miliaris	17		17
		Pholadomyoida				
			Cuspidaria lamellosa		1	1
			Cuspidaria rostrata	1	1	2
	Scaphopoda					
		Dentaliida				
			Antalis sp.		1	1
		Gadilida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Entalina tetragona	3	1	4
			Scaphopoda indet.	1		1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Ophiurida	Amphipholis squamata	1	1	2
			Ophiura carnea	1	4	5
			Ophiuroidea indet. juv.	4	1	5
	Holothuroidea	Apodida	Labidoplax buskii	6	6	12
			Myriotrochus vitreus	3		3
TUNICATA	Asciacea		Asciacea indet. (solit)	1		1
			Maks:	34	25	58
			Antall:	81	56	96
			Sum:			612

Stasjonsnr.: C3

NEMERTINI			Nemertea indet.	1	1	2
SIPUNCULIDA			Onchnesoma squamatum	5	1	6
			Onchnesoma steenstrupii	2	1	3
			Sipunculida indet. juv.		3	3
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida	Phylo grubei		1	1
			Levinsenia flava	2		2
		Spionida	Prionospio cirrifera	9		9
			Prionospio dubia	9	2	11
			Pseudopolydora paucibranchiata		1	1
			Tharyx killariensis		1	1
		Capitellida	Heteromastus filiformis	6	4	10
			Notomastus latericeus	5	1	6
			Lumbriclymene cylindricauda		4	4
			Chirimia biceps	2	1	3
			Isocirrus planiceps	1	2	3
			Euclymeninae indet.	3		3
			Maldanidae indet.		1	1
		Opheliida	Ophelina cylindricauda	3	3	6
			Scalibregma hanseni	1		1
		Phyllodocida	Bylgides groenlandicus	1		1
			Exogone verugera		1	1
			Glycera lapidum	1	1	2
			Goniada maculata		1	1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Nephtys hystericis	1		1
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	5	1	6
		Eunicida	Nothria conchylega	2		2
			Paradiopatra quadricuspis	1		1
			Augeneria sp.	3	2	5
			Scoletoma magnidentata		1	1
			Protodorvillea kefersteini	1		1
		Terebellida	Amphictene auricoma	1		1
			Anobothrus laubieri	2		2
			Amythasides macroglossus	26	13	39
			Eclysippe vanelli	29	24	53
			Melinna albicincta		3	3
			Lanassa venusta	3	1	4
			Pista bansei		1	1
			Pista mediterranea	1	2	3
			Streblosoma intestinale	10	7	17
			Terebellides sp.	1		1
			Octobranchus sikorskii	1		1
			Trichobranchus roseus		1	1
		Sabellida	Chone sp.	3	1	4
			Euchone sp.		1	1
			Siboglinidae indet.	1	4	5
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea	Eudorella sp.	2		2
		Amphipoda	Harpinia sp.	1		1
			Gammaridea indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	7	5	12
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea	Hermania sp.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida	Nucula tumidula		1	1
			Ennucula corticata		1	1
			Yoldiella nana	1	4	5
		Arcoida	Bathyarca pectunculoides	1	1	2
		Veneroida	Adontorhina similis	1		1
			Mendicula ferruginosa	22	24	46
			Mendicula pygmaea		1	1
			Parathyasira equalis	1		1
			Axinulus croulinensis	3	2	5
			Thyasira obsoleta	24	14	38
			Tellimya ferruginosa		1	1
			Abra nitida	2		2
			Kelliella miliaris	2	1	3
		Pholadomyoida	Tropidomya abbreviata	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Cuspidaria lamellosa	3		3
			Cuspidaria rostrata		1	1
	Scaphopoda					
		Gadilida				
			Entalina tetragona	2	1	3
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis		1	1
			Ophiura sarsii	1	2	3
			Ophiuroidea indet. juv.	2	1	3
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	3	4	7
			Maks:	29	24	53
			Antall:	51	50	71
			Sum:			380

Stasjonsnr.: C4

NEMERTINI

			Nemertea indet.	1	1	2
SIPUNCULIDA						
			Golfingiidae indet.	3	6	9
			Onchnesoma squamatum	1	1	2
			Onchnesoma steenstrupii	16	14	30
			Sipunculida indet.	2		2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Spionida				
			Prionospio dubia	4	3	7
			Spiophanes kroyeri	2	2	4
			Spiochaetopterus typicus	2		2
			Chaetozone sp.	1	2	3
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	15	29	44
			Mediomastus fragilis		19	19
			Rhodine loveni	1	1	2
			Lumbriclymene cylindricauda	3		3
			Notoproctus sp.		3	3
			Clymenura borealis	4	1	5
			Praxillella sp.		1	1
			Euclymeninae indet.	1		1
		Opheliida				
			Ophelina sp.		1	1
		Phyllodocida				
			Protomystides exigua	1	1	2
			Bylgides groenlandicus	1		1
			Psamathe fusca		1	1
			Glycera lapidum		1	1
			Goniada maculata	1		1
			Nephtys paradoxa		1	1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	7	5	12
		Eunicida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Paradiopatra quadricuspis	3	1	4
			Abyssoninoe scopa		1	1
			Augeneria sp.	1	2	3
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	5		5
			Amythasides macroglossus	2	3	5
			Eclysippe vanelli	6	12	18
			Pista mediterranea		1	1
			Polycirrus medusa		2	2
			Streblosoma intestinale	1	6	7
		Sabellida				
			Chone sp.		2	2
			Euchone southerni	5	2	7
			Euchone sp.	1		1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Eudorella sp.	1		1
		Amphipoda				
			Eriopisa elongata		3	3
			Synchelidium sp.	1		1
			Harpinia pectinata	1	3	4
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	1	6	7
	Prosobranchia					
		Mesogastropoda				
			Euspira montagui	1		1
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Laona quadrata	2		2
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula tumidula	2	2	4
			Ennucula corticata		1	1
			Yoldiella lucida	2		2
			Yoldiella nana	1	1	2
		Veneroida				
			Mendicula ferruginosa	13	8	21
			Parathyasira equalis	15	7	22
			Axinulus croulinensis	5	2	7
			Thyasira obsoleta	13	6	19
			Parvicardium minimum	2	1	3
			Abra nitida	6	8	14
			Kelliella miliaris	4	1	5
		Pholadomyoidea				
			Cuspidaria lamellosa		1	1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Ophiura sarsii	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	1	1	2
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	4		4
			Maks:	16	29	44
			Antall:	45	44	59
			Sum:			342

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C5						
CNIDARIA	Anthozoa					
			Actiniaria indet.	1		1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	2	1	3
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma squamatum	2	1	3
			Onchnesoma steenstrupii	1	1	2
ANNELIDA	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia flava	4		4
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	7		7
			Prionospio dubia	2		2
			Pseudopolydora paucibranchiata	1		1
			Spiophanes kroyeri	1		1
			Tharyx killariensis	2		2
			Chaetozone setosa	1		1
			Chaetozone sp.	2		2
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	2		2
			Notomastus latericeus	3	1	4
			Lumbriclymene cylindricauda	4		4
			Euclymeninae indet.	1		1
		Opheliida				
			Ophelina cylindricauda	5		5
		Phyllodocida				
			Fimbriosthenelais zetlandica	1		1
			Glycera lapidum	8	5	13
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	2	2	4
			Euphrosine cirrata	1		1
		Eunicida				
			Augeneria sp.	10		10
			Protodorvillea kefersteini	1		1
		Flabelligerida				
			Pherusa flabellata	1		1
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	3	1	4
			Anobothrus laubieri	1	1	2
			Amphicteis gunneri		1	1
			Amythasides macroglossus	20	6	26
			Eclysippe vanelli	14	1	15
			Sosane wireni	2		2
			Zatsepinia rittichae		1	1
			Streblosoma intestinale	1		1
			Terebellides sp.		1	1
		Sabellida				
			Chone sp.	1		1
			Euchone sp.	3		3
			Siboglinidae indet.	3	1	4
CRUSTACEA	Malacostraca					

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Tanaidacea				
			Apseudes spinosus	2		2
		Amphipoda				
			Harpinia pectinata	1		1
			Urothoe elegans	1	1	2
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	1	2	3
	Polyplacophora					
		Lepidopleurida				
			Leptochiton sarsi	1	2	3
	Bivalvia					
		Nuculoidea				
			Yoldiella nana		1	1
		Ostreoidea				
			Cyclopecten hoskynsi	2		2
			Pseudamussium peslutrae	1		1
		Veneroidea				
			Mendicula ferruginosa	4	2	6
			Parathyasira equalis		1	1
			Thyasira obsoleta	15	8	23
			Astarte montagui	1		1
		Pholadomyoidea				
			Tropidomya abbreviata	1		1
			Cuspidaria lamellosa	2		2
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphilepis norvegica		1	1
			Ophiura carnea	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.		1	1
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	1		1
			Maks:	20	8	26
			Antall:	47	23	54
			Sum:			190

Stasjonsnr.: Cref

PLATYHELMINTHES

			Platyhelminthes indet.		1	1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	3	3	6
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma squamatum	1		1
			Onchnesoma steenstrupii	6	7	13
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia flava	3	2	5
			Levinsenia gracilis	1		1
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	2	3	5
			Prionospio dubia	7	2	9
		Capitellida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Heteromastus filiformis	22	14	36
			Notomastus latericeus	4	2	6
			Rhodine loveni	1	1	2
			Lumbriclymene cylindricauda	7	8	15
			Notoproctus sp.	5		5
			Praxillura sp.		1	1
			Chirimia biceps	5	5	10
			Clymenura borealis	4	3	7
			Euclymene droebachiensis	1		1
			Isocirrus planiceps	1		1
			Euclymeninae indet.	11		11
			Maldanidae indet.		1	1
		Opheliida				
			Ophelina cylindricauda		1	1
			Ophelina sp.		1	1
			Scalibregma hanseni		1	1
			Scalibregma inflatum	1		1
		Phyllococida				
			Protomystides exigua		2	2
			Harmothoe mariannae	1		1
			Exogone verugera		1	1
			Glycera lapidum	4	3	7
			Nephtys hystericis	1		1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	12	18	30
		Eunicida				
			Nothria conchylega	2		2
			Paradiopatra fiordica	1		1
			Augeneria sp.	5	3	8
			Lumbrineris aniara	1		1
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	2	2	4
			Pherusa falcata	1		1
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	1		1
			Anobothrus laubieri	3		3
			Amythasides macroglossus	28	18	46
			Eclysippe vanelli	52	44	96
			Melinna albicincta		1	1
			Zatsepinia rittichae	1	1	2
			Lanassa venusta		1	1
			Pista cristata	2		2
			Streblosoma intestinale	12	8	20
			Terebellidae indet.	1		1
			Terebellides sp.		1	1
			Octobranthus sikorskii	1		1
		Sabellida				
			Chone sp.	1	2	3
			Euchone elegans		1	1
			Euchone southerni	1		1
			Euchone sp.		2	2
			Jasmineira candela	1		1
			Siboglinidae indet.	1	3	4
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Cumacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Eudorella sp.	1	1	2
			Diastylis cornuta		1	1
		Amphipoda	Eriopisa elongata	2	1	3
			Oediceropsis brevicornis	1		1
		Decapoda	Munida sp.		2	2
MOLLUSCA						
	Caudofoveata		Caudofoveata indet.	19	8	27
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea	Laona quadrata		1	1
			Hermania sp.		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida	Nucula tumidula	1	1	2
			Ennucula corticata		1	1
		Arcoidea	Batharca pectunculoides	1		1
		Ostreoidea	Pseudamussium peslutrae	1		1
		Veneroidea	Mendicula ferruginosa	37	28	65
			Parathyasira equalis	5	6	11
			Axinulus croulinensis	2	7	9
			Thyasira obsoleta	19	13	32
			Thyasira sarsii	1		1
			Astarte montagui		1	1
			Astarte sulcata	1		1
			Abra nitida	8	7	15
			Kelliella miliaris	6		6
		Pholadomyoidea	Tropidomya abbreviata	3	2	5
			Cuspidaria lamellosa	2		2
	Scaphopoda					
		Gadilida	Entalina tetragona	1	2	3
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida	Ophiura carnea	2		2
			Ophiura sarsii	1	1	2
	Holothuroidea					
		Apodida	Labidoplax buskii	5	3	8
			Myriotrochus vitreus		1	1
			Maks:	52	44	96
			Antall:	62	54	82
			Sum:			594
				TOTAL:	Maks:	96
					Sum:	2447

Vedlegg 2 Analysebeviser

Analyserapporten gir resultater fra to ekstra stasjoner (Fu1 og Fu2) som ikke inngår i undersøkelsen.

60730_Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_231118

Analysenr. 117



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

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Cermaq Norway AS
Kunde referanse: Mulen, Ny lokalitet 2018
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Kristine Steffensen

Dato: 11.01.2019

Rapport nr.: 60730
Analyseparameter(e): Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd
Kontaktperson: Kristine Steffensen

Analyseansvarlig:  (sign.)

Underskriftsberettiget:  (sign.)

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen på side 2.
Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

Totalt Nitrogen resultatene er uakkreditert grunnet høye avvik på parallellene

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

Side 1 av 3

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
60730/C1	C1	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	21.12.2018-09.01.19
60730/C2	C2	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019
60730/C3	C3	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019
60730/C4	C4	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019
60730/C5	C5	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019
60730/Cref	Cref	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019
60730/Fu1	Fu1	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN, Cu, Cd	21.12.2018-09.01.19
60730/Fu2	Fu2	Sediment	20.12.2018	Korn, TOM, TOC, TN	03.01.2019-09.01.2019

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderereferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou,A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på DIN 19539:2016
Totalt bundet nitrogen - Total-N	Elektrokjemisk deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 12260:2003
Kobber-Cu / Kadmium-Cd (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

	TOC	TN	TOM	Pelitt	> 0,063 mm	Cu*	N TOC	C/N	Cd*
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/g TS		mg/kg TS
C1	2,9	0,16	1,4	18,2	81,8	6,4	17,6	17,9	<0,10
C2	5,3	0,21	1,9	41,8	58,2	ia	15,7	25,1	ia
C3	3,7	0,19	1,1	14,5	85,5	ia	19,0	19,2	ia
C4	7,6	0,56	2,8	56,2	43,8	ia	15,5	13,6	ia
C5	3,0	0,26	1,3	14,4	85,6	ia	18,4	11,4	ia
Cref	3,7	0,34	1,5	36,8	63,2	ia	15,0	10,8	ia
Fu1	3,2	0,34	1,3	12,6	87,4	4,14	19,0	9,5	<0,10
Fu2	4,2	0,40	1,3	18,0	82,0	ia	19,0	10,6	ia

* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia
 Akkreditering Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

$$N\ TOC\ (Normalisert\ TOC) = målt\ TOC\ mg/g + 18 * (1 - F),\ der\ F = andel\ finstoff\ (pellitt)\ gitt\ ved\ \%pellitt/100.$$

ia = ikke analysert

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter ihht. Veileder 02:2013 (rev. 2015):

Normalisert TOC, mg/g TS	< 20	20-27	27-34	34-41	> 41
	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig

Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

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

Vedlegg 4 Skjema (B1 og B2)

Prøveskjema B.1

Firma:	Cermaq Norway AS
Lokalitet:	Mulen
Prøvetakingsansvarlig:	Vera Remen

Dato:	07.12.2018
Lokalitetsnr:	Ny lok


Gr	Parameter	Poeng	Prøvepunkt										Indeks			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B%	H%		
	Bunntype: B (bløt) eller H (hard)		H	H	B	B	H	H	H	H	H	H	20	80		
I	Dyr > 1mm	Ja (0) Nei (1)	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0				
II	pH	verdi	ut	ut	7,9	7,8	ut	ut	ut	ut	ut	ut				
	Eh (mV)	ORP	ut	ut	139	138	ut	ut	ut	ut	ut	ut				
		med ref. verdi			339	338										
	pH/Eh	fra figur	ut	ut	0	0	ut	ut	ut	ut	ut	ut	0,00			
	Tilstand prøve			ut	ut	1	1	ut	ut	ut	ut	ut	ut			
Tilstand, gruppe II			1	Buffer-temp	C		Sjø-temp	4,1 C		Sediment-temp	C					
pH sjø			8		ORP sjø		143 mV		Eh sjø		343 mV		Referanse-elektrode		200 mV	
III	Gassbobler	Ja (4) Nei (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		Brun/sort (2)														
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		Noe (2)														
		Sterk (4)														
	Konsistens	Fast (0)	0	0			0	0	0	0	0	0				
		Myk (2)			2	2										
		Løs (4)														
	Grabb- volum (v)	v < 1/4 (0)	0	0			0	0	0	0	0	0				
		1/4 < v < 3/4 (1)			1	1										
		v > 3/4 (2)														
	Tykkelse på slamlag	t < 2 cm (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
2 < t < 8 cm (1)																
t > 8 cm (2)																
Sum			0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Korrigert (*0,22)			0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13			
Tilstand prøve			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Tilstand gruppe III			1													
Middelverdi gruppe II og III			0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,07			
Tilstand prøve			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Tilstand gruppe II og III			1													
pH/Eh		Tilstand														
Korr.sum																
Indeks																
Middelverdi																
< 1,1			1													
1,1 - <2,1		2														
2,1 - <3,1		3														
≥3,1		4														
LOKALITETSTILSTAND:												1				

Grabb ID	K-4
pH / Eh ID	10








side 1 av 2 sider

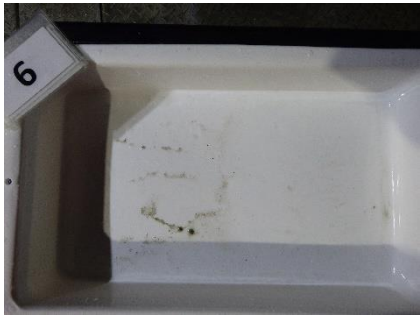




Prøveskjema B.2

Firma:	Cermaq Norway AS	Dato	07.12.2018
Lokalitet:	Mulen	Lokalitetsnr:	Ny lok
Prøvetakingsansvarlig:	Vera Remen		

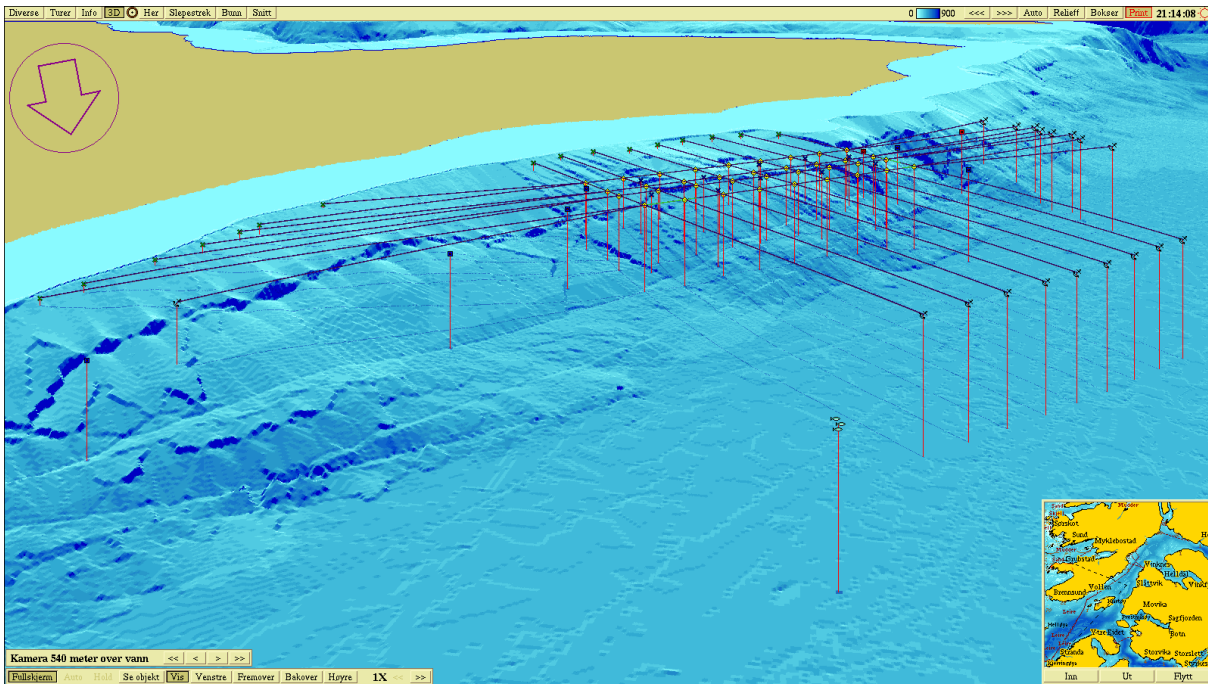
Prøvepunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyp (m)	183	181	170	190	189	137	142	127	122	140
Antall forsøk	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
Bobling (i prøve)										
Sedimenttype	Leire									
	Silt			X	X					
	Sand	(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
	Grus									
	Skjellsand									
Fjellbunn	X	X			X	X	X	X	X	X
Steinbunn	(X)									
Pigghuder, antall			2	1						
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall			3							
Børstemark, antall			100+	100+					4	2
Andre dyr, total antall										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentar	<p>Alle stasjonene hadde naturlig farget sediment, derfor satt til "Lys/grå (0)" i B1 skjema. For flere av stasjonen var det tydelig at grabb "rullet" ned skråning ved nedsenking (st. 2, 5, 6, 7, 8, 9 og 10). Det ble gjennomført to forsøk på hver av stasjonene som er satt som "H" i B1 skjema. Innholdet i grabb på disse stasjonene kan karakteriseres som skrap fra fjell (St. 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 og 10), hvor det er mindre enn 2 cm sediment slik at det ikke lot seg gjøre å måle pH/Eh.</p>									
Grabb	Areal [m ²]	0,025			Grabb ID	K-4				
Signatur prøvetakingsansvarlig:										side 2 av 2 sider

Vedlegg 5 Bilder av prøver ved Mulen

<i>St 1</i>	 A white rectangular tray containing a small amount of light-colored, granular material. A small white label with the number '1' is attached to the top left corner.	
<i>St 2</i>	 A white rectangular tray containing a small amount of light-colored, granular material. A small white label with the number '2' is attached to the top left corner.	
<i>St 3</i>	 A white rectangular tray containing two large, dark, irregularly shaped samples of material. A small white label with the number '3' is attached to the top left corner.	 A white rectangular tray containing a large amount of dark, granular material spread across the bottom. A small white label with the number '3' is attached to the top left corner.
<i>St 4</i>	 A white rectangular tray containing two large, dark, irregularly shaped samples of material. A small white label with the number '4' is attached to the top left corner.	 A white rectangular tray containing a large amount of dark, granular material spread across the bottom. A small white label with the number '4' is attached to the top left corner.
<i>St 5</i>	 A white rectangular tray containing a small amount of light-colored, granular material. A small white label with the number '5' is attached to the top left corner.	

<p><i>St 6</i></p>		
<p><i>St 7</i></p>		
<p><i>St 8</i></p>		
<p><i>St 9</i></p>		
<p><i>St 10</i></p>		

Vedlegg 6 Bunntopografi og 3D visning



Figur 9. Visning bunntopografi 3D ved Mulen. Det er ikke gjennomført bunnkartlegging. Kun enkelt datasett som er benyttet til dette plottet.