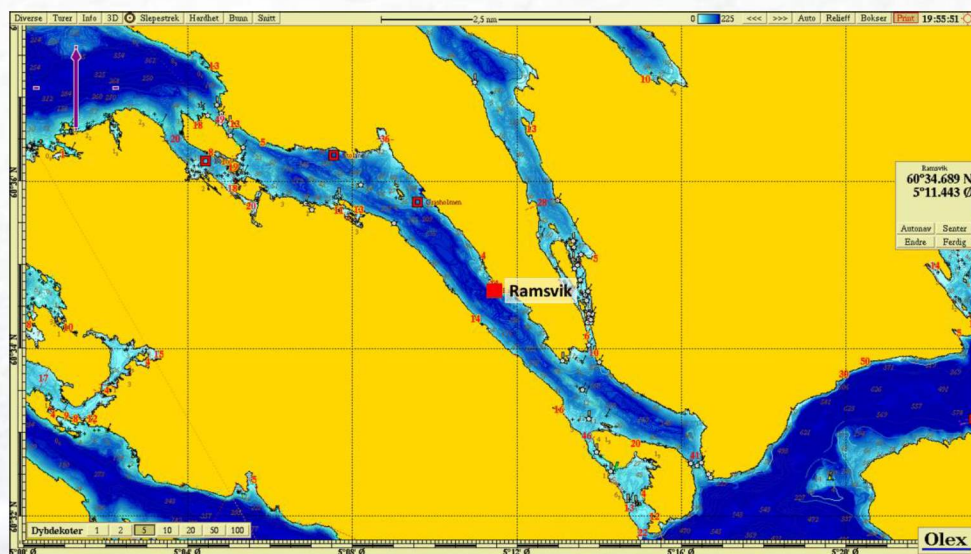


Lerøy Vest AS

C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Ramsvik, 2018.



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur
Org.nr: NO 937 375 158 MVA
Framsenteret, Postboks 6066 Langnes, 9296 Tromsø
Tlf: 77 75 03 00
www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Ramsvik, 2018

Forfatter(e)

Roger Velvin
Astrid Harendza

Akvaplan-niva rapport nr

APN60344-01

Dato

24-02-2019

Antall sider

16 + Vedlegg

Distribusjon

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver

Lerøy Vest AS
Skipavika 54
5397 Bekkjarvik

Oppdragsg. referanse

Sigfrid Tangen

Sammendrag

Det er gjennomført en C-undersøkelse ved lokaliteten Ramsvik. Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Ramsvik i 2018 viste at alle undersøkte sedimenter var tydelig belastet med organisk karbon i klasse V "Svært dårlig". Kobberkonsentrasjonen var også markert forhøyet og i klasse V på C1. Det ble registrert belastningseffekt i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1, men ikke i noen av de andre undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse IV "Dårlig" på stasjonen i anleggssonen (C1) og klasse II "God" på de andre stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Oksygenmetningen i slutten av juli var god i hele vannsøylen med 70 % i bunnvannet.

Ettersom den samlede klassifiseringen av stasjonene i overgangssonen (C3 og C4) ga tilstand II "God" skal C-undersøkelse utføres ved hver tredje produksjonssyklus iht. kapt. 8.7 i NS 9410.

Prosjektleder

A blue ink signature of Astrid Harendza.

Astrid Harendza

Kvalitetskontroll

A blue ink signature of Hans-Petter Mannvik.

Hans-Petter Mannvik

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERINGSTABELL C-UNDERSØKELSE	3
1.1 Oppsummering av C-undersøkelse.....	3
2 INNLEDNING	4
2.1 Bakgrunn og formål.....	4
2.2 Drift og fôrforbruk.....	5
2.3 Tidligere undersøkelser	5
3 MATERIALE OG METODE.....	6
3.1 Faglig program	6
3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	6
3.3 Hydrografi og oksygen	7
3.4 Sedimentundersøkelse	7
3.4.1 Feltinnsamlinger	7
3.4.2 Total organisk materiale (TOM).....	7
3.4.3 Total nitrogen (TN)	8
3.4.4 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	8
3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu).....	8
3.4.6 Redoks- og pH målinger.....	8
3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna.....	8
3.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	8
3.5.2 Innsamling og fiksering.....	9
3.5.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	9
4 RESULTATER.....	10
4.1 Hydrografi og oksygen	10
4.2 Sediment	10
4.2.1 TOM, TOC, TN, kornfordeling og pH/Eh	10
4.2.2 Kobber i anleggssonen.....	11
4.3 Bløtbunnfauna	11
4.3.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering	11
4.3.2 NS 9410 vurdering av bunndyrsamfunnet i anleggssonen.	12
4.3.3 Geometriske klasser.....	12
4.3.4 Clusteranalyser	13
4.3.5 Artssammensetning	13
5 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	15
5.1 Sammendrag	15
5.2 Konklusjoner	15
5.2.1 Miljøutvikling siden forrige C-undersøkelse i 2014	15
6 REFERANSER.....	16
7 VEDLEGG	17
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslister.....	17
Vedlegg 2. Analysebeviser	25
Vedlegg 3 - Resultater fra foregående undersøkelse (Velvin, 2015)	28

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type C ved oppdrettslokaliteten Ramsvik. Oppdragsgiver har vært Lerøy Vest AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra anlegget.

Følgende personer har deltatt:

Astrid Harendza	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Statistikk.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Marijana Stenrud Brkljacic	NIVA	Ansvarlig for opparbeiding bunndyr
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke Sigfrid Tangen for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

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

	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. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)	ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.

Ikke-akkrediterte tjenester: Hydrografimålinger og dybdekartlegginger (Olex).

Tromsø, 24.02.2019



Astrid Harendza

Prosjektleder

1 Oppsummeringstabell C-undersøkelse

1.1 Oppsummering av C-undersøkelse

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Ramsvik, 2018.		
Rapport nr.	APN60344-01	Lokalitet:	Ramsvik
Lokalitet nr.	11687	Kartkoordinater (anlegg):	60°34.689' N 05°11.443' Ø
Fylke:	Hordaland	Kommune:	Lindås
MTB-tillatelse:	2500 t	Driftsleder:	Jón Arnason
Oppdragsgiver:	Lerøy Vest AS		

Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato (31.07.2018)			
Fiskegruppe:	Ørret, flyttet i mai 2018	Biomasse ved undersøkelse:	0 t
Utfôret mengde:	714 t (2018)	Produsert mengde:	610 t (2018)
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	x
Brakklegging:	X	Ny lokalitet:	

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR (Veileder 02:2018)		Økologisk tilstandsklassifisering (Veileder 02:2018)	
Fauna C1 (innerst)	0,245	Fauna C1 (innerst)	Klasse IV
Fauna C2 (ytterst)	0,772	Fauna C2 (ytterst)	Klasse II
Fauna C3	0,752	Fauna C3	Klasse II
Fauna C4	0,751	Fauna C4	Klasse II
Fauna C3, C4	0,752	Fauna C3, C4	Klasse II
Dato feltarbeid:	31.07.2018	Dato rapport:	24.02.2019
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)		TOC i klasse V (alle stasjoner). Kobber i klasse V (C1) pH/Eh poeng 3 (C1) og 1 (C2,C3,C4) O ₂ -forholdene var gode i hele vannsøylen.	
Ansvarlig feltarbeid:	Astrid Harendza	Signatur:	

2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Foreliggende undersøkelser er gjennomført av Akvaplan-niva AS på oppdrag fra Lerøy Vest AS i forbindelse med bedriftens oppdrettsvirksomhet på lokaliteten Ramsvik, Radøy kommune i Hordaland fylke. Bakgrunnen for gjennomføringen av en miljøundersøkelse type C på lokaliteten Ramsvik er etter krav i henhold til NS 9410:2016.

C-undersøkelsen er en trendovervåkning av bunnforholdene i overgangssonen. Hoveddelen er en kvantitativ undersøkelse av bløtbunnfauna. I tillegg inngår hydrografiske, geologiske og kjemiske støtteparametere. Denne undersøkelsen er gjennomført i henhold til NS 9410:2016 kap 8.

Et oversiktskart med Ramsvik er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart over Radfjorden og område. Oppdrettsanleggene er markert med lokalitetsnummer og navn. Lokaliteten Ramsvik er uthevet med rød firkant.

2.2 Drift og fôrforbruk

Lokaliteten Ramsvik er godkjent for en MTB på 2500 tonn. Anlegget består av ti stålmerder (25 x 25 m).

Produksjon av siste generasjon fisk i Radfjorden (G17) fulgte det såkalte "barnehage-prinsippet". Fisken ble satt ut og sto på lokaliteten til den var omtrent 1 - 2 kg. Deretter ble fisken flyttet ut av Radfjorden til andre lokaliteter. G17 på Ramsvik hadde første utsett i september 2017. Fisk med snittvekt av 0,6 – 1,2 kg ble flyttet til andre lokaliteter i to omganger i april og mai 2018.

Denne C-undersøkelse ble gjort i midten av brakkleggingsperioden med ny utsett av fisk planlagt for november 2018. Produksjon ved Ramsvik er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Produksjon ved Ramsvik.

Utsett tidspunkt	Produsert i tonn ørret (rundvekt)	Fôrforbruk i tonn
2010	602	634
2011	3091	3797
2012	673	685
2013	2087	2944
2014	1911	2511
2015	264	328
2016	0	0
2017	476	534
2018	610	714

2.3 Tidligere undersøkelser

Det har blitt gjennomført miljøundersøkelser i form av to C-undersøkelser og flere B-undersøkelser på lokaliteten Ramsvik.

C-undersøkelsene ble tatt i 2007 og 2014 og fulgte den gamle standarden. Stasjonsplasseringen er derfor forskjellig og resultater er ikke direkte sammenlignbar.

En oversikt over tidligere gjennomførte undersøkelser på Ramsvik er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Tidligere gjennomførte undersøkelser ved Ramsvik.

Dato prøvetaking	Rapportnummer (Forfatter, 2018)	Produksjon inneværende generasjon (tonn)	Lokalitetstilstand
04.07.2018	B-und.; rapport: 1012/18 (Harendza, A., 2018)	brakk	2
08.02.2018	B-und.; rapport: 0219/18 (Kvalsvik Stenberg, S., 2018)	G17 - 875	2
28.08.2017	B-und.; rapport: 1249/17 (Harendza, A., 2017)	brakk	1
23.10.2015	B-und.; rapport: 6895-2015 (Dale, T., 2015)	brakk	1
03.09.2014	C-und.; rapport 7165.04 (Velvin, R., 2015)	G13 – 1733	
20.06.2014	B-und.; rapport 1193-2014 (Klungseth Johansen, Y., 2013)	G13 – 844	2
28.11.2013	B-und.; rapport 1081-2013 (Klungseth Johansen, Y., 2013)	G13 – 59	3
13.06. & 22.08.2012	B-und.; rapport 814-2012 (Berge-Haveland, F., 2012a)	brakk	2
23.10.2007	C-und.; rapport 100-2007 (Haveland, F., 2007)	-	2

3 Materiale og metode

3.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til NS 9410:2016. En oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 3.

Akvaplan-niva er akkreditert for feltinnsamlinger, opparbeiding og faglige vurderinger i henhold til gjeldende standarder og veiledere. 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.

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

Stasjon	Type analyse/parametere
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Cu. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOM. TOC. Korn. TN. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.

Feltarbeidet ble gjennomført 31.07.2018.

3.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

Lokaliteten Ramsvik ligger ca. 1 km sørøst fra Vetås kai i Rådfjorden. Rådfjorden er ca. 10 km lang og 1 km bred og går i retning sørøst/nordvest. Fjorden er åpen i begge ender og kan defineres som et gjennomgående strømsund, men samtidig smalner fjorden av i begge ender og er delvis tersklet. I nord løper Rådfjorden ut i Mangerfjorden, og i sør går den over i Kvernafjorden som munner ut i Osterfjorden. Bunnen under anlegget skråner i retning sør-sørvest med dybde mellom 40 og 156 m.

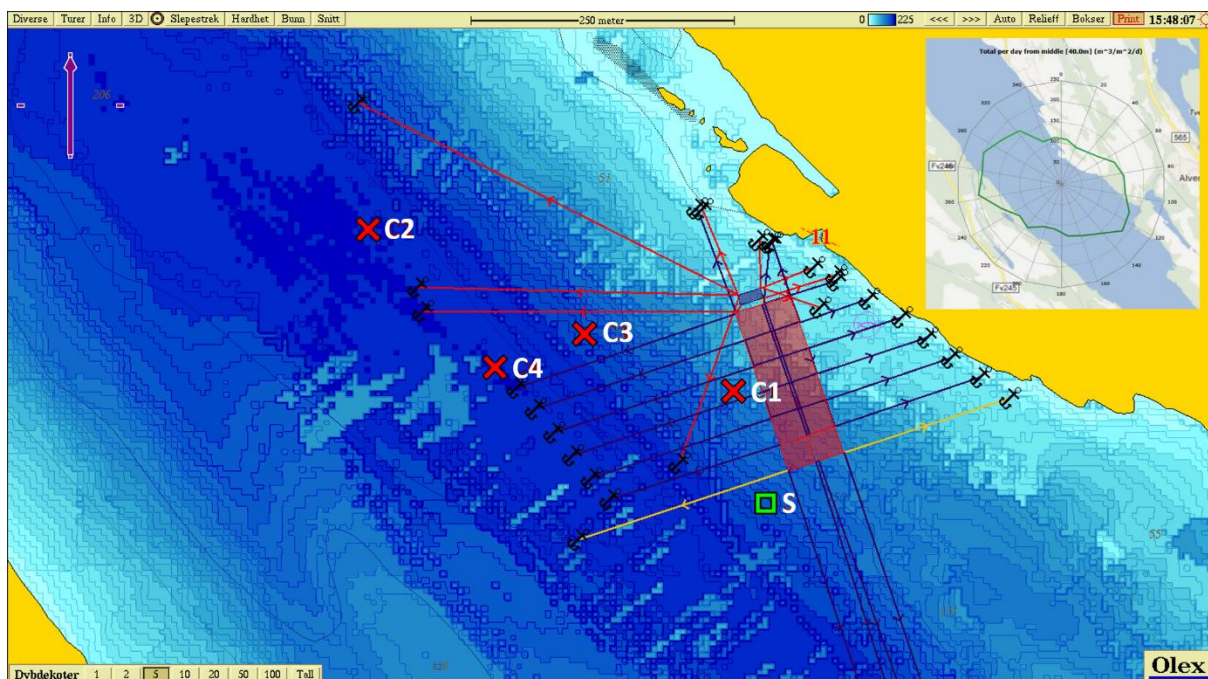
Strømmålinger viser at hovedstrømmen går i nordvest/sørøstlige retning og at den gjennomsnittlige spredningsstrømmen er 4 til 5 cm s⁻¹ (Berge-Haveland, F., 2012b).

Stasjonene C1 – 4 ble lagt nedstrøms i henhold til hovedretningen av spredningsstrøm (nordvest) på 40 m. Plasseringen av stasjonen C2 er identisk med posisjonen av stasjonen Ra2, som var tatt under C undersøkelsen i 2014. C4 er plassert i en dype område nordvest av anlegget og er derfor representativ for et dypområdet i overgangssonen.

En oversikt over stasjonsdyp og GPS-koordinater er gitt i Tabell 4. Stasjonsplasseringene er vist i Figur 2.

Tabell 4. Stasjonsdyp, avstand til merd og koordinater, Ramsvik, 2018.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon
C1	142	34	N 60°34,685 – Ø 05°11.382
C2	203	413	N 60°34,769 – Ø 05°11,002
C3	182	185	N 60°34,714 – Ø 05°11,227
C4	210	260	N 60°34,697 – Ø 05°11,133



Figur 2. Stasjonskart, Ramsvik, 2018. Prøvestasjoner for C-undersøkelsen (C1 – C4) er markert med røde kryss og strømmålingsstasjonen med et grønn firkant. Vannflux av spredningsstrømmen er vist øverst i høyre del av figuren.

3.3 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 204 sonde.

3.4 Sedimentundersøkelse

3.4.1 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 og Cu 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.

3.4.2 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.

3.4.3 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).

3.4.4 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
------------	---------------------	-------------------	------------------------	----------------------	------------------------

3.4.5 Metallanalyse - kobber (Cu)

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

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu 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
----------	------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

3.4.6 Redoks- og pH målinger

På alle stasjoner 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 (Oxydation Reduction Potential).

3.5 Undersøkelse av bløtbunnfauna

3.5.1 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 arts mangfold (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.

3.5.2 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.

3.5.3 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 (ES_{100}) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI_{2012}), 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.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2018 vanntype M3)

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'	5,9 - 3,9	3,9 - 3,1	3,1 - 2,0	2,0 - 0,9	0,9 - 0
ES_{100}	52 - 26	26 - 18	18 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI_{2012}	13,1 - 8,5	8,5 - 7,6	7,6 - 6,3	6,3 - 4,5	4,5 - 0
NSI	29 - 24	24 - 19	19 - 14	14 - 10	10 - 0
$nEQR$	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

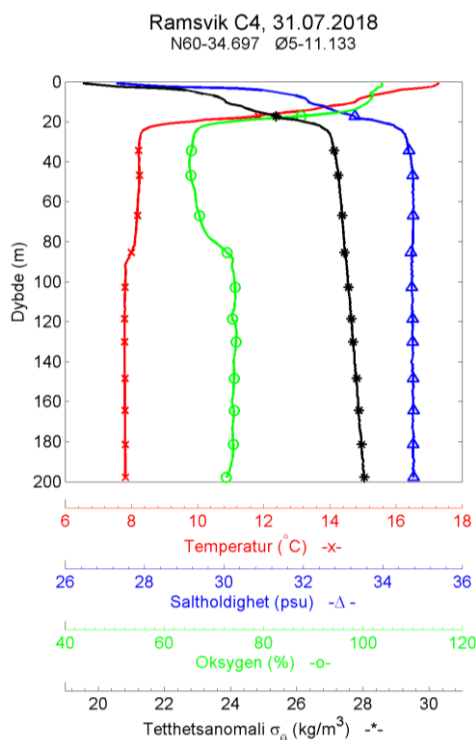
Det er også utført en samlet tilstandsklassifisering for stasjonene i overgangssonen iht. kap. 8.7 i NS 9410:2016. Stasjonene C1 og C2 er ikke med i denne beregningen.

4 Resultater

4.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Ramsvik 31.juli 2018 er vist i Figur 3.

Det ble registrert et sprangsjikt på 20 meters dyp. Temperaturen sank fra 17°C til 8°C fra overflaten til sprangsjiktet. Herfra lå temperaturen på 8°C ned til bunnen. Oksygenmetningen sank fra 110 % i overflaten til ca. 70 % fra sprangsjiktet til bunnen.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Ramsvik, 2018.

4.2 Sediment

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 høye med verdier mellom 16,2 (C4) og 33,9 % (C1). TN-nivåene var moderat forhøyet med verdier mellom 4,5 mg/g (C4) og 11,3 mg/g (C1) og det samme var C/N-forholdene (11,7 – 19,9). TOC-nivåene var tydelig forhøyet alle stasjonene med tilstandsklasse V "Svært dårlig". Nivået på C1 var markert forhøyet med målt TOC på 224,7 mg/g. Sedimentet var moderat grovkornet på C1 med pelittandel på 23 %, og finkornet på de andre stasjonene med pelittandel mellom 78 og 93 %.

Redoksmålingene (pH/Eh) ga poeng 3 for sedimentet på C1 og poeng 1 på de øvrige stasjonene 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. Ramsvik, 2018.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC *	Tilst.kl.*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Løs lag med fekalier og fôr på toppen, deretter svart sand/silt. Sterkt lukt og gassbobler.	33,9	224,8	238,7	V Svært dårlig	11,3	19,9	23	6,7/ -111
C2	Myk brun og lys silt på toppen (1 cm), deretter fast olivengrønn silt med innslag av leire. Noen svarte striper i sediment. Ingen lukt.	19,7	78,1	79,4	V Svært dårlig	6,7	11,7	93	7,5/ 189
C3	Myk olivengrønn silt på toppen (3 cm), deretter olivengrønn/brun silt og leire. Noe lukt i dypere delen av sedimentene.	19,3	67,5	71,5	V Svært dårlig	4,9	13,8	78	7,5/ 124
C4	Myk brun og lys silt på toppen (0.5 cm), deretter fast olivengrønn silt med innslag av leire. Ingen lukt.	16,2	52,5	55,5	V Svært dårlig	4,5	11,7	84	7,4/ 129

* 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).

4.2.2 Kobber i anleggssonen

Nivået av kobber i sedimentet på C1 er presentert i Tabell 6. Kobbernivået i anleggssonen var markert forhøyet med tilstandsklasse V.

Tabell 6. Metallanalyse for kobber (Cu) i mg/kg TS. Ramsvik, 2018. Tilstandsklassifisering iht. M-608/2016.

St.	Cu	Tilst.klassif. Cu
C1	1780	Klasse V

4.3 Bløtbunnfauna

4.3.1 Faunaindeks og økologisk tilstandsklassifisering

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

Antall individ varierte fra 153 (C1) til 191 (C2) og antall arter fra 3 (C1) til 38 (C2). På C1 viste faunaindeksene klasse V og III, mens samlet indeks nEQR ga økologisk tilstandsklasse IV "Dårlig". På de tre andre stasjonene viste de fleste indeksene, inklusiv nEQR, klasse II "God".

En samlet klassifisering av stasjonene i overgangssonen viste tilstandsklasse II.

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 ujevn på C1 med indeks 0,28. På de tre andre stasjonene var den jevn med indekser mellom 0,82 og 0,91.

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. Ramsvik, 2018. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2018 –vanntype M3.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
C1	153	3	0,22	2,0	0,25	7,15	14,13	0,245	4,432	0,28
C2	191	38	3,81	24,1	0,71	8,78	22,66	0,772	2,318	0,82
C3	163	35	3,85	23,6	0,67	8,38	23,07	0,752	2,877	0,84
C4	116	26	3,86	19,0	0,69	9,13	23,72	0,751	2,397	0,91

Samlet klassifisering for overgangssonen (C1 og C2 ikke med)

C3 og C4			3,86	21,3	0,68	8,76	23,40	0,752	2,637	0,86
----------	--	--	------	------	------	------	-------	-------	-------	------

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

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 3 "Dårlig". Kriteriet for tilstand 3 er tilstedeværelse av 1 - 4 arter/0,2 m². 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, Ramsvik, 2018.

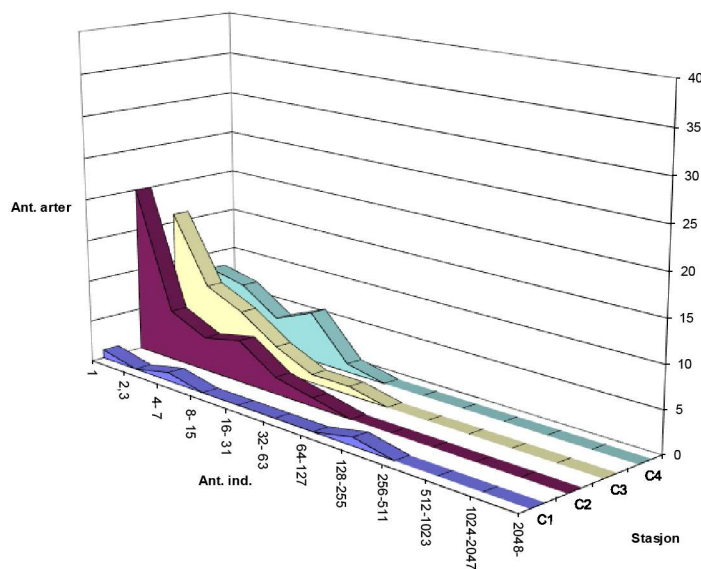
Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa -%	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Ramsvik	3	Ophryotrocha sp. – 96 %	3 - Dårlig

4.3.3 Geometriske klasser

Figur 4 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.

Kurven for stasjon C1 startet lavest og strakk seg langt ut mot høyere klasser. Dette kan indikere faunaforstyrrelse på stasjonen. For de tre andre stasjonene startet kurvene noe høyere og strakk seg i varierende grad ut mot høyere klasser. Disse ga ingen klare indikasjoner på fauna-tilstanden.

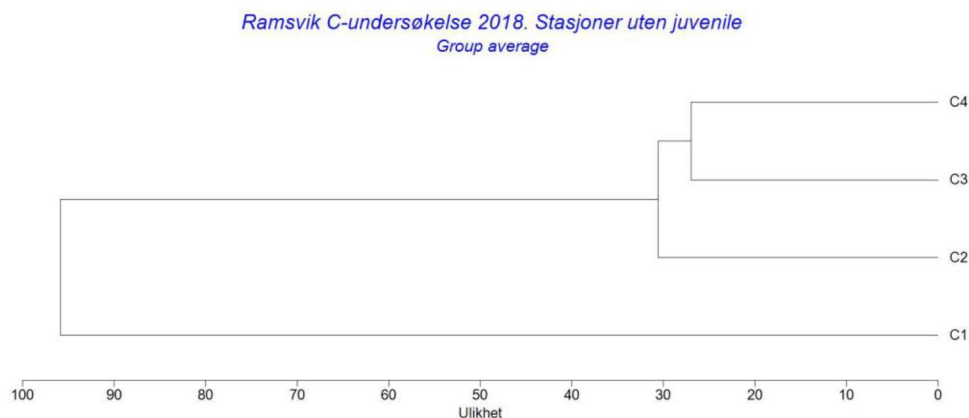


Figur 4. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Ramsvik, 2018 (pr. 0,2 m²).

4.3.4 Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet (se metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 5. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 (0 %) ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 100 (100 %) ulikhet. Metoden gjør det dermed mulig å identifisere grupper av stasjoner med like arts- og individforhold. I tillegg gjør den det lettere å synliggjøre eventuelle avvik som for eksempel kan knyttes til antropogene påvirkninger av bunndyrssamfunnet.

Faunasammensetningen på C2, C3 og C4 var mer enn 70 % lik og C1 var kun 4 % lik de tre andre stasjonene.



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Ramsvik, 2018.

4.3.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en "topp ti" artsliste fra hver stasjon i Tabell 9. I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i fem økologiske grupper (Ecological groups; EG) basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Disse gruppene går fra sensitive arter (gruppe I) til forurensningsindikatorer (pollution indicator species; gruppe V).

På C1 dominerte den opportunistiske børstemarken *Ophryotrocha* sp med 96 % av individene. De to andre artene var opportunistisk og tolerant.

På C2 var den tolerante muslingen *Thyasira* sp. mest tallrik med 20 % av individmengden, mens den nøytrale børstemarken *Aphelochaeta* sp. dominerte på C3 og C4 med hhv. 25 og 15 % av individene. På de tre sistnevnte stasjonene var det flest tolerante, men også nøytrale, opportunistiske og sensitive arter blant topp-10.

Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant de 10 mest dominerende taksa på noen av stasjonene.

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

C1	Ant.	Kum.	EG	C2	Ant.	Kum.	EG
<i>Ophryotrocha</i> sp.	147	96 %	IV	<i>Thyasira</i> sp.	38	20 %	III
<i>Mytilus edulis</i>	5	99 %	IV	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	22	31 %	III
<i>Thyasira</i> sp.	1	100 %	III	<i>Aphelochaeta</i> sp.	20	41 %	II
				<i>Ceratocephale loveni</i>	14	48 %	III
				<i>Thyasira equalis</i>	13	55 %	III
				<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	11	61 %	IV
				<i>Abyssoninoe hibernica</i>	10	66 %	I
				<i>Polycirrus plumosus</i>	8	70 %	II
				<i>Prionospio dubia</i>	6	73 %	I
				<i>Thyasira sarsii</i>	6	76 %	IV
C3	Ant.	Kum.	EG	C4	Ant.	Kum.	EG
<i>Aphelochaeta</i> sp.	41	25 %	II	<i>Aphelochaeta</i> sp.	18	15 %	II
<i>Thyasira equalis</i>	20	37 %	III	<i>Thyasira</i> sp.	14	27 %	III
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	13	45 %	I	<i>Ceratocephale loveni</i>	9	35 %	III
<i>Thyasira</i> sp.	12	52 %	III	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	9	43 %	IV
<i>Polycirrus plumosus</i>	9	57 %	II	<i>Thyasira equalis</i>	9	50 %	III
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	7	61 %	III	<i>Abyssoninoe hibernica</i>	8	57 %	I
<i>Chaetozone setosa</i>	6	65 %	IV	<i>Polycirrus plumosus</i>	8	64 %	II
<i>Nemertea</i> indet.	6	69 %	III	<i>Kelliella miliaris</i>	5	68 %	III
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	6	72 %	IV	<i>Diplocirrus glaucus</i>	4	72 %	II
<i>Ceratocephale loveni</i>	4	75 %	III	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	4	75 %	III

*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.

5 Sammenfattende vurderinger

5.1 Sammendrag

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Ramsvik i 2018, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i vannsøylen på dypstasjonen C4. Oksygenmetningen var 70 % i bunnvannet 31. juli 2018.
- TOM-nivåene var høye med verdier mellom 16,2 (C4) og 33,9 % (C1). TN-nivåene var moderat forhøyet med verdier mellom 4,5 mg/g (C4) og 11,3 mg/g (C1) og det samme var C/N-forholdene (11,7 – 19,9). TOC-nivåene var tydelig forhøyet på alle stasjonene med tilstandsklasse V "Svært dårlig". Nivået på C1 var markert forhøyet. Sedimentet var moderat grovkornet på C1 og finkornet på de andre stasjonene med pelittandel mellom 78 og 93 %.
- Klassifisering av økologisk tilstand, basert på faunaindeksene i veileder 02:2018, viste klasse IV "Dårlig" for bløtbunnsamfunnet i anleggssonen (C1) og klasse II "God" for de øvrige undersøkte bløtbunnsamfunnene. En samlet økologisk klassifisering for stasjon C3 og C4 i overgangssonen ga klasse II. NS 9410:2016-vurdering av samfunnet i anleggssonen viste miljøtilstand 3 (Dårlig). Det ble registrert opportunistiske og tolerante arter blant topp-10 på samtlige stasjoner, men ingen forurensningsindikatorer.

5.2 Konklusjoner

Resultatene fra overvåkingen ved oppdrettslokaliteten Ramsvik i 2018 viste at alle undersøkte sedimenter var tydelig belastet med organisk karbon i klasse V "Svært dårlig". Kobberkonsentrasjonen var også markert forhøyet og i klasse V på C1. Det ble registrert belastningseffekt i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1, men ikke i noen av de andre undersøkte bløtbunnsamfunnene. Økologisk tilstandsklassifisering ga klasse IV "Dårlig" på stasjonen i anleggssonen (C1) og klasse II "God" på de andre stasjonene. Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-10 på noen av stasjonene. Oksygenmetningen i slutten av juli var god i hele vannsøylen med 70 % i bunnvannet.

Ettersom den samlede klassifiseringen av stasjonene i overgangssonen (C3 og C4) ga tilstand II "God" skal C-undersøkelse utføres ved hver tredje produksjonssyklus iht. kapt. 8.7 i NS 9410.

5.2.1 Miljøutvikling siden forrige C-undersøkelse i 2014

Det ble gjennomført en C-undersøkelse på tre stasjoner (nær-, overgangs- og fjernsone) ved lokaliteten i 2014 (Velvin, 2015). Koordinater og dyp for Ra2 i overgangssonen er omtrent de samme som for C2 i foreliggende undersøkelse. Resultatene fra 2014 (se Vedlegg 3) viste at TOC og kobber i sedimentet var forhøyet i hhv. klasse V og IV på stasjonen. Diversitetsindeksene (H' og ES100) lå i tilstandsklasse II, som er samme som i 2018. Bløtbunnsamfunnet i nærsone fikk miljøtilstand 3 "Dårlig" (NS 9410), som er samme tilstand som anleggssonestasjonen fikk i 2018.

En sammenligning av resultatene fra de to undersøkelsene tyder på at miljøtilstanden ikke er vesentlig endret siden 2014.

6 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*.
- Berge-Haveland, F., 2012a. *Resipientgransking, MOM B, Lokalitet Ramsvik, Lindås kommune*. Resipientanalyse AS, rapport 814-2012.
- Berge-Haveland, F., 2012b. *Straummåling, NS9425-2, Lokalitet Ramsvik, Lindås kommune*. Resipientanalyse AS, rapport 740-2012.
- Dale, T., 2015. *Lerøy Vest AS, Miljøundersøkelser type B, Ramsvik, Oktober 2015*. NIVA, rapport 6895-2015.
- Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Harendza, A., 2018. *Lerøy Vest AS, Miljøundersøkelser type B, Ramsvik, Juli 2018*. NIVA, rapport 1012/18.
- Harendza, A., 2017. *Lerøy Vest AS, Miljøundersøkelser type B, Ramsvik, August 2017*. NIVA, rapport 1249/17.
- Haveland, F., 2007. *Resipientgransking, C-undersøkelse, Lokalitet Ramsvik, Lindås kommune*. Resipientanalyse AS, rapport 100-2007.
- 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.
- Klungseth Johansen, Y., 2013. *Resipientgransking, MOM B, Lokalitet Ramsvik, Lindås kommune*. Resipientanalyse AS, rapport 1081-2013.
- Klungseth Johansen, Y., 2014. *Resipientgransking, MOM B, Lokalitet Ramsvik, Lindås kommune*. Resipientanalyse AS, rapport 1193-2014.
- Kvalsvik Stenberg, S., 2018. *Lerøy Vest AS, Miljøundersøkelser type B, Ramsvik, Februar 2018*. NIVA, rapport 0219/18.
- 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 macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.
- Velvin, R., 2015. *Sjøtroll Havbruk AS og Lerøy Vest AS. C undersøkelse på oppdrettslokaliteten Ramsvik 2014*. Akvaplan-niva AS, rapport 7165.04.

7 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 forurensning 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 topper. 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/forurensning. 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 kvadrattrot-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-consept 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 Ramsvik, 2018:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4
no. ind.	623	153	191	163	116
no. spe.	52	3	38	35	26

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1 01	C1 02	C2 01	C2 02	C3 01	C3 02	C4 01	C4 02
no. ind.	623	77	76	114	77	47	116	61	55
no. spe.	52	3	1	26	24	22	27	20	18
Shannon-Wiener:		0,4	0,0	3,7	3,9	3,9	3,8	3,8	3,9
Pielou		0,28		0,79	0,85	0,87	0,81	0,89	0,93
ES100		3	1	24	24	22	25	20	18
SN		0,75	0,00	2,09	2,16	2,29	2,11	2,12	2,08
ISI-2012		6,81	7,50	8,71	8,86	8,66	8,11	9,51	8,74
AMBI		4,364	4,5	2,602	2,033	2,713	3,04	2,339	2,455
NQI1		0,32	0,18	0,69	0,73	0,69	0,66	0,70	0,68
NSI		14,2	14,1	21,7	23,6	22,9	23,3	24,3	23,2
DI		0,164	0,169	0,007	0,164	0,378	0,014	0,265	0,310

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C1	C2	C3	C4
Shannon-Wiener:		0,22	3,81	3,85	3,86
Pielou		0,28	0,82	0,84	0,91
ES100		2,0	24,1	23,6	19,0
SN		0,37	2,13	2,20	2,10
ISI-2012		7,15	8,78	8,38	9,13
AMBI		4,432	2,318	2,877	2,397
NQI1		0,25	0,71	0,67	0,69
NSI		14,13	22,66	23,07	23,72
Normalisert EQR:					
Shannon-Wiener:		0,049	0,777	0,788	0,789
ES100		0,080	0,752	0,739	0,625
ISI-2012		0,531	0,812	0,774	0,827
NQI1		0,160	0,774	0,698	0,726
NSI		0,405	0,746	0,763	0,789
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}		0,245	0,772	0,752	0,751

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4
1	1	20	16	8
2,3	0	6	8	7
4- 7	1	4	6	4
8- 15	0	5	3	6
16- 31	0	2	1	1
32- 63	0	1	1	0
64-127	0	0	0	0
128-255	1	0	0	0
256-511	0	0	0	0

Artsliste

Ramsvik C-undersøkelse 2018

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1						
ANNELIDA	Polychaeta	Eunicida				
			Ophryotrocha sp.	71	76	147
MOLLUSCA	Bivalvia	Mytiloida				
			Mytilus edulis	5		5
		Veneroida				
			Thyasira sp.	1		1
Maks:				71	76	147
Antall:				3	1	3
Sum:						153
Stasjonsnr.: C2						
CNIDARIA	Anthozoa					
			Stylatula elegans	1		1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.		1	1
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	1		1
		Spionida				
			Prionospio dubia	1	5	6
			Pseudopolydora paucibranchiata	9	2	11
			Spiochaetopterus typicus	1		1
			Aphelochaeta sp.	17	3	20
			Chaetozone setosa	2		2
		Capitellida				
			Rhodine loveni	1		1
		Opheliida				
			Polyphysia crassa		1	1
			Scalibregma inflatum	1		1
		Phyllodocida				
			Bylgides sarsi		1	1
			Pholoe pallida	1	3	4
			Syllis cornuta	1	1	2
			Ceratocephale loveni		14	14
			Glycera alba		1	1
			Nephtys sp.		1	1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	10	12	22
		Eunicida				
			Abyssoninoe hibernica	6	4	10
			Augeneria sp.	1	1	2
		Oweniida				
			Galathowenia oculata	3		3
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1		1
		Terebellida				
			Sosane wahrbergi	6		6
			Polycirrus plumosus	2	6	8

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
CRUSTACEA	Malacostraca	Amphipoda	Eusirus longipes		1	1
		Crustacea indet. juv.		2	1	3
MOLLUSCA	Solenogastres	Solenogastres indet.		1		1
	Bivalvia	Nuculoida	Nucula sp.		1	1
			Nucula tumidula	1		1
		Veneroida	Mendicula ferruginosa	1	1	2
			Thyasira equalis	10	3	13
			Thyasira sarsii	6		6
			Thyasira sp.	28	10	38
			Abra nitida	1		1
			Kelliella miliaris	1		1
		Pholadomyoida	Tropidomya abbreviata		2	2
		Bivalvia indet.			1	1
ECHINODERMATA	Ophiuroidea	Ophiurida	Amphiura chiajei		1	1
	Echinoidea	Spartangoida	Brissopsis lyrifera		1	1
<i>Maks:</i>				28	14	38
<i>Antall:</i>				27	25	39
<i>Sum:</i>						194
<i>Stasjonsnr.: C3</i>						
CNIDARIA	Anthozoa	Stylatula elegans			1	1
NEMERTINI		Nemertea indet.			6	6
ANNELIDA	Polychaeta	Spionida	Prionospio dubia	2	2	4
			Pseudopolydora paucibranchiata	1	5	6
			Spiophanes kroyeri	1	1	2
			Spiochaetopterus typicus	1		1
			Aphelocheata sp.	9	32	41
			Chaetozone setosa		6	6
		Capitellida	Heteromastus filiformis		2	2
			Rhodine loveni	1		1
		Opheliida	Scalibregma inflatum	1	1	2
		Phyllodocida	Pholoe pallida	1		1
			Neogyptis rosea		1	1

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum	
			Oxydromus flexuosus		1	1	
			Syllis cornuta	1	1	2	
			Ceratocephale loveni	2	2	4	
		Amphinomida					
			Paramphinome jeffreysii	1	6	7	
		Eunicida					
			Abyssoninoe hibernica	2	11	13	
		Oweniida					
			Galathowenia oculata		1	1	
		Flabelligerida					
			Diplocirrus glaucus	1		1	
		Terebellida					
			Amythasides macroglossus		1	1	
			Sosane wahrbergi		1	1	
			Polycirrus plumosus	3	6	9	
			Trichobranchus roseus		1	1	
		Sabellida					
			Jasmineira candela		1	1	
CRUSTACEA							
	Malacostraca						
		Amphipoda					
			Caprella sp.	1		1	
MOLLUSCA							
	Bivalvia						
		Veneroida					
			Adontorhina similis		3	3	
			Mendicula ferruginosa		1	1	
			Thyasira equalis	10	10	20	
			Thyasira sarsii	3		3	
			Thyasira sp.	2	10	12	
			Abra nitida	1	1	2	
			Kelliella miliaris	1	2	3	
		Pholadomyoida					
			Tropidomya abbreviata	1		1	
ECHINODERMATA							
	Ophiuroidea						
		Ophiurida					
			Amphiura chiajei	1		1	
		Ophiuroidea indet. juv.		2	1	3	
				Maks:	10	32	41
				Antall:	23	28	36
				Sum:			166
Stasjonsnr.: C4							
CNIDARIA							
	Anthozoa						
			Stylatula elegans	1		1	
NEMERTINI							
			Nemertea indet.		1	1	
ANNELIDA							
	Polychaeta						
		Spionida					
			Prionospio dubia	1	2	3	
			Pseudopolydora paucibranchiata	4	5	9	
			Aphelocheata sp.	10	8	18	
			Chaetozone setosa	1		1	
		Capitellida					
			Rhodine loveni		2	2	

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Opheliida				
		Scalibregma inflatum			4	4
		Phyllodocida				
		Pholoe pallida		3		3
		Exogone verugera			1	1
		Syllis cornuta			1	1
		Ceratocephale loveni		7	2	9
		Amphinomida				
		Paramphinoe jeffreysii		2	2	4
		Eunicida				
		Abyssoninoe hibernica		5	3	8
		Flabelligerida				
		Diplocirrus glaucus		1	3	4
		Terebellida				
		Amythasides macroglossus		1		1
		Sosane wahrbergi		1	1	2
		Polycirrus plumosus		5	3	8
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
		Caudofoveata indet.		2		2
	Bivalvia					
		Veneroida				
		Thyasira equalis		2	7	9
		Thyasira sp.		9	5	14
		Parvicardium minimum			1	1
		Abra nitida		1		1
		Kelliella miliaris		1	4	5
		Pholadomyoida				
		Tropidomya abbreviata		2		2
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
		Amphiura chiajei		2		2
		Ophiuroidea indet. juv.			1	1
		Maks:	10	8		18
		Antall:	20	19		27
		Sum:				117
		TOTAL:			Maks:	147
					Sum:	630

Vedlegg 2. Analysebeviser

60344 Kjemirapport C-undersøkelse m klassifisering.xlsx_110119

Rev. 01/2018



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: Lerøy Vest AS
Kunde referanse: Ramsvik C undersøkelse 2018
Kontaktperson kunde:
e-post:

Kontaktperson Akvaplan-niva: Astrid Harendza

Dato: 15.01.2018

Rapport nr.: 60344
Analyseparameter(e): Kom, TOM, TOC, TN og Cu
Kontaktperson: Ida G Tveter

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: TOC-resultat for stasjon C1-C3 er høyt og for TOC-verdier større enn ca 60 mg/g TS kan det gi underestimert TN-resultat, og derved gi forhøyet C/N-verdi.

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
60344/C1	C1	Sediment	02.08.2018	Korn, TOM, TOC, TN & Cu	17.08.18 - 17.09.18
60344/C2	C2	Sediment	02.08.2018	Korn, TOM, TOC & TN	28.08.18 - 17.09.18
60344/C3	C3	Sediment	02.08.2018	Korn, TOM, TOC & TN	28.08.18 - 17.09.18
60344/C4	C4	Sediment	02.08.2018	Korn, TOM, TOC & TN	28.08.18 - 17.09.18

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. MERK: ved TOC-verdier større enn ca 60 mg/g TS kan TN-resultater bli underestimert
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 [#]
Kundens id.:	mg/g TS	mg/g TS	% TS	vekt%	vekt%	mg/kg TS	mg/g TS	
C1	224,8	11,3	33,9	22,6	77,4	1780	238,7	19,9
C2	78,1	6,7	19,7	93,0	7,0	ia	79,4	11,7
C3	67,5	4,9	19,3	77,7	22,3	ia	71,5	13,8
C4	52,5	4,5	16,2	83,6	16,4	ia	55,5	11,7

* 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

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

** Analysen er ikke akkreditert

ia = ikke analysert

[#]) TOC-resultat større enn ca 60 mg/g TS kan gi underestimert TN-resultat og derved gi forhøyet C/N-verdi

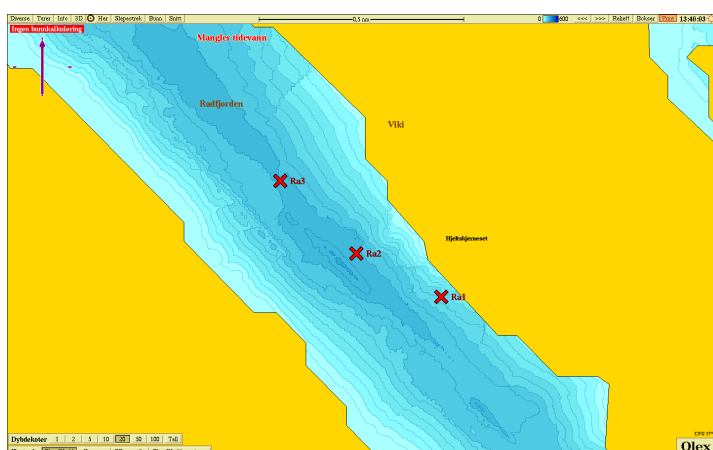
Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sedimenter ihht. Veileder 02:2013 (rev. 2015):

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

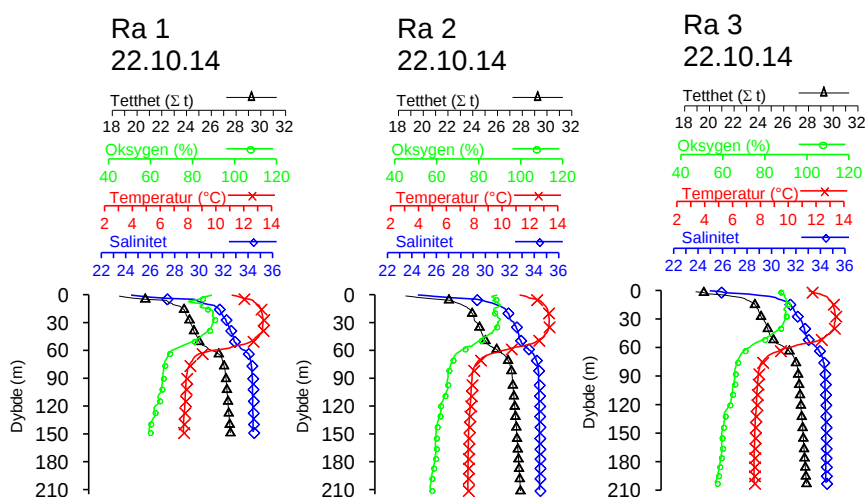
Tilstandsklassifisering for kobber (Cu) i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016):

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

Vedlegg 3 - Resultater fra foregående undersøkelse (Velvin, 2015)



Stasjonskart, Ramsvik 2014.



Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Ramsvik 2014.

Sedimentanalyser. TOC, kornfordeling og pH/Eh. Ramsvik 2014. Ip = ikke prøvetatt.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandskl.*	Pelitt= % <0,063 mm	pH/Eh (redoks)
Ra 1	Topplag med fekalier og før. Svart sand/silt under. Gassdannelse	ip	ip	ip	ip	6,0 / -230
Ra 2	Grågrønn leire. Ingen synlige belastninger. Frisk lukt	60,5	62,1	V Meget dårlig	90,9	
Ra 3	Grågrønn leire. Ingen synlige belastninger. Frisk lukt	46,6	48,4	V Meget dårlig	90,3	

Sedimentanalyser. Total fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu), alle i mg/kg TS, Ramsvik 2014. Ip = ikke prøvetatt.

St.	TOT-P	Zn	Tilst.klassif. Zn	Cu	Tilst.klassif. Cu
Ra 1	ip	ip	ip	ip	ip
Ra 2	2360	132,0	I Bakgrunn	97,8	IV Dårlig
Ra 3	1900	104,0	I Bakgrunn	67,4	IV Dårlig

Semikvantitativ bunndyranalyse. Liste over taxa og forekomster av bunndyr på Ra 1, Ramsvik 2014. Miljøtilstand vurdert iht. Norsk standard -klassifisering (NS 9410). 0= ikke funnet, X=Tilstede, XX=Få, XXX=Hyppig, XXXX=Svært hyppig

Gruppe	Taxa	Forekomst, Ra 1
Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>	XX
	<i>Ophryotrocha</i> sp.	XXXX
Crustacea		0
Mollusca		0
Echinodermata		0
Varia		0
Ant. arter		2
NS 9410	<i>Klassifisering av miljøtilstand</i>	3 (Dårlig)

Antall arter og individer (pr. 0,2 m²), diversitetsindekser og jevnhet i bløtbunnsamfunnene (snitt av to replikater), Ramsvik 2014. H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES_{100} = Hurlberts diversitetsindeks. $NQI1$ = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI_{2012} = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks iht. Vannforskriften (Veileder 02:2013).

St.	Individtall	Ant arter	H'	ES_{100}	$NQI1$	ISI_{2012}	NSI	J
Ra 2	1468	82	3,11 II	22,0 II	0,64 II	8,68 II	19,72 III	0,53
Ra 3	952	55	2,44 III	17,4 II	0,60 III	8,59 II	19,18 III	0,46

Antall individer, kumulert prosent og økologisk gruppe* (Ecological groups = EG (NSI); fra Rygg & Norling, 2013) for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Blom 2014. ik = ikke kjent gruppe.

BI 2	Ant.	Kum.	EG	BI 3	Ant.	Kum.	EG
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	837	57 %	IV	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	582	61 %	IV
<i>Paramphinoe jeffreysii</i>	168	68 %	III	<i>Paramphinoe jeffreysii</i>	142	76 %	III
<i>Thyasira sarsi</i>	67	73 %	IV	<i>Spiophanes kroyeri</i>	27	79 %	III
<i>Spiophanes kroyeri</i>	53	77 %	III	<i>Abyssoninoe scopa</i>	19	81 %	ik
<i>Thyasira equalis</i>	37	79 %	III	<i>Thyasira equalis</i>	17	83 %	III
<i>Sabellides octocirrata</i>	24	81 %	I	<i>Thyasira sarsi</i>	16	84 %	IV
<i>Nemertini indet.</i>	19	82 %	III	<i>Ceratocephale loveni</i>	15	86 %	III
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	15	83 %	I	<i>Chaetozone</i> sp.	12	87 %	III
<i>Delectopecten vitreus</i>	14	84 %	III	<i>Galathowenia oculata</i>	9	88 %	III
<i>Abra nitida</i>	13	85 %	III	<i>Aphelocheata</i> sp.	8	89 %	III

*Økologiske grupper: I = sensitive arter. II = nøytrale arter. III = tolerante arter. IV = opportunistiske arter.

V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling 2013.