

Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Cermaq Norway AS. C-undersøkelse på oppdrettslokaliteten Flehammer, 2015.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Bård Worum

Akvaplan-niva rapport nr / report no

7478.01

Dato / Date

16.06.2015

Antall sider / No. of pages

14 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Cermaq Norway AS

8236 Nordfold

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Truls Hansen

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en miljøovervåking type C på oppdrettslokaliteten Flehammer. Resultatene viste at miljøforholdene på bunnen ikke var påvirket av oppdrettsvirksomheten. Det ble ikke påvist belastningseffekter i sedimenter eller bløtbunnsamfunn fra nærsone, overgangssone eller fjernsone.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Bård Worum in blue ink.

Bård Worum

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Hans-Petter Mannvik in blue ink.

Hans-Petter Mannvik

© 2015 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn og formål.....	3
1.2 Drift	3
1.3 Tidligere undersøkelser	3
2 MATERIALE OG METODE.....	4
2.1 Faglig program	4
2.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering	4
2.3 Hydrografi og oksygen	5
2.4 Geokjemiske analyser.....	5
2.4.1 Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling	5
2.4.2 Total fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu).....	6
2.4.3 Redoks- og pH målinger	6
2.5 Bunnedyr	6
2.5.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	6
2.5.2 Innsamling og fiksering	6
2.5.3 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser	6
2.5.4 Kvantitative bunndyrsanalyser	7
3 RESULTATER.....	8
3.1 Hydrografi og oksygen	8
3.2 Geokjemiske analyser.....	8
3.2.1 TOC, kornfordeling og pH/Eh.....	8
3.2.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter.....	9
3.3 Bunnedyr	9
3.3.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på stasjon 1	9
3.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på stasjon 2 og 3	10
4 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	13
4.1 Sammendrag	13
4.2 Konklusjoner	13
5 REFERANSER.....	14
6 VEDLEGG	15
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslister.....	15
Vedlegg 2. Analysebeviser	23

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type C på oppdrettslokaliteten Flehammer. Oppdragsgiver har vært Cermaq AS. Undersøkelsen inngår i selskapets miljøovervåking av bunnpåvirkningen fra lokaliteten.


Følgende personer har deltatt:

Bård Worum	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). Bunndyranalyser. Rapport.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport.
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering bunndyrsortering.

Akvaplan-niva vil takke Frode Holmvåg og Bjørn Atle Hansen ved Cermaq Norway AS for godt samarbeid og håndverk under feltarbeidet.

Akkreditert virksomhet:

Analysene er utført av Akvaplan-niva AS med underleverandøren ALS Laboratory Group, Tsjekkia.

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for analyser av makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for analyser av kornstørrelse, akkrediteringsnr. TEST 061</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 TOC, P-total, kobber og sink.</p>

Tromsø, 16.06 2015



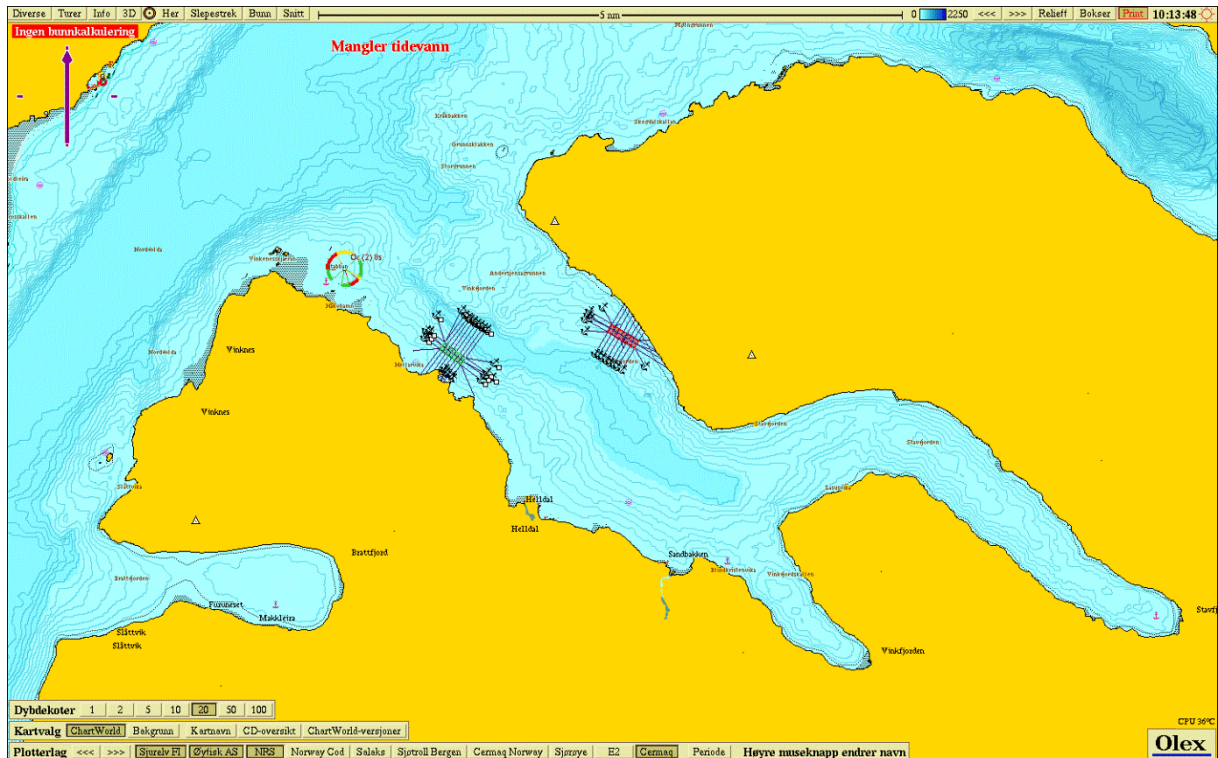
Bård Worum

Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Cermaq Norway AS har initiert miljøundersøkelser, type C, for lokaliteten Flehammer i Steigen i forbindelse med etablering. Det ble gjennomført undersøkelser på lokaliteten Flehammer og Vinkfjord på samme tidspunkt, og denne rapport omhandler førstnevnte lokalitet. Oversikt over Vinkfjorden med lokalitetene Vinkfjord og Flehammer er vist i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart over Vinkfjord med lokalitetene Vinkfjord (grønn) og Flehammer (rød).

1.2 Drift

Det har ikke vært drift på lokaliteten Flehammer. Det er planlagt utsett av smolt våren 2016, og per dags dato er lokaliteten godkjent for en maksimal tillatt biomasse på 3.120 tonn. Foreliggende undersøkelse er med å danne grunnlag for å søke en økning av MTB til 5.460 tonn.

1.3 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere gjennomført en miljøundersøkelse, type B, på lokaliteten. Prøvetakingen ble utført 08.01.2008 og gav en lokalitetstilstand 1 (Guneriusen, 2008).

2 Materiale og metode

2.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til NS 9410 (2007). En oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 1.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macrofauna.*
- NS 9410-07. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreark. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- SFT (nå Miljødirektoratet) veileder 97:03. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl., 1997) og revidert veileder TA 2229/2007 (Bakke m.fl., 2007).*
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. Veileder fra Direktorsgruppa.

Tabell 1. Faglig program på stasjonene ved Flehammer, 2015. TOC = total organisk karbon, TOT-P = total fosfor, Zn = sink, Cu = kobber, Korn = kornfordeling, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. .

Stasjon / sone	Type undersøkelse
St.1 / nærsone	Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
St.2 / overgangssone	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu. Hydrografi/O ₂ .
St.3 / Fjernsone	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu. Hydrografi/O ₂ .

Feltarbeidet ble gjennomført 03.03.2015.

2.2 Resipientbeskrivelse og stasjonsplassering

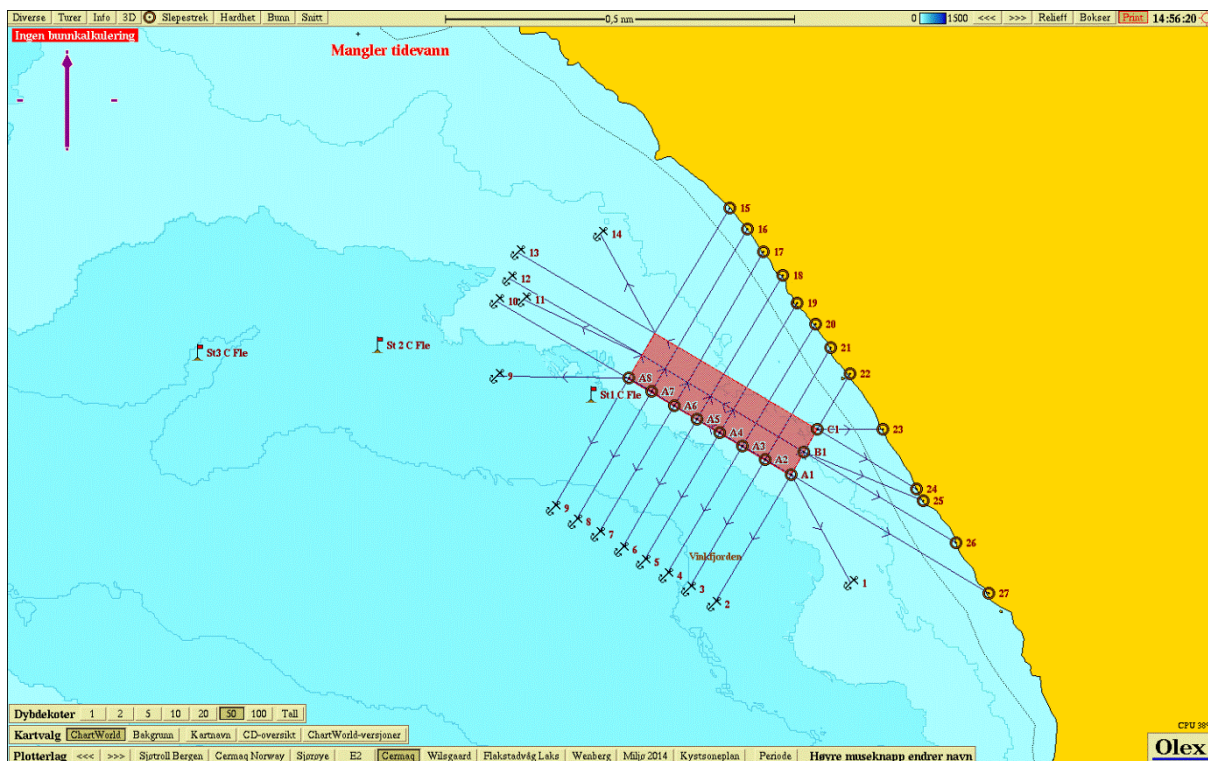
Vinkfjorden er en terskelfjord. Inne i fjorden er dybden ned mot 190 meter, mens terskeldypet mot Nordfolda er om lag 100 meter. Fjorden heller svakt utover mot terskelen, og man må helt inn i bunnen av fjorden før den blir grunnere enn terskeldypet. Anlegget er plassert på nordøstsida av fjorden over jevnt skrånende bunn parallelt med land, og under dette varierer dybden fra 40 til 100 meter.

Valg av stasjonsplassering er gjort med bakgrunn i anbefalinger gitt i NS 9410, hvor stasjon 1 er plassert utenfor de ytterste merdene på anlegget, mens stasjon 2 og 3 følger transektet videre ut i fjorden for overgangs- og fjernsone.

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

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Flehammer 03.03.2015.

Stasjon	St. 1	St. 2	St. 3
Dyp (m)	125	113	116
GPS	N 67° 43,754 Ø 15° 26,165	N 67° 43,825 Ø 15° 25,357	N 67° 43,814 Ø 15° 24,677



Figur 2. Stasjonskart, Flehammer 03.03.2015.

2.3 Hydrografi og oksygen

På samtlige stasjoner 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.

2.4 Geokjemiske analyser

2.4.1 Totalt 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 ble innhold av totalt organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212) etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. 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 SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m.fl.*, 1997).

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment (fra SFT 97:03).

NTOC, mg/g	< 20 I Meget god	20-27 II God	27-34 III Mindre god	34-41 IV Dårlig	> 41 V Meget dårlig
------------	---------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	------------------------

2.4.2 Total fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonene av metallene kobber (Cu) og sink (Zn) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS. Prøven for total fosfor ble tørket ved 105°C. Mengde tørrstoff i prøven ble bestemt gravimetrisk. Etter dekomponering av prøven bestemmes P₂O₅ ved hjelp av spektrofotometri. P-total beregnes fra P₂O₅.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Zn og Cu ble gjennomført i henhold til revidert veiledning TA 2229/2007 (Bakke *m.fl.*, 2007). Klassifisering av TOT-P inngår ikke i nevnte veileder eller i Molvær *m.fl.*, 1997.

Tilstandsklassifisering for metaller i marine sedimenter (fra Bakke m.fl., 2007).

Zn mg/kg	< 150 Tilstandsklasse I Bakgrunn	150-360 Tilstandsklasse II God	360-590 Tilstandsklasse III Moderat	590-4500 Tilstandsklasse IV Dårlig	> 4500 Tilstandsklasse V Svært dårlig
Cu mg/kg	< 35 Tilstandsklasse I Bakgrunn	35-51 Tilstandsklasse II God	51-55 Tilstandsklasse III Moderat	55-220 Tilstandsklasse IV Dårlig	> 220 Tilstandsklasse V Svært dårlig

2.4.3 Redoks- og pH målinger

På stasjon 1 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.

2.5 Bunndyr

2.5.1 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 bunndyrsanalyser. 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.

2.5.2 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.

2.5.3 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser

Det ble tatt bunndyrprøve på stasjon 1 i nærheten til utslippet. Sortert materiale ble opparbeidet semikvantitativt, som vil si at bunndyrmaterialet fra stasjonen identifiseres ned til art, familie eller annet taksonomisk nivå. Artsrikdom og forekomsten av forurensningstolerante arter vurderes og gir et mål for biologiske effekter av en påvirkning. Analysen er i mange tilfeller tilstrekkelig for å kunne dokumentere utbredelsen av en påvirkning (Rutt & Pickering, 1993),

men er utilstrekkelig til å inngå i statistiske analyser og klassifisering av miljøtilstand iht. Veileder 02:2013. Da må det gjennomføres kvantitativ bunndyrsanalyse (se under). I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden under/ved anlegget (nærsonen) baseres på antallet arter og artssammensetning (se kap. 6.7 i NS 9410:2007).

2.5.4 Kvantitative bunndyrsanalyser

På de øvrige stasjonene ble det innsamlet to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007). 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 02:2013 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
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes 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-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2013).

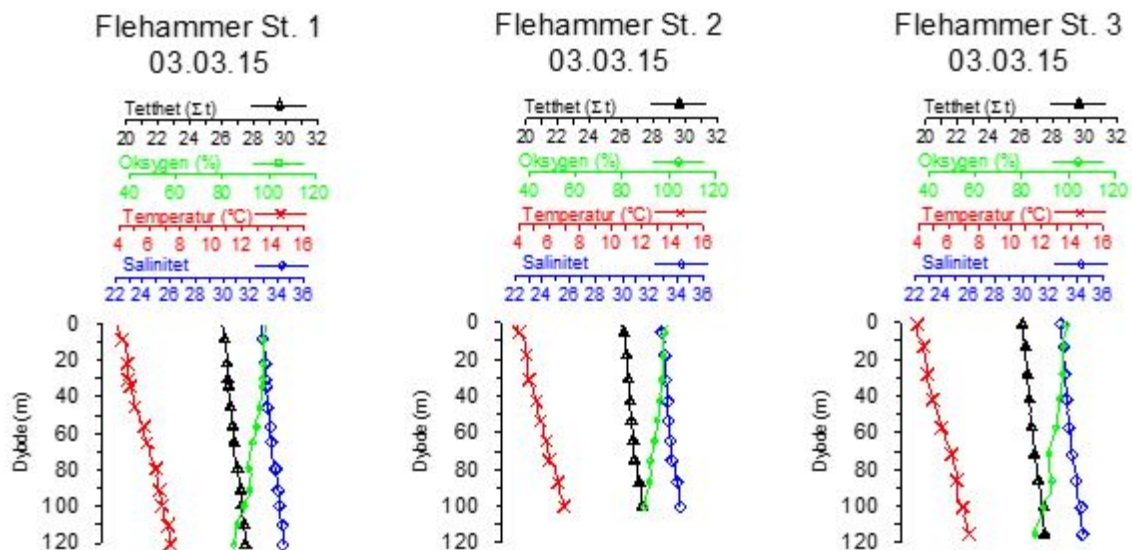
Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0.9-0.82	0.82-0.63	0.63-0.49	0.49-0.31	0.31-0
H'	5.7-4.8	4.8-3.0	3.0-1.9	1.9-0.9	0.9-0
ES_{100}	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI_{2012}	13-9.6	9.6-7.5	7.5-6.2	6.1-4.5	4.5-0
NSI	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
nEQR	1,0 – 0,8	0,8 – 0,6	0,6 – 0,4	0,4 – 0,2	0,2 – 0,0

3 Resultater

3.1 Hydrografi og oksygen

Vertikalprofilene for temperatur, salinitet, tetthet og oksygenmetning ved Flehammer 03.03.2015 er vist i Figur 3.

Det ble ikke registrert noen sprangsjikt i vannsøylen. Temperaturen steg fra 4°C i overflata til 8°C ved om lag 120 meters dyp. Saliniteten var svakt stigende fra 33 promille i overflaten til 34 promille ved bunnen. Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i noen del av vannmassen, men oksygennivået synker fra full metning i overflaten til litt over 80 % i bunnvannet.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjonene ved Flehammer 03.03.2015.

3.2 Geokjemiske analyser

3.2.1 TOC, kornfordeling og pH/Eh

Nivåer av organisk karbon (TOC) og kornfordeling i sedimentene er presentert i Tabell 3.

TOC-nivåene var lave i sedimenter fra alle undersøkte stasjoner (tilstandsklasse I). Sedimentet var mest finkornet på st. 1 med pelittandel på 80 % og minst på st. 3 med 55 % pelitt.

Det ble utført målinger av pH/Eh (surhetsgrad og redokspotensiale) på stasjon 1. Resultatet viste en pH-verdi på 7, og tilhørende RedOx på 190.

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse, TOC, kornfordeling (pelittandel = % < 0,063 mm) og pH/Eh. Flehammer, 2015.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandskl.*	Pelitt (finstoff)	pH/Eh
1	Olivengrønn fast leire. Naturlig lukt	10,2	13,6	I Meget god	80,0	5,8 / 301
2	Leire med stor innblanding av skjellsand. Naturlig lukt	9,8	15,7	I Meget god	67,4	
3	Olivengrønn leire. Noe skjellsand. Naturlig lukt	9,40	17,3	I Meget god	55,9	

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) 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).

3.2.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter

Nivåene av total fosfor, sink og kobber er presentert i Tabell 4.

Ingen av de undersøkte sedimentene var belastet med fosfor, sink eller kobber. Konsentrasjonene av de to sistnevnte parametere lå på bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I).

Tabell 4. Sedimentanalyser. Total fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu), alle i mg/kg TS. Flehammer 2015.

St.	TOT-P	Zn	Tilst.klassif. Zn	Cu	Tilst.klassif. Cu
1	890	58,0	I Bakgrunn	12,0	I Bakgrunn
2	1040	40,0	I Bakgrunn	7,7	I Bakgrunn
3	1110	48,5	I Bakgrunn	9,9	I Bakgrunn

3.3 Bunndyr

3.3.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på stasjon 1

Resultatene fra den semikvantitative bunndyrsanalysen er presentert i Figur 5

Bløtbunnsamfunnet er relativt artsrikt med jevn individfordeling mellom artene. Alle vanlige bunndyrgrupper er representert. Det er registrert forekomster av opportunister og forurensningstolerante arter som børstemarkene *Heteromastus filiformis* og *Paramphinome jeffreysii*. Det er ikke funnet forurensningsindikatorer eller andre entydige belastningseffekter i bløtbunnsamfunnet. Klassifisering i henhold til NS 9410 ga miljøtilstand 1 (meget god).

Tabell 5. Semikvantitativ bunndyrsanalyse. Liste over taksa og forekomst av bunndyr på st. 1, Flehammer 2015. Miljøtilstand vurdert iht. Norsk standard klassifisering (NS 9410). X=Tilstede, XX=Få, XXX=Hyppig, XXXX=Svært hyppig

Gruppe	Taxa	Forekomst st.1
Polychaeta	<i>Scoloplos</i> sp.	X
	Spionidae indet.	XX
	<i>Heteromastus filiformis</i>	XXX
	<i>Scalibregma inflatum</i>	X
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	XXX
	<i>Lumbrineris</i> sp.	X
	Maldanidae indet.	XX
	Terebellidae indet.	XX
	Ampharetidae indet.	X
	Polychaeta indet.	XXX
Crustacea	Cumacea indet.	X
	Ostracoda indet	XX
Mollusca	Bivalvia indet.	XXX
	Caudofoveata indet.	XXX
Echinodermata	Ophiuroidea indet.	XX
	Echinoidea indet	XX
Varia	Nemertini indet.	X
	Oligochaeta indet	XX
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	XXX
Ant. arter	<i>Flere arter er registrert i samme taxa</i>	32
NS 9410	<i>Klassifisering av miljøtilstand</i>	1

3.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på stasjon 2 og 3

3.3.2.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 6

På stasjon 2 ble det registrert 472 individer fordelt på 73 arter. Faunaindeksene viste hovedsakelig økologisk tilstandsklasse I, men NQI1 og nEQR ga klasse II.

På stasjon 3 ble det registrert 799 individer fordelt på 71 arter. Faunaindeksene viste økologisk tilstandsklasse II og I. Indeksen nEQR ga klasse 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. Fordelingen var jevn på begge stasjonene med indekser på 0,85 og 0,79.

Tabell 6. 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. Flehammer 2015. Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (snitt av to replikater) iht. Veileder 02:2013.

St.	Individtall	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	NQI1	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	AMBI	J
2	472	73	4,89	35,6	0,81	10,26	26,02	0,787	1,58	0,85
3	799	71	4,47	28,4	0,78	10,63	25,23	0,743	1,74	0,79

På stasjon 2 manglet 20,8 % av individene en AMBI verdi.

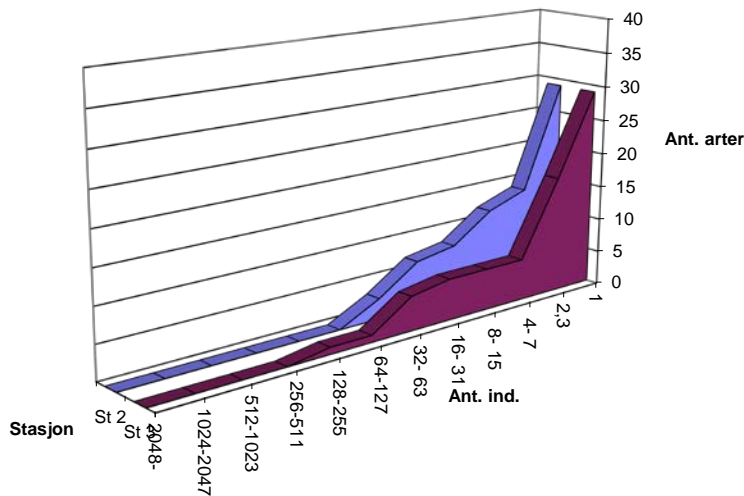
I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
-------------	--------	-------------	-----------	----------------

3.3.2.2 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.

Begge kurvene hadde naturlig høye startpunkter og ingen av dem strakk seg nevneverdig langt ut mot høyere klasser. Kurveforløpene viste ikke tegn på faunaforstyrrelse.



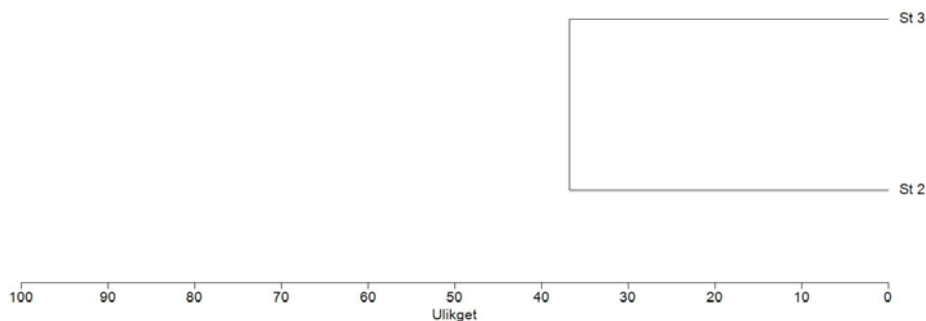
Figur 4. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Flehammer 2015 (pr. 0,2 m²).

3.3.2.3 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 aksen. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 % ulikhet, mens to stasjoner uten like arter, vil få 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.

Bløtbunnsamfunnene var 63 % lik (37 % ulik) i faunasammensetning.

Flehammer C-und. 2015. Stasjoner uten juvenile



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnsfaunaen ved Flehammer 2015.

3.3.2.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 7. 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 stasjon 2 toppet den nøytrale mollusken *Caudofoveata* indet. (EG II) listen. Sammen med den tolerante børstemarken *Paramphinome jeffreysii* utgjorde de 14 % av individene. De fleste av de andre artene på topp ti var sensitive (EG I), men med innslag av et par opportunistiske børstemark (EG IV). På stasjon 3 var den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* mest tallrik (18 %). De fleste andre artene var sensitive. Her var det i tillegg innslag av et par opportunister, samt en nøytral- og en tolerant art.

Tabell 7. Antall individer, kumulert prosent og økologisk gruppe* (Ecological groups = EG (NSI); fra Rygg & Norling, 2013) for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Flehammer 2015. ik = ikke kjent gruppe.

Stasjon 2	Ant.	Kum.	EG	Stasjon 3	Ant.	Kum.	EG
Caudofoveata indet.	33	7 %	II	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	144	18 %	IV
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	33	14 %	III	<i>Axinulus croulinensis</i>	84	28 %	I
<i>Axinulus croulinensis</i>	32	21 %	I	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	56	35 %	I
<i>Heteromastus filiformis</i>	30	27 %	IV	<i>Mendicula ferruginosa</i>	51	42 %	IV
<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	30	33 %	I	<i>Chone</i> sp.	49	48 %	I
<i>Thyasira obsoleta</i>	28	39 %	I	<i>Pterolysippe vanelli</i>	49	54 %	I
Ostracoda indet.	25	44 %	II	<i>Heteromastus filiformis</i>	32	58 %	IV
<i>Mendicula ferruginosa</i>	20	48 %	I	<i>Lanassa venusta</i>	31	62 %	II
<i>Chone</i> sp.	19	52 %	I	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	30	65 %	III
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	19	56 %	IV	<i>Melythasides laubieri</i>	29	69 %	ik

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

4 Sammenfattende vurderinger

4.1 Sammendrag

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Flehammer 2015 kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke målt oksygenkritiske forhold i noen del av vannsøylen på stasjonene i mars 2015.
- TOC-nivåene i sediment fra nærsonen, overgangssonen og fjernsonen var alle lave (tilstandsklasse I). De undersøkte sedimentene var heller ikke belastet med fosfor, sink eller kobber. Konsentrasjonene av de to sistnevnte parametere lå på bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I).
- Bløtbunnsamfunnet i nærsonen var relativt artsrikt med jevn individfordeling uten forurensningsindikatorer. Bunndyrsamfunnet ble klassifisert til miljøtilstand 1 iht. NS 9410, basert på antall arter og dominansforhold. Bløtbunnsamfunnene i overgangs- og fjernsonen var ikke påvirket av organiske belastninger. Faunaindeksene viste økologisk tilstandsklasse I og II. Indeksen nEQR ga klasse II på begge stasjonene.

4.2 Konklusjoner

Det er gjennomført en miljøovervåking type C på oppdrettslokaliteten Flehammer. Resultatene viste at miljøforholdene på bunnen ikke var påvirket av oppdrettsvirksomheten. Det ble ikke påvist belastningseffekter i sedimenter eller bløtbunnsamfunn fra nærsonen, overgangssonen eller fjernsonen.

5 Referanser

- Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., og Hylland, K., 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT veiledning TA-2229/2007. 12 s.
- Direktoratsgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.
- Guneriusen, A.I, 2008. Mainstream AS. Flehammer B-undersøkelse 2008. Akvaplan-niva rapport 4070-D.
- ISO 5667-19, 2004. Guidance on sampling of marine sediments.
- ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.
- NS 9410, 2007. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
- Rutt, G.P. & T.D. Pickering, 1993. The impact of livestock farming on welsh streams: The development and testing of a rapid biological method for use in the assessment and control of organic pollution from farms. *Env. Poll.* 81. 217-228.
- 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.

6 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 = totalt 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 totalt 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 totalt 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 = totalt antall individ i prøven

N_i = antall individ av art i

n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)

s = totalt 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, assymetrisk 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 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/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 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 Flehammer 2015:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	St 2	St 3
no. ind.	1271	472	799
no. spe.	100	73	71

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	St 2_01	St 2_02	St 3_01	St 3_02
no. ind.	1271	289	183	393	406
no. spe.	100	61	46	47	56
Shannon-Wiener:		5,0	4,8	4,4	4,6
Pielou		0,84	0,87	0,79	0,78
ES100		36	35	27	30
SN		2,37	2,32	2,15	2,25
ISI-2012		10,56	9,97	10,40	10,86
AMBI		1,441	1,727	1,727	1,747
NQI1		0,83	0,79	0,77	0,79
NSI		26,2	25,9	25,0	25,4
DI		0,411	0,212	0,544	0,559

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	St 2	St 3
Shannon-Wiener:	4,89	4,47
Pielou	0,85	0,79
ES100	35,6	28,4
SN	2,34	2,20
ISI-2012	10,26	10,63
AMBI	1,58	1,74
NQI1	0,81	0,78
NSI	26,02	25,23
DI	0,31	0,55

Normalisert EQR	St 2	St 3
Shannon-Wiener:	0,821	0,763
ES100	0,820	0,734
ISI-2012	0,839	0,860
NQI1	0,791	0,756
NSI	0,834	0,808
DI	0,617	0,539

Tilstandsklasse nEQR	0,787	0,743
Tilstandsklasse nEQR - DI	0,821	0,784

På St 2 mangler 20.8 % av individene en AMBI verdi

Geometriske klasser

int.	St 2	St 3
1	29	29
2,3	14	17
4- 7	12	6
8- 15	8	6
16- 31	7	6
32- 63	3	5
64-127	0	1
128-255	0	1
256-511	0	0
512-1023	0	0

Artliste

Flehammer C-und 2015

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<i>Stasjonsnr.: St 2</i>						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
PORIFERA			Porifera indet.		-1	-1
CNIDARIA	Anthozoa		Edwardsia sp.	1	1	2
NEMERTINI			Nemertini indet.	2	1	3
NEMATODA			Nematoda indet.	1		1
SIPUNCULIDA			Onchnesoma steenstrupii	21	9	30
			Phascolion strombus		2	2
			Sipunculida indet. juv.	1		1
ANNELIDA	Polychaeta					
		Orbiniida	Levinsenia gracilis	3	1	4
			Paraonis sp.	1		1
		Spionida	Pseudopolydora paucibranchiata	19		19
			Spiophanes kroyeri	4		4
			Chaetozone sp.		8	8
			Cirratulidae indet.	1		1
		Capitellida	Heteromastus filiformis	14	16	30
			Notomastus latericeus	4	5	9
			Praxillura longissima	1	1	2
			Heteroclymene robusta	1		1
			Isocirrus planiceps	2	4	6
			Maldanidae indet.	3	3	6
		Opheliida	Pseudoscalibregma parvum		1	1
		Phyllodocida	Paranaitis wahlbergi		1	1
			Protomystides exigua	2		2
			Bylgides groenlandicus	1		1
			Parasthenelais hibernica		1	1
			Nereimyra punctata		1	1
			Glycera capitata	1	1	2
		Amphinomida	Paramphinome jeffreysii	26	7	33
			Euphosine cirrata		1	1
		Eunicida	Augeneria tentaculata	3	2	5
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus		3	3
		Terebellida	Anobothrus gracilis	1	1	2
			Amphicteis gunneri		1	1
			Amythasides macroglossus	3	1	4

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Pterolysippe vanelli	9	2	11
			Melythasides laubieri	7	7	14
			Mugga wahrbergi	1		1
			Sabellides octocirrata	1	1	2
			Samytha sexcirrata	1		1
			Zatsepinia rittichae	2	5	7
			Ampharetidae indet.	1	8	9
			Amaeana trilobata	1		1
			Lanassa venusta	5	5	10
			Phisidia aurea	1		1
			Pista cristata	1		1
			Polycirrus medusa	1		1
			Proclea graffii	6		6
			Streblosoma intestinale	10	1	11
			Terebellidae indet.	3	1	4
			Terebellides sp.	1	1	2
		Sabellida				
			Chone sp.	9	10	19
			Euchone southerni	3	3	6
			Jasmineira candela	8		8
			Laonome kroyeri	1		1
			Siboglinidae indet.	1	1	2
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.	6	19	25
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca					
		Tanaidacea				
			Tanaidacea indet.	1		1
		Amphipoda				
			Eriopisa elongata	1		1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	12	21	33
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Philina sp.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula corticata	1		1
			Yoldiella lucida	1		1
			Yoldiella propinqua	2		2
		Mytiloida				
			Dacrydium ockelmanni		1	1
			Modiolula phaseolina	1		1
		Limoida				
			Limatula gwyni		1	1
		Veneroida				
			Adontorhina similis	1		1
			Mendicula ferruginosa	14	6	20
			Axinulus croulinensis	28	4	32
			Thyasira equalis	3	1	4
			Thyasira obsoleta	22	6	28
			Astarte sp. juv.	2		2
			Astarte sulcata	1	2	3
			Parvicardium minimum	2		2
			Abra nitida	1		1
BRYOZOA						
			Bryozoa indet.		-1	-1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Ophiura carnea		1	1
	Echinoidea		Ophiuroidea indet. juv.	1		1
		Spartangoida				
	Holothuroidea		Spartangoida indet. juv.		1	1
		Apodida				
			Labidoplax buskii	3	4	7
			Maks:	28	21	33
			Antall:	66	51	82
			Sum:			475

Stasjonsnr.: St 3

FORAMINIFERA

NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMATODA			Nemertini indet.	3		3
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.	1		1
			Onchnesoma squamatum		1	1
			Onchnesoma steenstrupii	27	29	56
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	4	3	7
		Spionida				
			Pseudopolydora paucibranchiata	81	63	144
			Spiophanes kroyeri	11	9	20
			Caulieriella killariensis		1	1
			Chaetozone sp.	1	2	3
			Monticellina sp.		4	4
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	13	19	32
			Notomastus latericeus		9	9
			Rhodine loveni	1	1	2
			Clymenura borealis	2	4	6
			Isocirrus planiceps	1	1	2
			Maldanidae indet.		3	3
		Phyllodocida				
			Protomystides exigua		1	1
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	9	21	30
		Eunicida				
			Nothria hyperborea	3	2	5
			Augeneria algida		3	3
			Augeneria tentaculata	1		1
			Lumbrineridae indet.	1		1
		Flabelligerida				
			Diplocirrus glaucus	1	1	2
			Pherusa plumosa	1		1
		Terebellida				
			Pterolysippe vanelli	27	22	49
			Melythasides laubieri	21	8	29
			Sabellides octocirrata	7	2	9
			Zatsepinia rittichae		1	1
			Sosanopsis wireni	1	1	2
			Ampharetidae indet.	3		3
			Amatea trilobata	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Lanassa venusta	16	15	31
			Paramphitrite birulai	1		1
			Polycirrus norvegicus		1	1
			Proclea graffii	1		1
			Streblosoma intestinale	7	7	14
			Terebellidae indet.	3		3
		Sabellida				
			Chone sp.	19	30	49
			Euchone southerni	13	13	26
			Euchone sp.		3	3
			Ditrupa arietina	1		1
			Siboglinidae indet.	1	2	3
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.	9	2	11
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Leucon sp.		1	1
			Diastylis cornuta		1	1
		Amphipoda				
			Ampelisca sp.		1	1
			Eriopisa elongata		1	1
			Bathymedon longimanus	1	1	2
			Harpinia sp.		1	1
			Leptophoxus falcatus	1	1	2
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	9	6	15
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Philina sp.		1	1
			Cylichna sp.		1	1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Ennucula corticata	2	1	3
			Yoldiella lucida	1		1
			Yoldiella nana		2	2
		Arcoidea				
			Bathyarca pectunculoides		1	1
		Ostreoidea				
			Chlamys islandica	1		1
		Veneroida				
			Adontorhina similis	2	2	4
			Mendicula ferruginosa	21	30	51
			Axinulus croulinensis	37	47	84
			Thyasira equalis	2	3	5
			Thyasira obsoleta	17	11	28
			Astarte sulcata		1	1
			Parvicardium minimum	1		1
			Abra nitida	1		1
		Pholadomyoidea				
			Tropidomya abbreviata		1	1
			Cuspidaria lamellosa	2		2
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphiura filiformis		1	1
			Ophiura carnea		1	1
			Ophiura sarsii		1	1
			Ophiuroidea indet. juv.	2	4	6
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii	4	5	9

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Maks:	81	63	144
			Antall:	50	59	75
			Sum:			805
			TOTAL:			Maks: 144
						Sum: 1280

Vedlegg 2. Analysebeviser

10-603.a_150302 Analyserapport 'Splitt i to'
Erstatter: 10-603.a_141114 Analyserapport 'Splitt i to'

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



Framsenteret, Postboks 6606, 9296 TROMSØ
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 50 e-post: kjemi@akvaplan.niva.no



ANALYSERAPPORT

Sedimentprøver

Kunde: Intern
Kunde referanse: Cermaq Norway AS
Kontaktperson: Bård Worum
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted:
Tel:
E-post: **Dato:** 11.05.2015

Rapport nr.: 7478
Analyseparameter(e): Splitt-i-to, TOC, Cu, Zn, P-total
Kontaktperson: Ingar H. Wasbotten

Analyseansvarlig: *Ida Tordue* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Ida Griew Tveder* (sign.)

Prøve id. Unilab	Kundens id.	Matrix	Prøvens beskaffenhet ved mottak	Mottatt Unilab	Analyseperiode
7478/1	Vinkfjord st.1	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15
7478/2	Vinkfjord st.2	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15
7478/3	Vinkfjord st.3	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15
7478/4	Flehammar st.1	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15
7478/5	Flehammar st.2	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15
7478/6	Flehammar st.3	sediment	frossent	26.03.15	07.04. - 10.04.15

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 metodeprinsipp, måleusikkerhet etc fås ved henvendelse til laboratoriet.

Side 1 av 2

Resultater

Kundens id.:		Vinkfjord st.1	Vinkfjord st.2	Vinkfjord st.3	Flehammar st.1	Flehammar st.2	Flehammar st.3
Parameter	Enhet	7478/1	7478/2	7478/3	7478/4	7478/5	7478/6
> 0,063 mm	vekt %	80,4	32,6	30,8	20,0	32,6	44,1
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	19,6	67,4	69,2	80,0	67,4	55,9
TOC *	% TS	3,82	1,20	1,35	1,02	0,98	0,94
TS (TOC) *	%	51,7	42,6	44,3	47,4	58,6	65,0
TOC i mg/g**	mg/g TS	38,2	12,0	13,5	10,2	9,80	9,40
TOC, normalisert**	mg/g TS	52,7	17,9	19,0	13,8	15,7	17,3
Cu *	mg/kg TS	51,7	18,1	17,8	12,0	7,74	9,86
Zn *	mg/kg TS	217	78,8	77,4	58,0	40,0	48,5
P-total *	% TS	1,03	0,099	0,089	0,089	0,104	0,111
	mg/kg TS**	10300	990	890	890	1040	1110

* 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

** Uakkrediterert beregninger utført av Unilab Analyse AS

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

