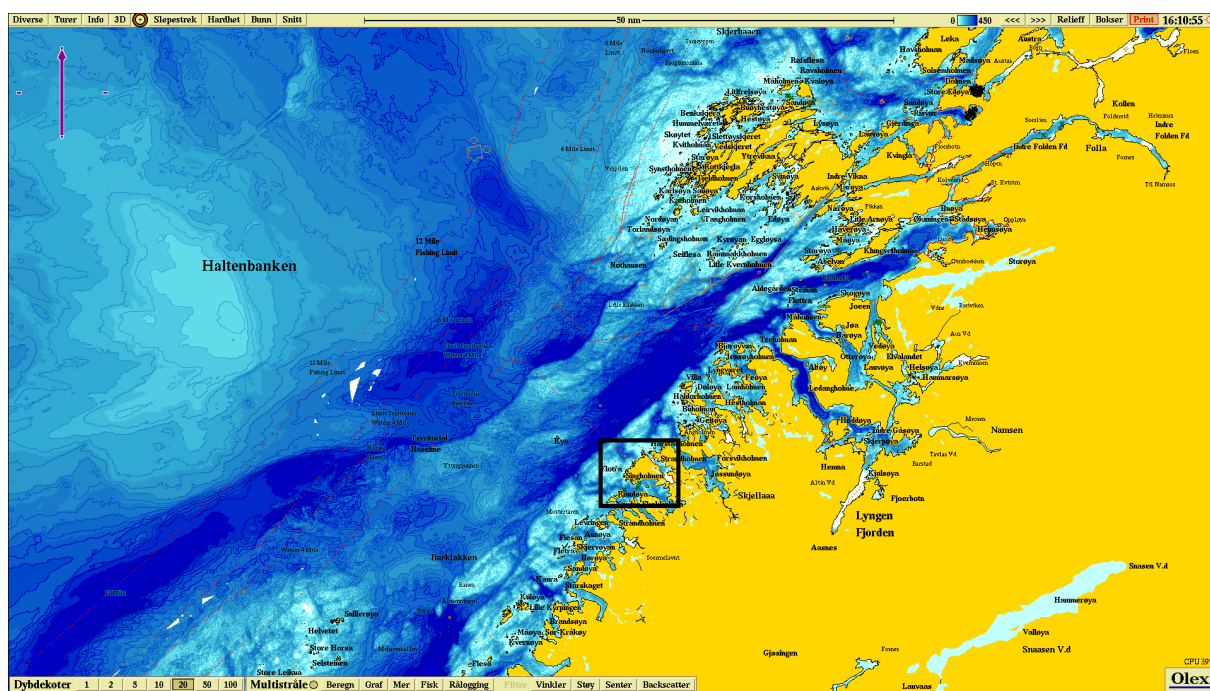


MOM C-undersøkelse ved oppdrettslokalitet Nausttaren i Osen kommune, Sør-Trøndelag, mai 2015.



Bildet viser deler av Trøndelagskysten med det innrammede undersøkelsesområdet i Osen kommune. Kartkilde: Olex AS.

Forfattere:

Vidar Strøm

Kai-Erling Staven

(Oppdrettsbiolog, Aqua Kompetanse AS)

(Konsulent, Aqua Kompetanse AS)

Aqua Kompetanse AS	
Aqua Kompetanse AS, Strandaveien, Lauvsnes, 7770 Flatanger	90 51 69 47



Aqua Kompetanse A/S 7770 Flatanger

Kontoradresse : Strandaveien, Lauvsnes
 Postadresse : 7770 Flatanger
 Telefon : 74 28 84 30
 Mobil : 905 16 947
 E-post : post@aqua-kompetanse.no
 Internett : www.aqua-kompetanse.no
 Bankgiro : 4400.07.25541
 Org. Nr. : 982 226 163

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved oppdrettslokalitet Nausttaren i Osen kommune, Sør-Trøndelag, mai 2015.	Feltdato: 21.05.2015
	Antall sider og bilag: 43 totalt
Forfatter(e): Vidar Strøm, Kai-Erling Staven	Prosjektleder: Vidar Strøm
	Prosjektnummer: 34-3-15C

Oppdragsgiver: Bjørøya AS	Evt. oppdragsgivers ref.: Per Anton Løfsnæs
-------------------------------------	---

Sammendrag:

Aqua Kompetanse AS har gjennomført en C-undersøkelse etter metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410. Akvaplan-niva AS har foretatt akkreditert opparbeiding og analyser. Undersøkelsen viste forhøyede nivå av organisk karbon i overgangssonen og i fjernsonen. Nivåene av fosfor, sink, og kobber var lave ved samtlige stasjoner. Den hydrografiske undersøkelsen viste et høyt oksygennivå i hele vannsøylen i fjernsonen. Faunaundersøkelsen gav tilstand 1 (Meget god) for nærsone etter klassifiseringen i NS 9410, og økologisk tilstandsklasse II (God) for overgangssonen og fjernsonen.

Innhold

1 Innledning	1
2 Materiale og metoder	1
2.1 Undersøkelsesområdet og stasjonsplassering.....	1
2.2 Innsamling, opparbeiding, og metoder	3
2.2.1 Hydrografi.....	3
2.2.2 Sediment	4
2.2.3 Bunndyr	5
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	5
3 Resultat	5
3.1 Hydrografisk måling	5
3.2 Bunndyr og kjemiske analyser	7
4 Oppsummering og diskusjon.....	7
5 Referanser	8
Vedlegg A: Rapport fra Akvaplan-niva AS	1
Forord	2
1 Materiale og metode	4
1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr	4
1.2 Geokjemiske analyser.....	4
1.2.1 Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling	4
1.2.2 Total Fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu)	5
1.3 Bunndyr	5
1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	5
1.3.2 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser	6
1.3.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	6

2 Resultater	8
2.1 Geokjemiske analyser	8
2.1.1 TOC og kornfordeling.....	8
2.1.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter	8
2.2 Bunndyr.....	8
2.2.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på Naust 1	8
2.2.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på Naust 2 og Naust 3	9
3 Sammenfattende vurderinger	12
4 Referanser.....	13
5 Vedlegg.....	14
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	14
Vedlegg 2. Analyserapport	26

1 Innledning

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk undersøkelse ved oppdrettslokaliteten Nausttaren i Osen kommune, Sør-Trøndelag. Lokaliteten eies av Bjørøya AS. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS den 21. mai, 2015.

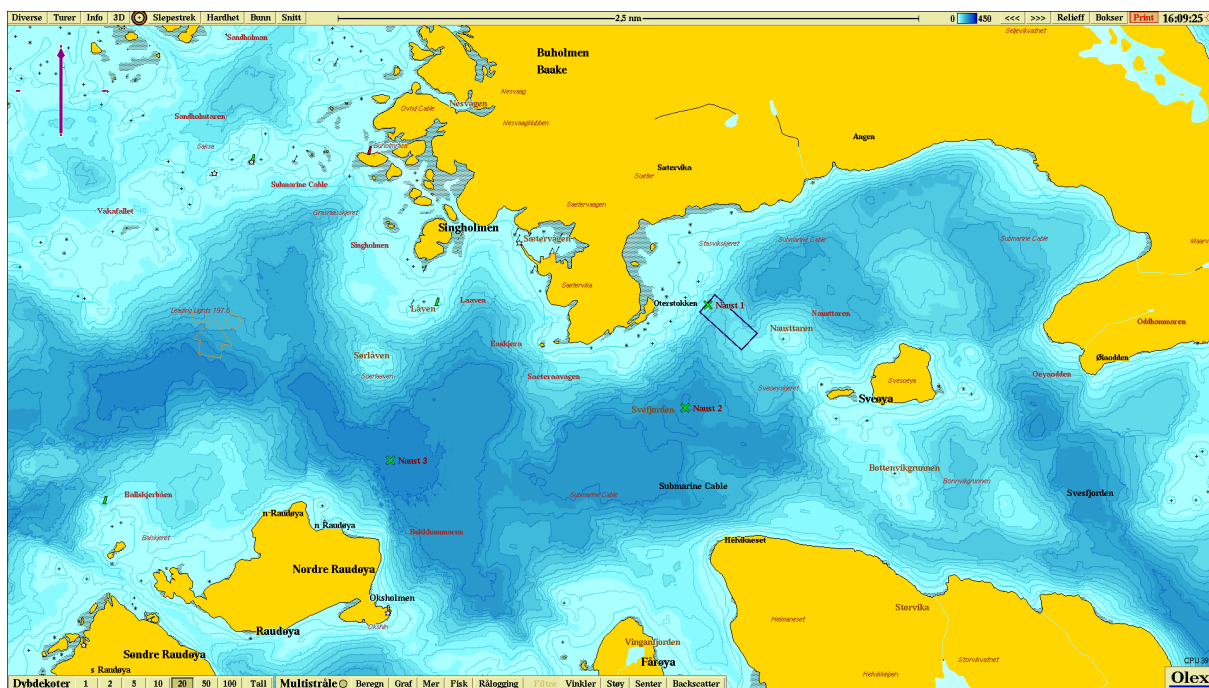
Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere de marine miljøforholdene i nærområdet til oppdrettslokaliteten. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi).

2 Materiale og metoder

2.1 Undersøkelsesområdet og stasjonsplassering

Undersøkelsesområdet ligger i Svesfjorden i Osen kommune (Figur 2.1). Anlegget eies av Bjørøya AS. Prøvetakingsstasjonene i denne undersøkelsen ble lagt i nærsone like innenfor anleggsrammen, i overgangssone knappe 650 meter sørvest for anlegget, og i fjernsone cirka 2,8 km utover i fjorden, vest for anlegget. Det er mye hardbunn på lokaliteten, slik at man forsøkte flere steder innenfor anleggsramma før man til slutt fikk opp godkjente prøver der hvor nærstasjonen Naust 1 nå er lokalisert (Figur 2.2). Overgangsstationen ble plassert ut fra hvordan bunntopografien er i området, samt vannstrømmålinger ved lokaliteten, som viser at hovedkomponenten av vannbevegelse er ut av fjorden i sørvestlig retning (kilder: 28-3-14S Overflate- og dimensjonerende vannstrøm Nausttaren og 28-3-14S Spredning- og bunnstrøm Nausttaren). Ut fra lokaliteten skrår bunn og blir gradvis dypere, og overgangsstationen er lagt der hvor bunnen flater ut. Ved fjernstasjon Naust 3 ble det tatt ut prøver allerede i 2014, under prosjektet 'Miljødokumentasjon Trøndelag'. Det var hensiktsmessig å bruke disse resultatene i denne rapporten, da Bjørøya AS var med og finansierte det nevnte miljøprosjektet i 2014.

Undersøkelsen er tatt som en forundersøkelse, det vil si at det ikke har vært matfiskoppdrett i dette området tidligere. Resultatene som denne rapporten beskriver, vil derfor fungere som en referanse for eventuelle oppfølgende MOM C-undersøkelser, etter at det er startet produksjon ved Nausttaren.



Figur 2.1. Oversiktskart som viser undersøkelsesområdet i Svesfjorden. Kartkilde: Olex AS.

Tabell 2.1 Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 20. (Fra Molvær et al., 97 og Veileder 02:2013).

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser				
			I	II	III	IV	V
			Bakgrunn/ Svært god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann Oksygen*	97:03	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Oksygen metn.**	97:03	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20

*Omregningsfaktoren til mgO₂/l er 1.42

**Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6 °C

Det ble utført målinger av saltholdighet, temperatur og oksygen ved fjernstasjonen (Naust 3, figur 3.1 og 3.2). Målingene ble utført med en mini STD/CTD modell SD-204 levert av SAIV AS. Instrumentet var innstilt for måling hvert 2. sekund når det senkes ned og hales opp gjennom vannsøylen. Målingene ble overført til datamaskin på land og de registrerte data ble bearbeidet av et dataprogram. Alle rådata er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS.

2.2.2 Sediment

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen (pellittandel). For videre beskrivelse av metodikk for kjemiske og geologiske analyser, henvises det til rapporten fra Akvaplan-niva AS i vedlegg A.

Elektrokjemiske- og sensoriske registreringer (MOM B-registreringer) foreligger ikke på nåværende tidspunkt, men vil ettersendes så fort de foreligger. Disse er å betrakte som tilleggsparemetere ved denne typen undersøkelse, og vil ikke være avgjørende for totalbildet av miljøtilstanden i de undersøkte sonene.

2.2.3 Bunndyr

Bunndyrprøver ble tatt med prøvetakingsredskapet Van Veen grabb (0,1 m²) iht metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410. Prøvene ble tatt av Aqua Kompetanse AS.

Akvaplan-niva AS har stått for analyser og tolkning av innsamlet materiale. For videre beskrivelse av metodikk og indekser, se Akvaplan-niva AS rapporten i vedlegg A.

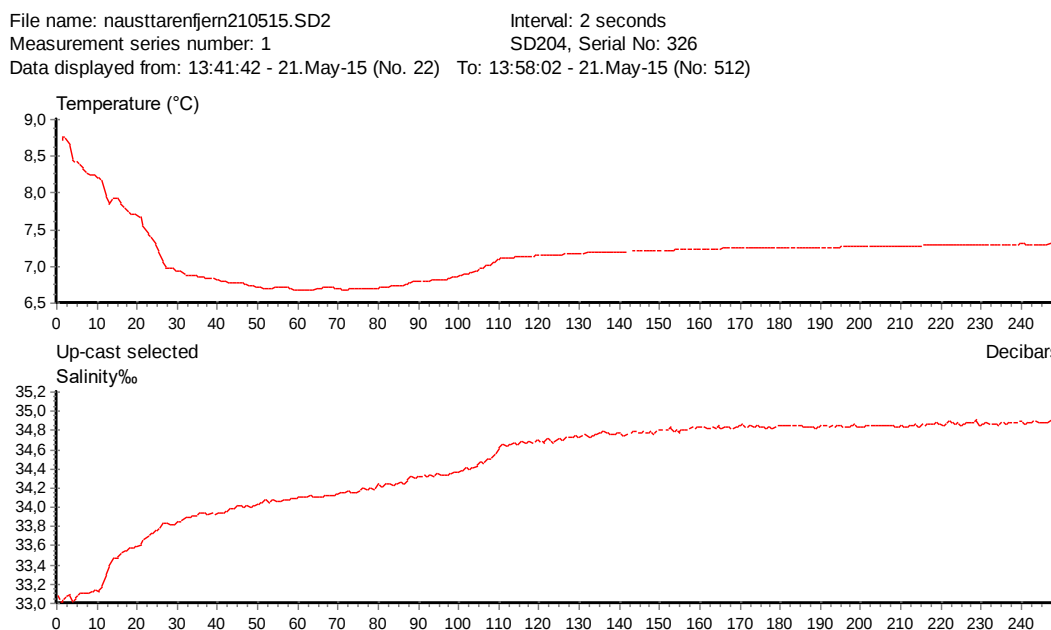
2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Denne rapporten presenterer en forundersøkelse, og det var derfor ikke startet opp drift og produksjon ved lokaliteten på undersøkelsestidspunktet.

3 Resultat

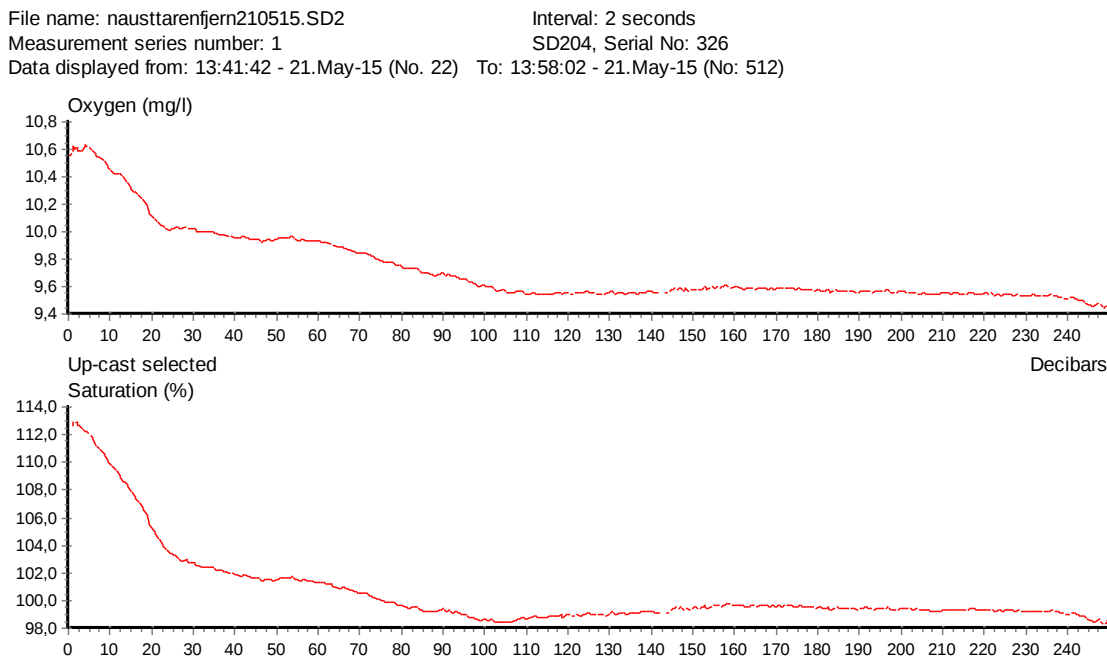
3.1 Hydrografisk måling

Saltholdighet, temperatur, og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til like over bunnen ved fjernstasjonen Naust 3. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i figurene 3.1 og 3.2.



Figur 3.1 Sjøtemperatur (°C) og saltholdighet (‰) fra overflaten og ned til 250 meters dyp ved fjernstasjonen (Naust 3) den 21. mai 2015.

Overflatetemperaturen er 8,7 °C, mens saltholdigheten er 33,0 ‰ i overflaten. Ved 30 meters dyp har temperaturen sunket til 6,9 °C, mens saltholdigheten 33,9 ‰. Ved 110 meters dyp er temperaturen 7,1 °C, mens saltholdigheten er 34,7 ‰. Bunnvannet holder en temperatur på 7,3 °C, mens saltholdigheten fortsatt er 34,7 ‰.



Figur 3.2 Oksygenkonsentrasjon (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til 250 meters dyp ved fjernstasjonen (Naust 3) den 21. mai 2015.

I overflatemassene er konsentrasjonen 10,5 mg O₂/liter, mens metningen er over 110 %. I de øverste 100 meterne av vannsøyla avtar oksygennivået med økende dybde. På 100 meters dyp er konsentrasjonen 9,6 mg O₂/liter, mens metningen er like i underkant av 100 %. I bunnvannet er konsentrasjonen 9,4 mg O₂/liter, mens metningen er 98 %.

Etter klassifiseringen for oksygen i dypvann (tabell 2.1) gir dette oksygennivået tilstandsklassen I (Svært god).

3.2 Bunndyr og kjemiske analyser

For fullstendig rapport på resultatene fra bunndyrundersøkelsen og kjemiske analyser, se Akvaplan-Niva rapporten i vedlegg A til denne rapporten.

4 Oppsummering og diskusjon

Denne undersøkelsen ble tatt som en forundersøkelse på en ny lokalitet, hvor det tidligere ikke har vært matfiskproduksjon. Resultatene som denne rapporten beskriver, vil fungere som en referanse for oppfølgende undersøkelser.

Den hydrografiske målingen av vannsøylen i fjernsonen viste høye oksygenverdier fra overflate til bunn. Dette tyder på god innblanding av oksygen ved bunnen i dette området. I de øverste 20-30 meterne av vannsøyla var det et litt ferskere vannlag med noe høyere temperatur enn resten av vannsøyla. Saltholdigheten var imidlertid ikke mer dempet enn 33,0 ‰, mot 34,0 ‰ i rent oseanisk vann, og skyldes sannsynligvis noe avrenning fra vassdrag i dette fjordsystemet.

Den kjemiske undersøkelsen viste lave nivå av organisk karbon ved nærsonestasjonen, mens nivåene var forhøyet i overgangssonen og i fjernsonen. Av tidligere erfaring, vet man at parameteren organisk karbon (TOC) kan vise forhøyede nivå av karbon selv i marine områder som er upåvirket av menneskelig påvirkning (Sandnes, 2004). Det er derfor viktig at man har referansemålinger, for å kunne sammenligne disse med resultater etter at det har tilkommet antropogen påvirkning. Nivåene var fosfor var lave, det samme gjaldt for sink og kobber (TK I, Bakgrunn).

Faunaundersøkelsen viste tilstand 1 (Meget god) etter klassifiseringen for nærsoner i Norsk Standard NS 9410. Hyppige forekomster av hardbunnarter tyder på god vanngjennomstrømning ved bunnen på denne lokaliteten. Ved overgangssonestasjonen og fjernsonestasjonen viste faunaindeksene økologisk tilstandsklasse II (God). Arter og individer var jevnt fordelt, og man fant ingen tegn på faunaforstyrrelser i disse sonene.

5 Referanser

- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. (1997) Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Sandnes, O. 2004. Bonitetsprosjektet i HASUT. Utvikling av kartleggingsmetode for lokalisering av marin matfiskoppdrett. *Rapport 42-10-4 (Aqua Kompetanse AS rapp.)* 60 s.
- Veileder fra Direktoratsgruppa. (2013) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Norsk klassifiseringssystem i henhold til vannforskriften. *Veileder 02:2013*
- Strøm, V., Hagen, L. (2014) Overflate- og dimensjonerende vannstrøm Nausttaren. *Aqua Kompetanse AS rapport*. 25 s.
- Hagen, L., Andersen, P. (2014) Spredning- og bunnstrøm Nausttaren. *Aqua Kompetanse AS rapport*. 14 s.

Vedlegg A: Rapport fra Akvaplan-niva AS

Aqua Kompetanse AS
C undersøkelse på
oppdrettslokaliteten Naustaren 2015
Bløtbunn



Akvaplan-niva AS Rapport: 7694.01

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

Aqua Kompetanse. C undersøkelse på oppdrettslokaliteten Naustaren, 2015. Bløtbunn.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

7694.01

Dato / Date

11.09.2015

Antall sider / No. of pages

11 + Vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Aqua Kompetanse AS. 7770 Flatanger

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Vidar Strøm

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en miljøovervåking type C på oppdrettslokaliteten Naustaren. Foreliggende delrapport presenterer resultatene fra bløtbunnundersøkelsen av overvåkingen, og inkluderer økologisk tilstandsklassifisering av bløtbunnsamfunn, samt geokjemiske analyser og klassifisering av sedimenter.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Roger Velvin in blue ink.

Roger Velvin

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.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	2
1 Materiale og metode	4
1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr	4
1.2 Geokjemiske analyser	4
1.2.1 Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling	4
1.2.2 Total Fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu)	5
1.3 Bunndyr	5
1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn	5
1.3.2 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser	6
1.3.3 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
2 Resultater	8
2.1 Geokjemiske analyser	8
2.1.1 TOC og kornfordeling	8
2.1.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter	8
2.2 Bunndyr	8
2.2.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på Naust 1	8
2.2.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på Naust 2 og Naust 3	9
3 Sammenfattende vurderinger	12
4 Referanser	13
5 Vedlegg	14
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	14
Vedlegg 2. Analyserapport	26

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunn-samfunnene ved oppdrettslokaliteten Naustaren. Oppdragsgiver har vært Aqua Kompetanse AS. Resultatene inngår i selskapets rapportering fra en C undersøkelse på lokaliteten.

Følgende personer har deltatt:

Roger Velvin	Akvaplan-niva	Prosjektansvarlig (Akvaplan-niva). Identifisering bunndyr (Varia). Bunndyrsanalyser. Rapport.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr og børstemark).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport.
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinator av bunndyrsortering.

Aqua Kompetanse har gjennomført alle feltinnsamlingene.

Akkreditert virksomhet:

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

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

Tromsø, 11.09.2015



Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva

1 Materiale og metode

1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr

En oversikt over det faglige programmet for bløtbunnundersøkelsen er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Faglig program for bløtbunnundersøkelsen ved Naustaren, 2015. TOC = total organisk karbon, TOT-P = total fosfor, Zn = sink, Cu = kobber, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type undersøkelse
Naust 1 (nærsone)	Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.
Naust 2 (overgangssone)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.
Naust 3 (fjernsone) tidl.Sves 1*	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.

* Innsamlet og rapportert i 2014 (Apn rapport 7214.01). Godkjent som fjernsonestasjon i foreliggende undersøkelse

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 Direktoratgruppen.

Posisjoner og dyp for stasjonene ved Naustaren er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Naustaren 2015.

Stasjon	Naust 1	Naust 2	Naust 3 (tidl. Sves 1)
Dyp (m)	78	217	249
GPS	N 64° 23,450 Ø 10° 30,551	N 64° 23,006 Ø 10° 30,325	N 64° 22,781 Ø 10° 27,389

1.2 Geokjemiske analyser

1.2.1 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 tørrvektsbasis.

Etter tørking ble totalt innhold av 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
---------------	---------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	------------------------

1.2.2 Total Fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu)

Sedimentprøven for bestemmelse av total fosfor, sink og kobber ble samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb. Prøven ble tatt fra det øverste sedimentlaget (1 cm).

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

1.3 Bunndyr

1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine 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 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 arts mangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert arts mangfold. Endringer i arts mangfold under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

1.3.2 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser

Det ble tatt én prøve på Naust 1 (nærsonen). Sortert materiale ble opparbeidet semikvantitativt, som vil si at ett replikat 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 anlegget (nærsonen) baseres på antallet arter og artssammensetning (se kap. 6.7 i NS 9410:2007).

1.3.3 Kvantitative bunndyrsanalyser

På Naust 2 og Naust 3 (tidl. Sves 1) ble det innsamlet to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007). Sistnevnte stasjon ble innsamlet og rapportert i 2014 (Velvin, 2014). 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
------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

2 Resultater

2.1 Geokjemiske analyser

2.1.1 TOC og kornfordeling

Nivåer av organisk karbon (TOC) og kornfordeling i sedimentene er presentert i Tabell 3. Sedimentet på Naust 3 ble analysert i 2014 (Velvin, 2014).

TOC-nivået var lavt i sediment fra Naust 1 (tilstandsklasse I) og forhøyet på Naust 2 (klasse IV) og på Naust 3 (klasse III). Sedimentet var grovkornet på Naust 1 med 8,7 % pelitt (finstoff). På Naust 2 og 3 var sedimentet mer finkornet med hhv. 87 og 69,5 % pelitt.

Tabell 3. Sedimentanalyser. TOC og kornfordeling (pelittandel= % <0,063mm). Naustaren, 2015.

St.	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandskl.*	Pelitt %
Naust 1	3,4	19,8	I Meget god	8,7
Naust 2	34,1	36,4	IV Dårlig	87,0
Naust 3	25,2	30,7	III Mindre god	69,5

* 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).

2.1.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter

Nivåene av total fosfor, sink og kobber er presentert i Tabell 4. Sedimentet på Naust 3 ble analysert i 2014 (Velvin, 2014).

Ingen av de undersøkte sedimentene var belastet med fosfor. Høyeste nivå ble funnet på Naust 3 i 2014 (2060 mg/kg) og laveste på Naust 1 (1300 mg/kg).

Kobber- og sink konsentrasjonene var lave og på bakgrunnsnivå i alle undersøkte sedimenter (tilstandsklasse I).

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

St.	TOT-P	Zn	Tilst.klassif. Zn	Cu	Tilst.klassif. Cu
Naust 1	1300	11,2	I Bakgrunn	3,14	I Bakgrunn
Naust 2	1740	58,9	I Bakgrunn	38,7	I Bakgrunn
Naust 3	2060	40,1	I Bakgrunn	15,7	I Bakgrunn

2.2 Bunndyr

2.2.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på Naust 1

Resultatene fra den semikvantitative bunndyrsanalysen er presentert i Tabell 5.

Bunndyrsamfunnet var relativt artsrikt med hyppige forekomster av hardbunnarter, som indikerer god vannutskifting. Alle vanlige bunndyrgrupper var representert. Det ble ikke funnet forurensningsindikatorer eller andre belastningseffekter i bunndyrsamfunnet på stasjonen. Klassifisering i henhold til NS 9410 for nærsonen ga miljøtilstand 1 Meget god.

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

Gruppe	Taxa	Forekomst
Polychaeta	<i>Chaetozone</i> sp.	X
	<i>Paraonis</i> sp.	XX
	Capitellidae indet.	X
	<i>Glycera</i> sp.	XXX
	<i>Nothria</i> sp.	XXX
	<i>Owenia fusiformis</i>	XX
	Maldanidae indet.	XX
	Terebellidae indet.	XX
	Polychaeta indet.	XX
	Cumacea indet.	X
Crustacea	Amphipoda indet.	XXX
	Decapoda indet.	XX
	Mollusca	
Mollusca	Polyplocophora indet.	XXX
	Gastropoda indet.	XX
	Bivalvia indet.	XXX
Echinodermata	Ophiuroidea indet.	XXX
	Holothuroidea indet.	XXX
	Echinoidea indet.	XX
Varia	<i>Phoronis</i> sp.	XX
	Nemertini indet.	X
	Nematoda indet.	X
	Bryozoa indet.	X
Ant. arter	Flere arter er registrert i samme taksa	35
NS 9410	Klassifisering av miljøtilstand	1

2.2.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på Naust 2 og Naust 3

2.2.2.1 Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 6. Bløtbunnsamfunnet på Naust 3 ble analysert i 2014 (Velvin, 2014). Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI på grunn av høyt individtall på stasjonene, noe som gjør DI uegnet.

På Naust 2 ble det registrert 511 individer fordelt på 56 arter. På Naust 3 ble det funnet 684 individer og 72 arter. Faunaindeksene, inkludert nEQR, viste økologisk tilstandsklasse II for begge bløtbunnsamfunnene. Unntaket var klasse I for ISI indeksen på Naust 3.

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. Individfordelingene var generelt sett gode med jevnhetsindekser på 0,78 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 (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Naustaren, 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	DI	AMBI	J
-----	-------------	-----------	----	-------------------	------	---------------------	-----	------	----	------	---

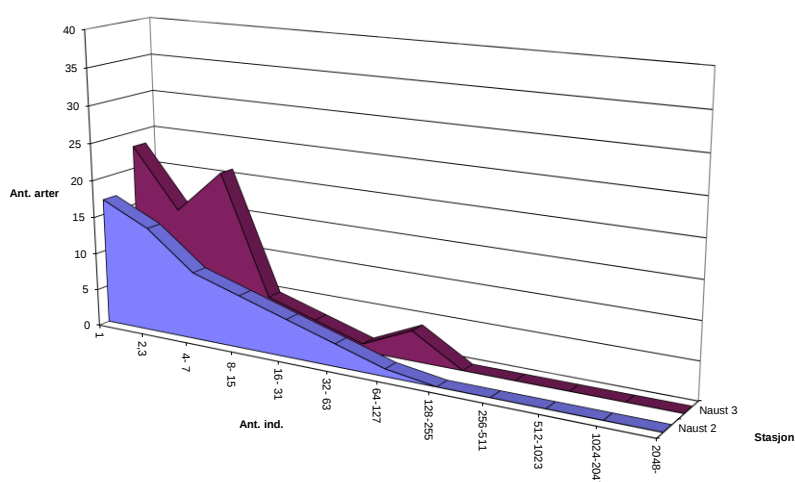
Naust 2	511	56	4,25	28,9	0,76	9,55	23,95	0,754	0,36	1,92	0,78
Naust 3	684	72	4,54	31,7	0,79	10,05	23,71	0,778	0,46	1,74	0,79

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

2.2.2.2 Geometriske klasser

Figur 1 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 moderat høye startpunkter på y-aksen. Naust 3 startet noe høyere enn kurven for Naust 2, men ingen av kurvene strakk seg nevneverdig langt ut mot høyere klasser. Kurveforløpene viste ingen tegn til faunaforstyrrelser på noen av stasjonene.

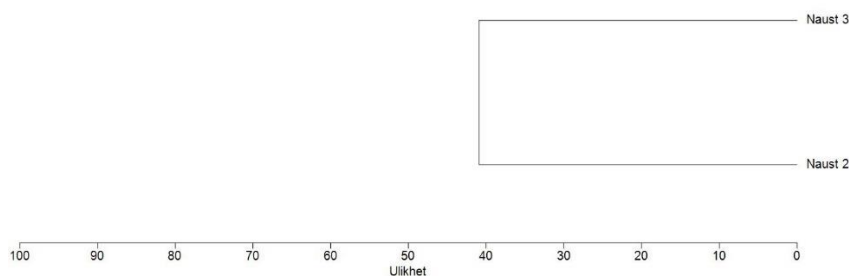


Figur 1. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Naustaren, 2015 (pr. 0,2 m²).

2.2.2.3 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 2. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale aksene. 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 på Naust 2 og Naust 3 var 60 % lik med hensyn til arts- og individfordeling.



Figur 2. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Naustaren, 2015.

2.2.2.4 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 begge stasjonene var den tolerante muslingen *Thyasira equalis* mest tallrik, hvor den på Naust 2 utgjorde 17 % og på Naust 3 kun 12 % av individene. Ellers var det en relativ jevn fordeling mellom tolerante og nøytrale arter (EG II) blant topp-ti på stasjonene. Det ble også registrert forekomster av opportunistiske arter (EG IV) og en sensitiv art (EG I).

Det ble ikke registrert forurensningsindikatorer blant topp-ti på noen av disse to stasjonene.

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. Naustaren 2015. ik = ikke kjent gruppe.

Naust 2 (overgangssone)	Ant.	Kum.	EG	Naust 3 (fjersone)	Ant.	Kum.	EG
<i>Thyasira equalis</i>	90	17 %	III	<i>Thyasira equalis</i>	82	12 %	III
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	61	29 %	III	<i>Amphilepis norvegica</i>	80	24 %	II
<i>Amphilepis norvegica</i>	51	39 %	II	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	80	35 %	III
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	35	45 %	I	<i>Abra nitida</i>	64	45 %	III
<i>Rhodine loveni</i>	22	49 %	II	<i>Kelliella miliaris</i>	45	51 %	III
<i>Adontorhina similis</i>	21	53 %	II	<i>Nucula tumidula</i>	29	56 %	II
<i>Thyasira sarsi</i>	19	57 %	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	60 %	IV
<i>Heteromastus filiformis</i>	17	60 %	IV	<i>Rhodine loveni</i>	23	63 %	II
<i>Abra nitida</i>	16	63 %	III	<i>Ophiuroidea indet. juv.</i>	16	65 %	II
<i>Nucula nucleus</i>	15	66 %	ik	<i>Adontorhina similis</i>	15	67 %	II

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

V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species).

3 Sammenfattende vurderinger

Resultatene fra bløtbunnsundersøkelsen (type C) ved lokaliteten Naustaren 2015, kan sammenholdes som følger:

- Nivåene av organisk karbon (TOC-nivået) var lavt i sediment fra nærsone (tilstandsklasse I), og forhøyet i overgangssone (klasse IV) og i fjernsone (klasse III). Sedimentene var ikke belastet med fosfor, kobber eller sink. Nivåene for de to sistnevnte parametre ble klassifisert i tilstandsklasse I på alle stasjonene.
- Bløtbunnsamfunnet i nærsone var uforstyrret, vist ved høy artsrikdom uten forurensningsindikatorer eller andre belastningseffekter. Klassifisering i henhold til NS 9410 ga miljøtilstand 1 Meget god. Faunaindeksene, inkludert nEQR, fra overgangssone og fjernsone viste økologisk tilstandsklasse II. Individfordelingene var jevne uten forekomster av forurensningsindikatorer.

4 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.
- Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.
- 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 macro fauna.
- 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 macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.
- Velvin, R., 2014. Aqua Kompetanse AS Miljødokumentasjon Trøndelag. Bløtbunnundersøkelser 2014. Akvaplan-niva rapport 7214.01. 26 s.

5 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 indeksen 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 toppe. 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 ordinasjonsanalyser (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-1: 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 arts mangfold 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

Tetthetsindeks (Density index, DI)

DI er en indeks for individtetthet. DI er spesielt utviklet med tanke på tilstandsklassifisering av individfattig fauna. Indeksene for artsmangfold og ømfintlighet da av og til dårlig fordi de styres av tilfeldigheter i de små datasettene. Fattig fauna finnes særlig ved dårlige oksygenforhold eller ved svært kraftig industriforurensning. Ekstremt høye individtettheter av tolerante arter tyder på påvirkning av organisk belastning vanlig nær renseanlegg og matfiskanlegg. DI signaliserer også dette. Indeksen beregnes ved:

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

Hvor abg står for tallverdi, altså at negative verdier gjøres positive, $N_{0,1\text{m}^2}$ antall individer pr. 0,1 m².

Normalisert EQR (nEQR)

Observert indeksverdi omregnes til nEQR (normalised ecological quality ratio):

$$\text{nEQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0,2 + \text{Klassens nEQR basisverdi}$$

Klassens nEQR basisverdi er den samme for alle indekser og er satt til:

Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (I)	= 0,8
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (II)	= 0,6
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (III)	= 0,4
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (IV)	= 0,2
Basisverdi (nedre grenseverdi) i Klasse (V)	= 0,0

Klasseintervallet er 0,2 for alle klassene.

nEQR gir altså en tallverdi på en skala fra 0 til 1. Tallverdien viser ikke bare statusklassen, men også hvor lavt eller høyt i klassen tilstanden ligger fordi verdiene følger en kontinuerlig skala. F. eks. viser verdien 0,75 at tilstanden ligger tre firedeler opp i tilstand God (God = 0,6 – 0,8). nEQR muliggjør en harmonisert sammenligning av forskjellige indekser, både innenfor samme kvalitetselement og mellom ulike kvalitetselement.

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 Naustaren 2015:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	Naust 2	Naust 3
no. ind.	1159	511	648
no. spe.	91	56	72

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	Naust 2_01	Naust 2_02	Naust 3_01	Naust 3_02
no. ind.	1159	238	273	319	329
no. spe.	91	44	43	54	54
Shannon-Wiener:		4,1	4,4	4,6	4,5
Pielou		0,75	0,81	0,80	0,78
ES100		28	30	32	31
SN		2,23	2,18	2,28	2,27
ISI-2012		9,39	9,70	9,91	10,19
AMBI		2,212	1,631	1,85	1,639
NQI1		0,75	0,78	0,78	0,80
NSI		23,0	24,9	23,4	24,0
DI		0,327	0,386	0,454	0,467

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	Naust 2	Naust 3
Shannon-Wiener:	4,25	4,54
Pielou	0,78	0,79
ES100	28,9	31,7
SN	2,20	2,27
ISI-2012	9,55	10,05
AMBI	1,92	1,74
NQI1	0,76	0,79
NSI	23,95	23,71
DI	0,36	0,46

Normalisert EQR	Naust 2	Naust 3
Shannon-Wiener:	0,739	0,772
ES100	0,740	0,773
ISI-2012	0,795	0,827
NQI1	0,740	0,768
NSI	0,758	0,748
DI	0,681	0,426

Tilstandsklasse nEQR	0,742	0,719
Tilstandsklasse nEQR - DI	0,754	0,778

Geometriske klasser

int.	Naust 2	Naust 3
1	17	23
2,3	14	15

4- 7	9	21
8- 15	7	5
16- 31	5	3
32- 63	3	1
64-127	1	4
128-255	0	0

Artsliste

Naustaren C 2015

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: Naust 2						
FORAMINIFERA						
			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMERTINI						
			Nemertini indet.	1		1
NEMATODA						
			Nematoda indet.	1		1
SIPUNCULIDA						
			Onchnesoma steenstrupii		2	2
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	10	3	13
		Spionida				
			Prionospio dubia		1	1
			Spiophanes kroyeri	1	2	3
			Spiochaetopterus bergensis	1		1
			Aphelochaeta sp.	4	10	14
			Chaetozone sp.	2		2
		Capitellida				
			Capitella capitata	1		1
			Heteromastus filiformis	11	6	17
			Rhodine loveni	12	10	22
			Maldanidae indet.	2	10	12
		Opheliida				
			Ophelina norvegica		1	1
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	1		1
			Phyllodoce groenlandica		2	2
			Neoleanira tetragona	1	2	3
			Pholoe baltica	1	3	4
			Pholoe pallida	2		2
			Syllis cornuta	1		1
			Ceratocephale loveni	1	3	4
			Aglaophamus pulcher	1	3	4
			Nephtys paradoxa		1	1
		Amphinomida				

	Paramphinome jeffreysii	59	2	61
Eunicida				
	Paradiopatra quadricuspis	2	33	35
	Abyssoninoe hibernica	1	3	4
Flabelligerida				
	Brada villosa	2		2
	Diplocirrus glaucus	1	1	2
	Pherusa falcata		1	1
Terebellida				
	Cistenides hyperborea	1	1	2
	Amphictene auricoma	1		1
	Melythasides laubieri	1	1	2
	Polycirrus medusa	1	3	4
	Terebellides sp.		1	1
	Trichobranchus roseus		2	2
Sabellida				
	Chone sp.		1	1
CRUSTACEA				
Copepoda				
Calanoida				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Calanoida indet.	1	2	3
			Copepoda indet.	2	1	3
	Malacostraca					
		Leptostraca				
			Sarsinebalia typhlops		2	2
		Cumacea				
			Eudorella sp.	3	1	4
MOLLUSCA						
	Cauodofoveata					
			Cauodofoveata indet.	6	6	12
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cyllichnina sp.	1		1
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula nucleus	4	11	15
			Yoldiella lucida	2	3	5
			Yoldiella messanensis		1	1
			Yoldiella nana	1		1
		Veneroida				
			Myrtea spinifera	2	1	3
			Adontorhina similis	10	11	21
			Mendicula ferruginosa	2	11	13
			Thyasira equalis	35	55	90
			Thyasira obsoleta	6	8	14
			Thyasira sarsi	5	14	19
			Abra nitida	8	8	16
			Kelliella miliaris	1	3	4
		Pholadomyoida				
			Tropidomya abbreviata	1		1
	Scaphopoda					
		Dentaliida				
			Antalis sp.		2	2
ECHINODERMATA						
	Asteroidea					
		Notomyotida				
			Pontaster tenuispinus	1		1
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphilepis norvegica	27	24	51
			Ophiuroidea indet. juv.	2	8	10
	Echinoidea					
		Spartangoida				
			Brisaster fragilis	1	4	5
			Spartangoida indet. juv.	1	2	3
			Maks:	59	55	90
			Antall:	50	48	62
			Sum:			529

Stasjonsnr.: Naust 3

FORAMINIFERA

	Foraminifera indet.	-1	-2	-3
CNIDARIA				
Anthozoa				
	Edwardsia sp.		1	1
	Cerianthus lloydii	1		1
	Cerianthus lloydii juv.	1		1
NEMERTINI				
	Nemertini indet.		2	2
SIPUNCULIDA				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Golfingia sp.	1		1
			Onchnesoma steenstrupii	3	2	5
			Phascolion strombus	2	2	4
			Sipunculida indet. juv.	2	4	6
ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Levinsenia gracilis	7	1	8
			Paradoneis lyra		1	1
		Spionida				
			Prionospio dubia	6	3	9
			Spiophanes kroyeri	2		2
			Spiochaetopterus typicus	1	1	2
			Aphelochaeta sp.	3	8	11
			Chaetozone sp.	1	1	2
		Capitellida				
			Heteromastus filiformis	20	7	27
			Rhodine loveni	13	10	23
			Praxillella praetermissa	2	2	4
			Euclymeninae indet.	2	5	7
		Opheliida				
			Ophelina norvegica		1	1
		Phyllodocida				
			Bylgides sarsi	1		1
			Malmgreniella glabra	1		1
			Polynoidae indet. juv.		1	1
			Neoleanira tetragona	2	5	7
			Pholoe baltica	1	1	2
			Pholoe pallida	6	5	11
			Gyptis rosea		1	1
			Ceratocephale loveni	2	2	4
			Aglaophamus pulcher	4	2	6
			Nephtys hystricis		4	4
		Amphinomida				
			Paramphinome jeffreysii	42	38	80
		Eunicida				
			Paradiopatra quadricuspis	1	2	3
			Abyssoninoe hibernica	2	2	4
			Augeneria tentaculata	1		1
		Flabelligerida				
			Brada villosa		3	3
			Diplocirrus glaucus	2	3	5
		Terebellida				
			Amphictene auricoma	1		1
			Pectinaria belgica	2	1	3
			Sosanopsis wireni	1		1
			Polycirrus medusa	1		1
		Sabellida				
			Euchone southerni	1		1
CRUSTACEA						
	Copepoda					
		Calanoida				
			Calanoida indet.		2	2

Malacostraca

Cumacea

Eudorella sp.		2	2
Diastylis cornuta	1	5	6
Diastylodes serratus	2	2	4

Amphipoda

Eriopisa elongata	1	3	4
Bathymedon longimanus	1		1
Oediceropsis brevicornis		1	1
Westwoodilla caecula	1		1

Euphausiacea

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Euphausiacea indet.	1		1
			Crustacea indet. juv.	2	1	3
MOLLUSCA						
		Cauchofoveata				
			Cauchofoveata indet.	4	2	6
		Opisthobranchia				
		Thecosomata				
			Limacina retroversa		1	1
		Bivalvia				
		Nuculoida				
			Nucula tumidula	11	18	29
			Yoldiella lucida	3	2	5
		Mytiloida				
			Modiolula phaseolina		1	1
		Veneroida				
			Myrtea spinifera		1	1
			Adontorhina similis	6	9	15
			Mendicula ferruginosa	3	1	4
			Axinulus croulinensis		1	1
			Thyasira equalis	35	47	82
			Thyasira obsoleta		4	4
			Thyasira sarsi	6		6
			Thyasira sp.		3	3
			Tellimya tenella	3		3
			Parvicardium minimum	2		2
			Abra nitida	32	32	64
			Kelliella miliaris	27	18	45
		Pholadomyoida				
			Tropidomya abbreviata	4	2	6
		Scaphopoda				
		Dentaliida				
			Antalis sp.		1	1
		Gadilida				
			Entalina tetragona	2	4	6
ECHINODERMATA						
		Asteroidea				
			Asteroidea indet. juv.	1		1
		Ophiuroidea				
		Ophiurida				
			Amphipholis squamata		2	2
			Amphiura chiajei	4		4
			Amphiura filiformis		1	1
			Amphilepis norvegica	31	49	80
			Ophiuroidea indet. juv.	5	11	16
		Echinoidea				
		Echinoida				
			Echinus sp.	3		3
		Spartangoida				
			Brisaster fragilis	1	1	2
			Echinocardium flavescens	1		1
			Spartangoida indet. juv.	2	6	8
HEMICHORDATA						

Hemichordata indet.		1	1
Maks:	42	49	82
Antall:	62	62	83
Sum:			685

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
				TOTAL:	Maks:	90
					Sum:	1214

Vedlegg 2. Analyserapport

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: Akvaplan-niva
Kunde referanse: Nausttaren
Kontaktperson: Roger Velvin
Adresse: Framsenteret

Postnr./sted:

Tel:

E-post:

Dato: 26.06.2015

Rapport nr.: 7694
Analyseparameter(e): Splitt-i-to, TOC, Cu, Zn, P-total
Kontaktperson: Ingar H. Wasbotten

Analyseansvarlig:

Lina Tordaa

(sign.)

Underskriftsberettiget:

Ingar H. Wasbotten

(sign.)

Prøve id. Unilab	Kundens id.	Matrix	Prøvens beskaffenhet ved mottak	Mottatt Unilab	Analyseperiode
7694/1	Naust 1-2	sediment	Frossen	29.05.15	10.06. - 15.06.2015
7694/2	Naust 2-3	sediment	Frossen	29.05.15	10.06. - 15.06.2015

MERKNAD:

Prøve 'Naust 2-3' inneholder partikler (skjell /steiner) større enn 15 med mer som ikke inngår i analysen. Disse partiklene ville samlet utgjøre ca 12 vekt% av den totale prøven.

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

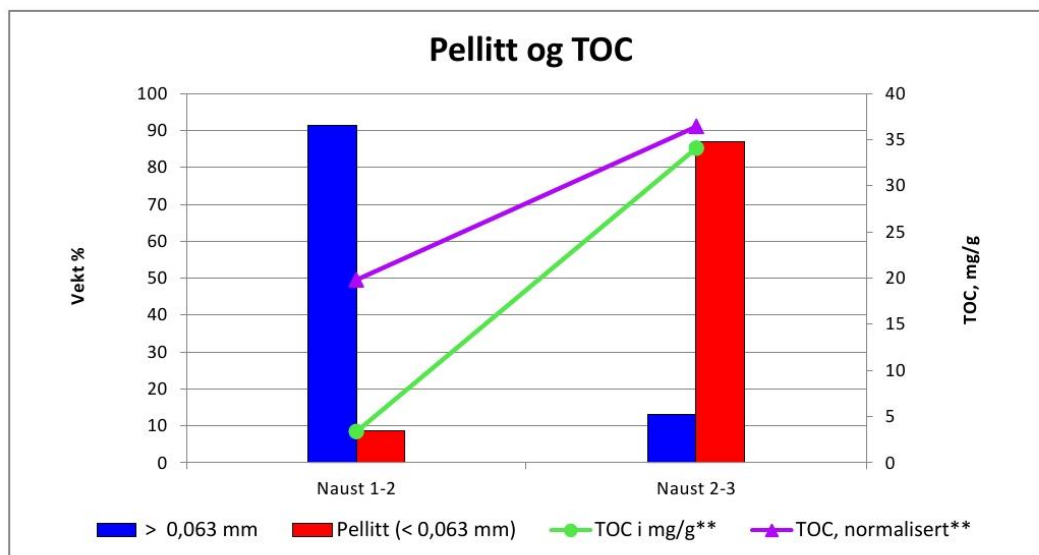
Kundens id.:		Naust 1-2	Naust 2-3			
Parameter	Enhet	7694/1	7694/2			
> 0,063 mm	vekt %	91.3	13.0			
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	8.7	87.0			
TOC *	% TS	0.34	3.41			
TS (TOC) *	%	40.9	34.2			
TOC i mg/g**	mg/g TS	3.4	34.1			
TOC, normalisert**	mg/g TS	19.8	36.4			
Cu *	mg/kg TS	3.14	38.7			
Zn *	mg/kg TS	11.2	58.9			
P-total *	% TS	0.130	0.174			
	mg/kg TS**	1300	1740			

* 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

** Uakkreditert 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.



Side 2 av 2