



2016

Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg

**MOM C ved
Hestholmen, Gildeskål kommune,
februar 2016**

Nova Sea AS

Etter Norsk Standard NS 9410: 2007

AQUA KOMPETANSE AS



Aqua Kompetanse A/S

Kontoradresse : Strandveien, 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 ved Hestholmen, Gildeskål kommune, februar 2016			Dato for rapport: 29.06.2016
			Dato for felt: 05.02.2016
			Antall sider uten vedlegg: 15
			Antall sider totalt: 48
Lokalitetsnr: 13006	Driftsleder: Stian Karlsen	MTB-tillatelse: 4680 tonn	Fylke: Nordland
			Kommune: Gildeskål
			Kartkoordinater: 67°08.807N 14°00.992Ø
Forfatter(e): Vidar Strøm, Kristine Brokke			Prosjektleder: Vidar Strøm
			Prosjekt nr.: 2-1-16C
Oppdragsgiver: Nova Sea AS v/ Ole Andreas Fatnes			Tilgjengelighet: På forespørsel

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. Den hydrografiske undersøkelsen viste et høyt oksygennivå i hele vannsøylen. Det ble målt lave nivå av TOC (TK II), kobber, og sink (TK I). Fosfornivået var bare lett forhøyet i nær- og overgangssonen, mens det var lavt i fjernsonen. Bunndyrsamfunnet i nærsjonen fikk tilstand 1 (svært god) etter MOM-klassifiseringen. Den økologiske tilstandsklassifiseringen etter veileder 02:2013 gav TK II (God) for bunndyrsamfunnene i overgangssonen og TK I (svært god) i fjernsonen.		
Emneord: MOM C, resipient, tilstandsklasse		
Ansvarlig for:	Dato:	Signatur:
Prosjektet/Undersøkelsen: Kristine Brokke	17.06.16	<i>Kristine Brokke</i>
Kvalitetssikret av: Vidar Strøm	29.06.16	<i>Vidar Strøm</i>

© 2016 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
1. Materiale og metode	5
1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering	5
1.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	7
1.2.1 Hydrografi	7
1.2.2 Sediment	8
1.2.3 Bunndyr	8
1.3 Produksjonsdata fra anlegg	8
2. Resultat	9
2.1 Hydrografisk måling	9
2.2 Bunndyr og kjemiske analyser	10
3. Oppsummering	12
4. Referanser	13
Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport	14
Vedlegg B – B1 og B2-skjema	41

Forord

Aqua Kompetanse AS har gjennomført feltarbeid for å innhente prøvemateriale for oppdragsgiver Nova Sea AS. Analysene av dette prøvematerialet er utført av Akvaplan-niva AS (se vedlegg).

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).

Lovund, 17.06.2016



Kristine Brøkke

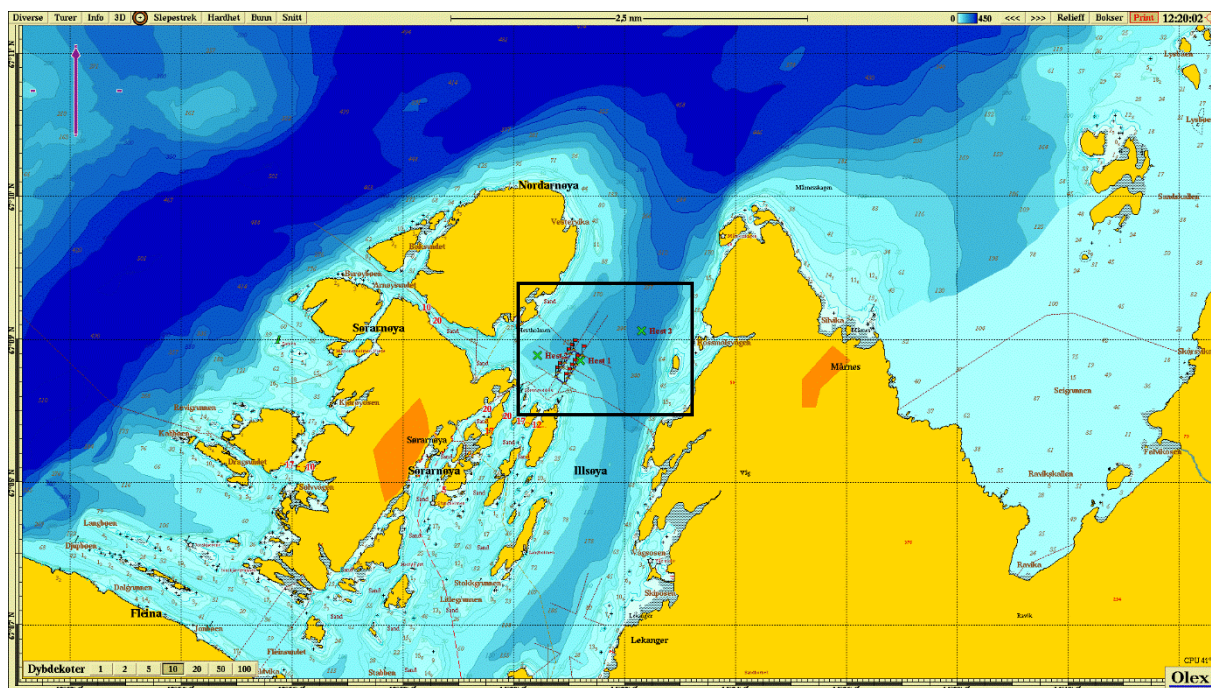
Prosjektansvarlig hos Aqua Kompetanse AS.

Hovedresultater fra MOMC-undersøkelse (NS 9410:2007):				
Stasjoner Parametre		Hest 1 (nærstasjon)	Hest 2 (overgangsstasjon)	Hest 3 (fjernstasjon)
GPS (prøvestasjoner):		67°08.852 N 14°01.204 Ø	67°08.886 N 14°00.431 Ø	67°09.059 N 14°02.308 Ø
Kjemi: pH/Eh/sulfid		7,78/195 mV	8,07/ 325 mV	7,88/347 mV
Fauna Fauna tilstandsklasse (Veileder: 02:2013)	Antall arter (S):		103	125
	Antall ind. (N):		1091	898
	Ant. Taxa (ASC):			
	NQI1:		0,70 TK II	0,84 TK I
	Shann.Wien. (H')		4,20 TK II	5,53 TK I
	Hurl.ind.(ES _{n=100}):		31,8 TK II	45,6 TK I
	J, Jevnhet (0-1):		0,67	0,84
	ISI:		8,83 TK II	10,70 TK I
	NSI:		20,52 TK II	25,12 TK I
	DI:		0,68	0,60
	AMBI:		3,212	1,766
	nEQR:		0,706 TK II	0,884 TK I
	MOM-tilstand:	Miljøtilstand 1		
Normal. TOC	TOC (mg/g): TOC, tilst.klasse:	23,3 TK II	26,4 TK II	22,1 TK II
Elementer Resultater + tilstandsklasse	Cu (mg/kg): Cu, tilst.klasse:	7,7 TK I	4,4 TK I	7,5 TK I
	P (g/kg): P, kommentar:	1,74 Ikke belastet	1,44 Ikke belastet	0,74 Ikke belastet
	Zn, (mg/kg): Zn, tilst.klasse:	28,3 TK I	16,0 TK I	27,0 TK I
Oksygen	Målt verdi (%): O ₂ , tilst.klasse:			93 % TK I
Ansvarlig feltarbeid / Signatur:		Kristine Brodtkorb		

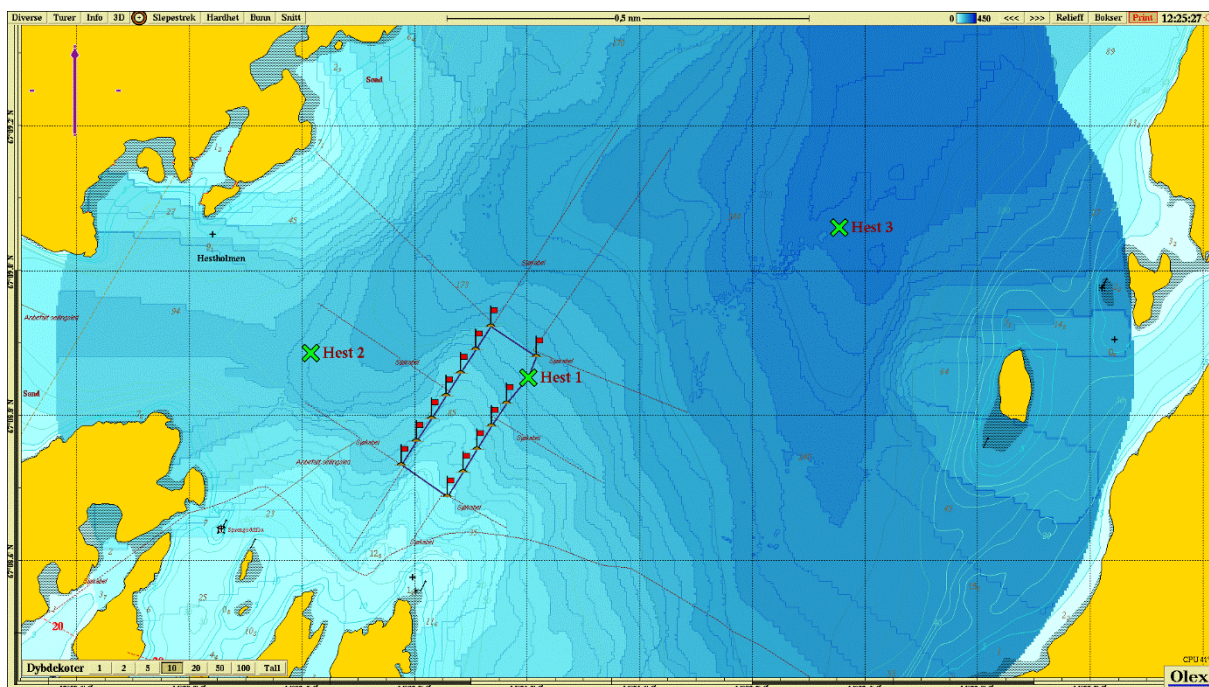
1. Materiale og metode

1.1 Undersøkelsesområde og stasjonsplassering

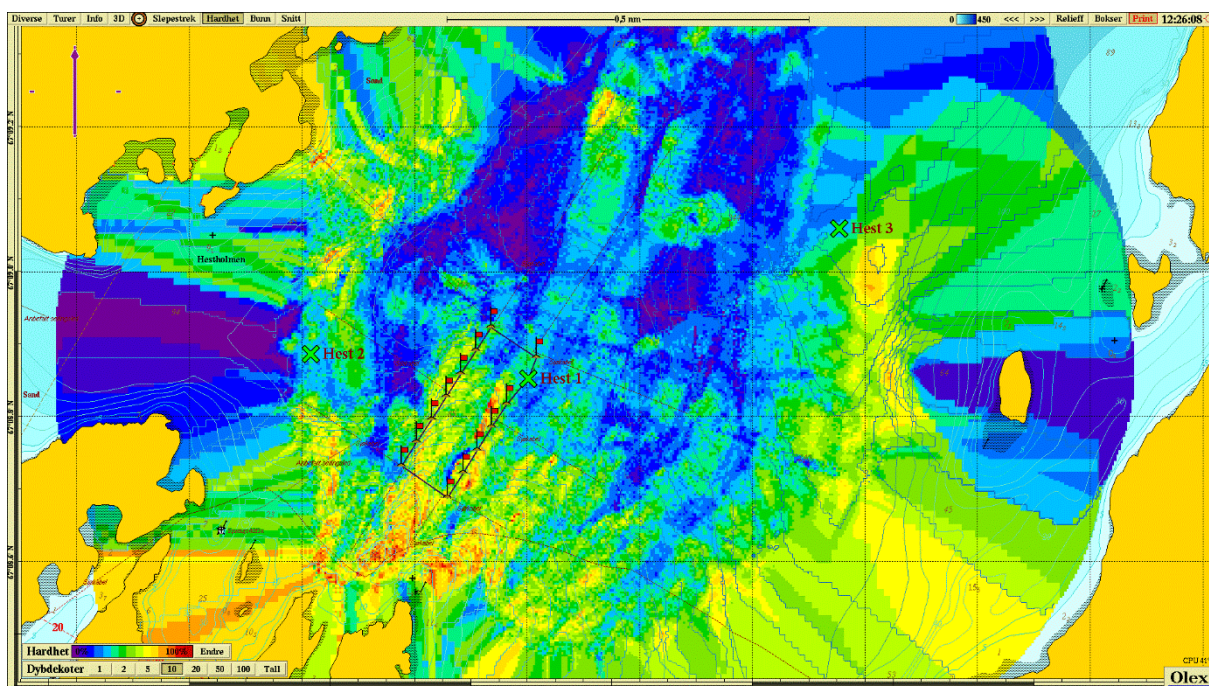
Undersøkelsesområdet ligger i mellom Arn-øyene og Sandhornøy, i nordenden av Fugløyfjorden i Gildeskål kommune (se figur 1). Anlegget har plass til seks bur på to rader, men fire av de nordligste burene har stått tomme. Sør-enden av anlegget ligger på 50 meters dybde, og bunnen skråner ned mot 150 meter i den nordlige delen av anlegget. Bunnsedimentet inne i anleggsrammen har en hardhet på rundt 50% (figur 3). Nærsonestasjonen (Hest 1) ble lagt til den dypeste delen av ramma, på nordøst-siden. Hardheten nærmer seg 100 % i skråningen som går fra land ned mot dypeste punkt i fjorden, dermed ble overgangsstasjonen (Hest 2) plassert 350 meter vest for anlegget. Her var det også tatt en MOM C-stasjon tidligere («C-undersøkelse lokalitet Arnøysundet i Gildeskål kommune mars 2014» levert av Helgeland Havbruksstasjon AS), så sannsynligheten for å få opp grabbmateriale var større her enn på østsiden av anlegget. Fjernsonestasjonen (Hest 3) ble lagt til den dypeste delen av fjorden, 850 meter fra anlegget, også brukt som fjernsonestasjon i c-undersøkelsen fra Arnøysundet.



Figur 1: Oversiktskart som viser lokaliteten Hestholmen med tre grabbstasjoner for MOM C-undersøkelsen. Målestokk: 1:40 000. Kartkilde: Olex.



Figur 2: Kartet viser anleggsrammen ved Hestholmen med prøvestasjoner for MOM C. Målestokk: 1:10 000. Kartkilde: Olex.



Figur 3: Kartet viser anleggsrammen ved Hestholmen med prøvestasjoner for MOM C samt hardhetsgrad av bunnsediment. Målestokk: 1:10 000. Kartkilde: Olex.

1.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingen ble gjort fra oppdragsgivers båt den 5. februar, 2016. Bunndyrprøver og sedimentprøver ble samlet inn ved hjelp av en 0.1m² Van Veen-grabb. Undersøkelsen ble gjennomført av Kristine Brokke fra Aqua Kompetanse AS.

1.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt, da oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Fullmettet vann har en konsentrasjon av oksygen i likevekt med luft under normalt atmosfæretrykk, men oksygennivået vil variere med temperatur og salinitet. Vannets evne til å holde på oksygen avtar ved økende temperatur og salinitet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %. Oksygeninnholdet i vann kan dermed fortelle en del om tilstanden, noe som er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 20. (Fra Molvær et al., 97 og Veileder 02:2013).

				Tilstandsklasser				
				I	II	III	IV	V
Parameter	Veileder	Måleenhet	Bakgrunn/	God	Moderat/	Dårlig		Svært dårlig
				Svært god	Mindre god			
Dypvann	Oksygen*	97:03	ml O2/ 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 for lokaliteten (figur 4 og 5). 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.

1.2.2 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.

pH og Eh-måling

Ved hver stasjon ble det utført pH- og Eh-målinger i sedimentet. Målingene ble utført med et multimeter levert av produsenten Hach Lange.

1.2.3 Bunndyr

Bunndyrprøver ble tatt med prøvetakingsredskapet Van Veen grabb (0,1 m²) iht. metodikk beskrevet i Norsk Standard NS:9410: 2007. 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.

1.3 Produksjonsdata fra anlegg

Fisken som sto i anlegget ved undersøkelsestidspunkt, var H14G, og den var flyttet dit sommeren 2015. Undersøkelsen ble tatt ved maks biomasse.

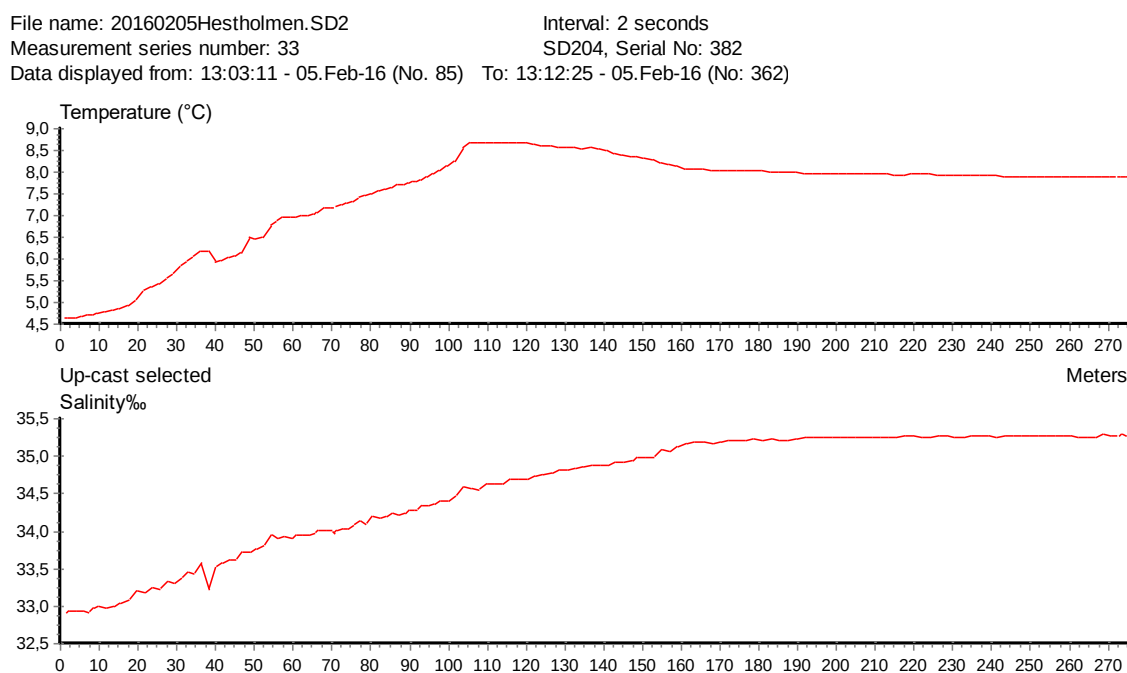
Tabell 2: *Produksjonstall fra siste generasjon fisk på lokalitet Hestholmen pr februar, 2016.*

Biomasse	Utfôret mengde	Produsert mengde
2 963 tonn	4 465 tonn	3 731 tonn

2. Resultat

2.1 Hydrografisk måling

Saltholdighet, temperatur, og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til like over bunnen i dypområdet ved lokaliteten. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i figur 4 og 5.



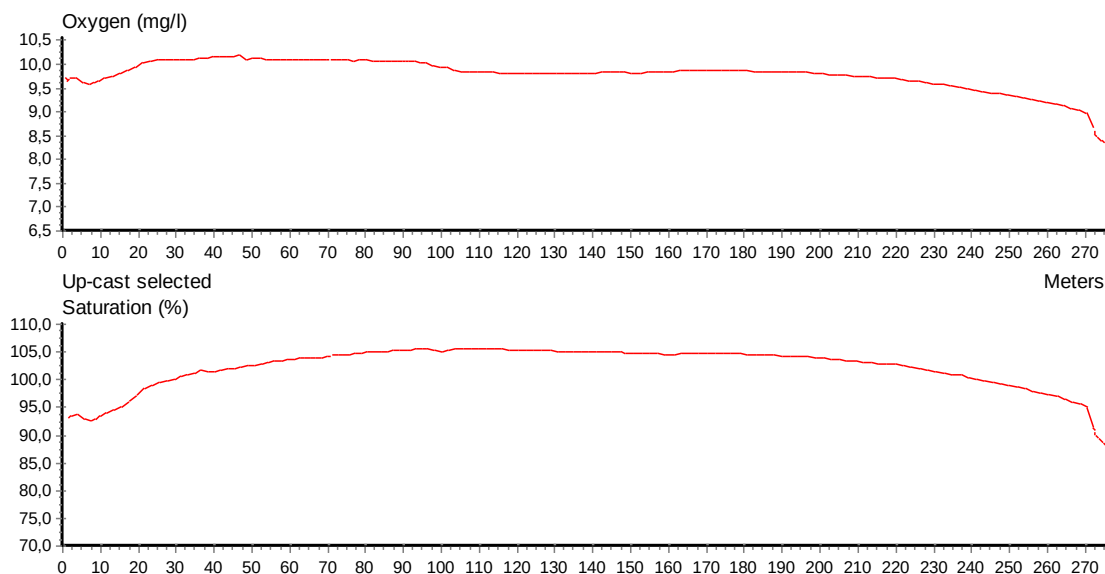
Figur 4: Sjøtemperatur (°C) og saltholdighet (‰) fra overflaten og ned til 274 meters dyp ved fjernsonestasjonen Hest3 den 05.02.2016.

Temperaturprofilen i figur 4 viser at sjøtemperaturen er 4,6 °C helt i overflaten på undersøkelsestidspunktet. Saltholdigheten er 32,9 ‰ i overflatevannet. Temperaturen stiger i takt med økende dybde. Fra 100 meters dybde og videre nedover ligger sjøtemperaturen ganske stabil rundt 8,5 °C. Temperaturen er noe lavere i bunnvannet, hvor den er 7,9 °C. Saltholdigheten stiger med økende dybde, ved rundt 200 meters dybde flater saltholdighetsprofilen ut på rundt 35,2 ‰.

File name: 20160205Hestholmen.SD2
Measurement series number: 33
Data displayed from: 13:03:11 - 05.Feb-16 (No. 85) To: 13:12:25 - 05.Feb-16 (No: 362)

Interval: 2 seconds

SD204, Serial No: 382



Figur 5: *Oksygenkonsentrasjon (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til 274 meters dyp ved fjernsonestasjonen Hest3 den 05.02.2016.*

Oksygenkonsentrasjonen er 9,7 mg O₂/l i overflatevannet, med en metning på 94 %. Nivået av oksygen er høyt nedigjennom hele vannsøylen. I bunnvannet er konsentrasjonen 8,8 mg O₂/liter, mens metningen er 93 %. Omregnet til ml O₂/liter gir dette en konsentrasjon på 6,2 ml O₂/liter, noe som svarer til tilstandsklasse I 'Svært god' etter klassifiseringen for oksygen i dypvann gjengitt i tabell 1.

2.2 Bunndyr og kjemiske analyser

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

pH-, Eh og sensoriske registreringer

De elektrokjemiske målingene viste normale verdier ved alle tre stasjoner. Det ble ikke registrert noe lukt eller misfarging ved noen av prøvene. Alle hadde mykt sediment som fylte mellom ¼ og ¾ av grabben. Det ble ikke registrert slam ved noen stasjoner. Kopi av feltskjemaene finnes i vedlegg B.

2.3 Tidligere undersøkelser

Det er ikke tidligere foretatt en MOM C på Hestholmen, men som nevnt innledningsvis ble det foretatt en MOM C på nabolokaliteten Arnøysundet i 2014. Grabbstasjonene i overgangssonen (Hest 2) og fjernsonen (Hest 3) ble tatt samme sted som overgangssonen (St. 3) og fjernsonen (St. 4) fra C-undersøkelsen i 2014. Under følger en tabell hvor resultatene fra disse to undersøkelsene sammenlignes.

Tabell 3: Tabell over alle nødvendige måleparametre i en C-undersøkelse med resultater fra årets undersøkelse på Hestholmen (Hest 2 og 3), og resultatene fra C-undersøkelsen i Arnøysundet i 2014 utført av Helgeland Havbruksstasjon (St. 3 og 4).

	Stasjoner	Hest 2 (2016)	St. 3 (2014)	Hest 3 (2016)	St. 4 (2014)
Parametre	GPS (prøvestasjoner):	67°08.886 N 14°00.431 Ø	67° 08.882 N 14° 00.422 Ø	67°09.059 N 14°02.308 Ø	67° 09.057 N 14° 02.388 Ø
	pH/Eh	8,07/ 325 mV	7,8/-54 mV	7,88/347 mV	7,8/-19 mV
Fauna	Ant. Arter	103	160	125	134
	Antall individer:	1091	2313	898	852
	Jevnhet (0-1):	0,67	0,73	0,84	0,79
	Shann.Wien. (H')	4,20 TK II	5,0 TK I	5,53 TK I	5,4 TK I
	Hurl.ind.(ES n=100)	31,8 TK II	37,4 TK I	45,6 TK I	42,7 TK I
Element	TOC (mg/g):	26,4 TK II	19 TK I	22,1 TK II	19 TK I
	Zn, (mg/kg):	16 TK I	22,0 TK I	27 TK I	22,0 TK I
	P (mg/kg):	1440	533	740	428
	P, kommentar:	Ikke belastet	I (Meget god)	Ikke belastet	I (Meget god)
	Cu (mg/kg)	4,4 TK I	3,7 TK I	7,5 TK I	2,7 TK I
Oksygen	Målt verdi (%):			93% TK I	135% TK I

3. Oppsummering

Den hydrografiske undersøkelsen viste ingen tydelige lagdeling av vannmassene, men det ble målt et noe ferskere vannlag helt i overflaten. Det ble målt et høyt oksygennivå i hele vannsøylen. Konsentrasjonen i bunnvannet gav tilstandsklasse I (Svært god) etter klassifiseringen for oksygen i dypvann gjengitt i tabell 1.

Rapporten fra Akvaplan-niva viser at nivået av totalt organisk karbon (TOC) var lett forhøyet ved alle de tre stasjonene, og det ble klassifisert til tilstandsklasse II; god. Sedimentet var grovkornet tatt i betraktning en lav pelittandel. Fosfornivåene var litt høye i nærsone og overgangssone, mens nivået i fjernsonen var lavt. Sink og kobberverdiene på alle tre stasjoner var lave, med tilstandsklasse I «Bakgrunn».

Faunaindeksen på nærsone og overgangssone ga tilstand II «god». Fjernsonestasjonen fikk tilstand I «Svært god». Når det gjelder artssammensetningen, så viste nær- og overgangssonen tegn til påvirkning, med en del opportunistisk børstemark, mens fjernsonen hadde et større innslag av nøytrale og sensitive arter. NS 9410:2007-klassifiseringen gav miljøtilstand 1 «svært god» til bunndyrssamfunnet i nærstasjonen.

Dette er første gang det blir foretatt en C-undersøkelse på Hestholmen, men det ble utført en undersøkelse på nabolokaliteten Arnøysundet i 2014 av Helgeland Havbruksstasjon. Det er de samme stasjonene som er brukt i denne undersøkelsen i overgangssonen og fjernsonen. Disse to stasjonene ble klassifisert til tilstandsklasse I ved alle målbare parametere i 2014. Ved årets rapport gir to av faunaindeksene; SW og Hurl. tilstandsklasse II i overgangssonen (Hest 2). Fjernsonen (Hest 3), har fortsatt tilstandsklasse II på alle faunaindekser. Det ble funnet færre arter og færre individ i overgangssonen i år enn for to år siden. Mengden totalt organisk karbon klassifiserer til tilstandsklasse II på begge stasjonene etter årets undersøkelse, og har dermed økt siden 2014. Sammenligningen av disse undersøkelsene viser at det kan være spor etter en økt påvirkning fra 2014 til 2016, men verdiene fra årets undersøkelse er fortsatt relativt gode, kun med tilstandsklasse I og II.

4. 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.
- Ness, J, Langhelle, B, (2014) C-undersøkelse Arnøysundet i Gildeskål kommune Mars 2014. *Helgeland Havbruksstasjon AS*. 31 s.
- Veileder fra Direktorsgruppa. (2013) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Norsk klassifiseringssystem i henhold til vannforskriften. *Veileder 02:2013*

Vedlegg A – Akvaplan-niva rapport

Aqua Kompetanse AS
C-undersøkelse på
oppdrettslokaliteten Hestholmen, 2016.
Bløtbunn

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 Hestholmen, 2016. Bløtbunn.

Forfatter(e) / Author(s)

Roger Velvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

8132.01

Dato / Date

03.06.2016

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 Hestholmen. 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

© 2016 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.....	3
1.1 Bløtbunn – geokjemiske analyser og bunndyr	3
1.2 Geokjemiske analyser.....	3
1.2.1 Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling	3
1.2.2 Total Fosfor (TOT-P), sink (Zn) og kobber (Cu)	4
1.3 Bunndyr	4
1.3.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn.....	4
1.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser	4
2 RESULTATER.....	6
2.1 Geokjemiske analyser.....	6
2.1.1 TOC og kornfordeling	6
2.1.2 Total fosfor, sink og kobber i sedimenter	6
2.2 Bunndyr	6
2.2.1 Kvantitative bunndyrsanalyser	6
3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER	10
4 REFERANSER.....	11
5 VEDLEGG	12
Vedlegg 1. Bunndyrstatistikk og artslister	12
Vedlegg 2. Analyserapport.....	25

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnene ved oppdrettslokaliteten Hestholmen. 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 (krepssdyr). Statistikk.
Andrey Sikorsky	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport.
Vera Remen	Akvaplan-niva	Koordinator av bunndyrsortering.
Ingar H Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering geokjemiske analyser.

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 TOC og 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 P-total, kobber og sink.

Tromsø, 03.06.2016



Prosjektansvarlig ved Akvaplan-niva

Materiale og metode

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 Hestholmen, 2016. TOC = total organisk karbon, TOT-P = total fosfor, Zn = sink, Cu = kobber, Korn = kornfordeling.

Stasjon	Type undersøkelse
Hest 1 (nærsone)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.
Hest 2 (overgangssone)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.
Hest 3 (fjernsone)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOT-P. Zn. Cu.

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 Hestholmen er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Hestholmen 2016.

Stasjon	Hest 1	Hest 2	Hest 3
Dyp (m)	143	140	276
GPS	N 67° 08,852 Ø 14° 01,204	N 67° 08,886 Ø 14° 00,431	N 67° 09,059 Ø 14° 02,308

Geokjemiske analyser

Total organisk karbon (TOC) og kornfordeling

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

Etter tørking ble totalt organisk karbon innhold (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
---------------	---------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	------------------------

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

Bunndyr

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 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 under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle tre stasjonene ble det innsamlet to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) på hver av stasjonene. 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 økologisk tilstandsklassifisering er Direktoratgruppens veileder 02:2013 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnes 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 individtall
- 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

Resultater

Geokjemiske analyser

TOC og kornfordeling

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

TOC-nivået var lett forhøyet i sediment fra alle tre stasjonene (tilstandsklasse II). Sedimentet var grovkornet på de samme stasjonene, med pelittandeler fra 10 til 27 %.

Tabell 3. Sedimentanalyser. TOC og kornfordeling (pelittandel= % <0,063mm). Hestholmen, 2016.

St.	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandskl.*	Pelitt (%)
Hest 1	10,1	23,3	II God	27
Hest 2	10,1	26,4	II God	10
Hest 3	7,6	22,1	II God	20

* 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).

1.1.1 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 vesentlig belastet med fosfor. Høyeste nivå ble funnet på Hest 1 (1740 mg/kg) og laveste på Hest 3 (740 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. Hestholmen, 2016.

St.	TOT-P	Zn	Tilst.klassif. Zn	Cu	Tilst.klassif. Cu
Hest 1	1740	28,3	I Bakgrunn	7,7	I Bakgrunn
Hest 2	1440	16,0	I Bakgrunn	4,4	I Bakgrunn
Hest 3	740	27,0	I Bakgrunn	7,5	I Bakgrunn

Bunndyr

Kvantitative bunndyrsanalyser

Artsmangfold, ømfintlighet og jevnhet

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene er presentert i Tabell 5. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI på grunn av høyt individantall på stasjonene, noe som gjør DI uegnet. Det er av samme grunn ikke utført tilstandsklassifisering for tetthetsindeksen DI.

På Hest 1 ble det registrert 1598 individer fordelt på 105 arter. De fleste faunaindeksene, inkludert nEQR, viste økologisk tilstandsklasse II. På Hest 2 ble det funnet 1091 individer og 103 arter.

Samtlige faunaindekser viste økologisk tilstandsklasse II. På Hest 3 ble det registrert 898 individer fordelt på 125 arter. Alle faunaindeksene ga økologisk tilstandsklasse I.

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 god på alle tre stasjonene, med jevnhetsindekser fra 0,67 (Hest 2) til 0,84 (Hest 3).

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m², H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES_{100} = Hurlberts diversitetsindeks. $NQI1$ = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI_{2012} = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. $AMBI$ = ømfintlighetsindeks (inngår i $NQI1$). $nEQR$ = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. Hestholmen 2016. 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
Hest 1	1598	105	4,59	31,8	0,70	9,48	21,02	0,731	0,85	3,086	0,73
Hest 2	1091	103	4,20	31,8	0,70	8,83	20,52	0,706	0,68	3,212	0,67
Hest 3	898	125	5,53	45,6	0,84	10,70	25,12	0,884	0,60	1,766	0,84

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

1.1.1.1 NS 9410 Vurdering av bunndyrssamfunnene i nærsone (Hest 1).

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i nærsone baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrssamfunnet (se kap. 6.7 i NS 9410:2007). Tabell 6 viser antall arter, kumulativ prosent for dominerende taksa og klassifisering av miljøtilstanden for bløtbunnsamfunnet på nærsonestasjonen Hest 1. Data for antall arter og dominerende taksa på nærsonestasjonene er hentet fra Tabell 5 og Tabell 7. Bløtbunnsamfunnet ble klassifisert til Miljøtilstand 1 "Meget god".

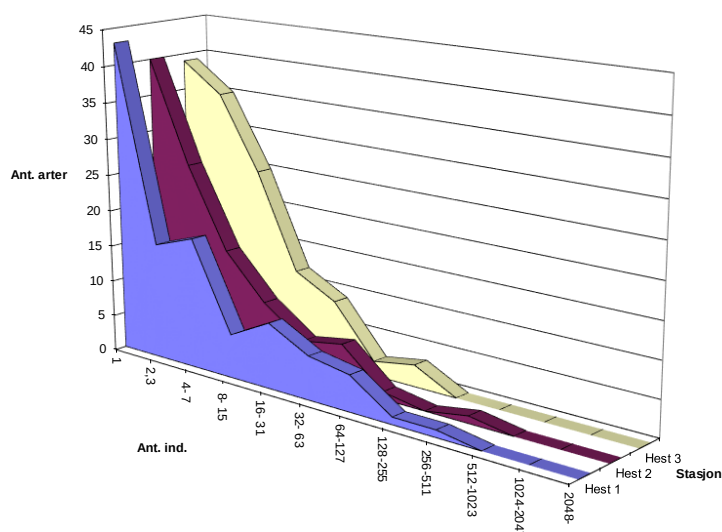
Tabell 6. NS 9410 Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnene på nærsonestasjonen Hest 1, Hestholmen 2016.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
Hest 1	Hestholmen	105	Heteromastus filiformis – 25 %	Miljøtilstand 1

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.

Alle kurvene startet høyt og strakk seg lite ut mot høyere klasser. Ingen av kurveforløpene viste tegn på faunaforstyrrelser.

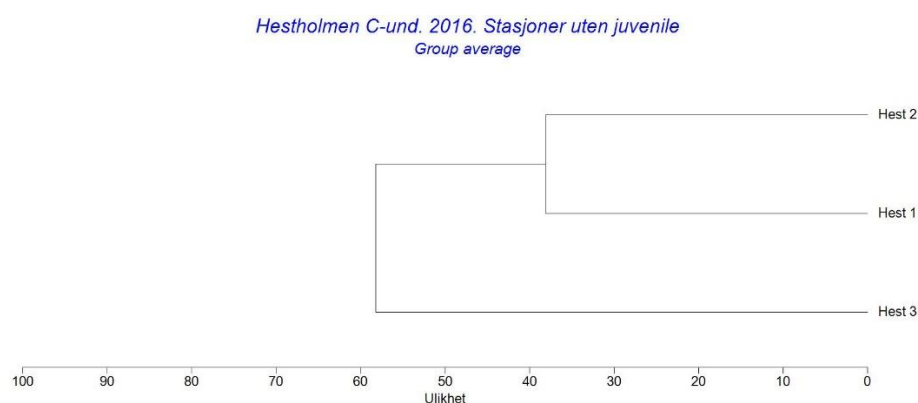


Figur 4. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bløtbunnstasjonene ved Hestholmen, 2016 (pr. 0,2 m²).

Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet (se metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 5. I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få 0 % 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 Hest 2 og Hest 1 var ca. 62 % lik med hensyn til arts- og individfordeling. Hest 3 var 42 % lik disse to.



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen ved Hestholmen, 2016.

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 Hest 1 var den opportunistiske børstemarken *Heteromastus filiformis* mest tallrik med 25 % av individmengden. Forurensningsindikatoren *Capitella capitata* var også representert. Ellers var det en naturlig blanding av andre opportunister, tolerante, nøytrale og sensitive taksa blant topp-ti.

På Hest 2 toppet den opportunistiske børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata* listen med 35 % av individene. Her var det også en blanding av de andre økologiske gruppene, unntatt forurensningsindikatorer, blant topp-ti.

På Hest 3 lå den tolerante børstemarken *Paramphinome jeffreysii* øverst (10 %). Ellers var det flest nøytrale og sensitive taksa. Det var ingen forurensningsindikatorer blant topp-ti på stasjonen.

Tabell 7. Antall individer, kumulativ prosent og økologisk gruppe* for de ti mest dominerende artene på stasjonene. Hestholmen 2016.

Hest 1 (nærsone)	Ant.	Kum.	EG	Hest 2 (overgangssone)	Ant.	Kum.	EG
<i>Heteromastus filiformis</i>	403	25 %	IV	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	387	35 %	IV
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	128	33 %	IV	<i>Myriochele danielsseni</i>	65	41 %	ik
<i>Capitella capitata</i>	86	39 %	V	<i>Heteromastus filiformis</i>	59	47 %	IV
<i>Rhodine gracilior</i>	73	43 %	I	<i>Spio arctica</i>	57	52 %	ik
<i>Thyasira sarsi</i>	72	48 %	IV	<i>Thyasira sarsi</i>	42	56 %	IV
<i>Caudofoveata indet.</i>	71	52 %	II	<i>Nothria hyperborea</i>	34	59 %	ik
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	64	56 %	III	<i>Chaetozone sp.</i>	33	62 %	III
<i>Chirimia biceps</i>	60	60 %	II	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	32	65 %	III
<i>Labidoplax buskii</i>	46	63 %	II	<i>Amythasides macroglossus</i>	31	68 %	I
<i>Chaetozone sp.</i>	36	65 %	III	<i>Galathowenia oculata</i>	25	70 %	III
Hest 3 (fjærnsone)	Ant.	Kum.	EG				
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	91	10 %	III				
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	83	19 %	IV				
<i>Amythasides macroglossus</i>	69	27 %	I				
<i>Melinna elisabethae</i>	42	32 %	II				
<i>Mendicula ferruginosa</i>	33	35 %	I				
<i>Chirimia biceps</i>	29	38 %	II				
<i>Thyasira obsoleta</i>	28	42 %	I				
<i>Tharyx sp.</i>	25	44 %	III				
<i>Notomastus latericeus</i>	20	47 %	I				
<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	20	49 %	II				

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

Sammenfattende vurderinger

Resultatene fra bløtbunnundersøkelsen (type C) ved lokaliteten Hestholmen, 2016, kan sammenholdes som følger:

- Organisk karbon (TOC-nivået) var lett forhøyet i sediment fra alle stasjonene (tilstandsklasse II). Sedimentene var ikke belastet med fosfor, kobber eller sink. Nivåene for de to sistnevnte parametere lå i klasse I på alle stasjonene.
- Bløtbunnsamfunnet i nærsone hadde høyest forekomst av opportunist, samt forurensningsindikatoren *Capitella capitata*. Økologisk tilstandsklassifisering basert på faunaindeksene i Veileder 02:2013 viste imidlertid klasse II (god) og NS 9410 (2007) klassifisering ga miljøtilstand 1 (Meget god). Økologisk tilstandsklassifisering av bløtbunnsamfunnene i overgangssone viste klasse II (God), mens fjernsone fikk klasse I (Svært god).

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 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.

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.

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 inidividfordelingen 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 toppler. 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 kvadratrots-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 Marine 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

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:

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

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

Normalisert EQR (nEQR)

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

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

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 Hestholmen 2016:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	Hest 1	Hest 2	Hest 3
no. ind.	3587	1598	1091	898
no. spe.	204	105	103	125

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	Hest 1_01	Hest 1_02	Hest 2_01	Hest 2_02	Hest 3_01	Hest 3_02
no. ind.	3587	805	793	648	443	384	514
no. spe.	204	85	71	82	70	93	101
Shannon-Wiener:		5,0	4,2	4,5	3,9	5,5	5,6
Pielou		0,78	0,68	0,71	0,63	0,84	0,84
ES100		35	28	32	32	46	46
SN		2,34	2,25	2,36	2,35	2,54	2,52
ISI-2012		9,48	9,48	9,30	8,37	10,99	10,41
AMBI		2,703	3,468	3,076	3,348	1,768	1,764
NQI1		0,74	0,67	0,71	0,69	0,84	0,84
NSI		21,8	20,2	21,1	20,0	25,5	24,7
DI		0,856	0,849	0,762	0,596	0,534	0,661

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	Hest 1	Hest 2	Hest 3
Shannon-Wiener:	4,59	4,20	5,53
Pielou	0,73	0,67	0,84
ES100	31,8	31,8	45,6
SN	2,29	2,36	2,53
ISI-2012	9,48	8,83	10,70
AMBI	3,086	3,212	1,766
NQI1	0,70	0,70	0,84
NSI	21,02	20,52	25,12
DI	0,85	0,68	0,60

Tilstandsklasse nEQR *) 0,731 0,706 0,884

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	Hest 1	Hest 2	Hest 3
1	43	40	39
2,3	16	26	35
4- 7	18	15	25
8- 15	6	9	12
16- 31	9	5	9
32- 63	6	6	2
64-127	5	1	3
128-255	1	0	0
256-511	1	1	0
512-1023	0	0	0

Artsliste

Hestholmen C-und. 2016

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: Hest 1						
CNIDARIA	Anthozoa					
			Edwardsia sp.		1	1
NEMERTINI						
			Nemertea indet.	5	12	17
NEMATODA						
			Nematoda indet.	5	5	10
ECHIURIDA						
			Echiurus echiurus	4	1	5
SIPUNCULIDA						
			Golfingia sp.	1		1
			Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA	Polychaeta					
		Orbiniida				
			Scoloplos sp.	13	15	28
			Levinsenia gracilis		1	1
			Aricidea catherinae	2	1	3
			Cirrophorus furcatus	1		1
			Paradoneis eliasoni	3		3
		Spionida				
			Prionospio cirrifera	3	3	6
			Pseudopolydora paucibranchiata	67	61	128
			Spio arctica	15	17	32
			Spio armata		1	1
			Poecilochaetus serpens	7		7
			Aphelochaeta sp.	2	4	6
			Chaetozone sp.	17	19	36
			Cirratulus cirratus	1		1
			Raricirrus beryli	2		2
			Tharyx sp.	8	14	22
		Capitellida				
			Capitella capitata	30	56	86
			Heteromastus filiformis	143	260	403
			Notomastus latericeus	11	13	24
			Rhodine gracilior	51	22	73
			Lumbriclymene cylindrica	1		1
			Praxillura longissima	1		1
			Chirimia biceps	35	25	60
			Maldane sarsi	2	2	4
			Heteroclymene robusta	1	1	2
			Praxillella gracilis	3		3
			Praxillella praetermissa		2	2
			Euclymeninae indet.		19	19
		Opheliida				
			Ophelina acuminata		1	1
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa	23	11	34
			Phyllodoce groenlandica	3	1	4
			Gattyana cirrhosa	1	1	2
			Pholoe assimilis	19	1	20
			Pholoe baltica	6	1	7
			Exogone verugera	5		5
			Syllis cornuta	7	5	12

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Glycera alba	1	1	2
			Glycinde nordmanni		2	2
			Goniada maculata	1	2	3
			Nephtys ciliata	1		1
		Amphinomida	Paramphionome jeffreysii	20	44	64
		Eunicida	Nothria hyperborea	8	1	9
			Paradiopatra fiordica	1		1
			Paradiopatra quadricuspis		1	1
			Lumbrineris aniara	2	1	3
			Drilonereis filum	1	1	2
		Oweniida	Galathowenia fragilis	4	1	5
			Galathowenia oculata	7	7	14
			Myriochele danielsseni		1	1
			Owenia fusiformis		2	2
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	24	11	35
		Terebellida	Amphictene auricoma	16	8	24
			Lagis koreni	3	2	5
			Anobothrus gracilis	3		3
			Amphicteis ninonae	1		1
			Amythasides macroglossus	1		1
			Glyphanostomum pallescens	1	1	2
			Melinna cristata	3	1	4
			Melinna elisabethae	4	2	6
			Samytha sexcirrata	1		1
			Amaeana trilobata		1	1
			Lanassa venusta	1		1
			Laphania boeckii		1	1
			Lysilla loveni		1	1
			Pista mediterranea	25	6	31
			Polycirrus norvegicus		1	1
			Polycirrus plumosus	11	14	25
			Streblosoma bairdi	3	2	5
			Terebellides sp.	1		1
			Trichobranchus roseus	10	2	12
		Sabellida	Jasmineira candela	3	1	4
			Hydroides norvegicus	1		1
			Siboglinidae indet.		1	1
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Amphipoda	Eriopisa elongata	1		1
			Harpinia sp.	1		1
			Gammaridea indet.		1	1
MOLLUSCA						
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	47	24	71
		Prosobranchia				
			Mesogastropoda			
			Euspira montagui	1		1
			Euspira nitida	1		1
			Euspira pallida		2	2
		Heterogastropoda				
			Eulima bilineata	1		1
		Opisthobranchia				
			Cephalaspidea			
			Philina sp.	12	2	14
		Bivalvia				
			Nuculoida			
			Ennucula tenuis		1	1
			Nuculana minuta	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Veneroida	Yoldiella lucida	1		1
			Adontorhina similis	1		1
			Mendicula ferruginosa	9	4	13
			Axinulus croulinensis	1		1
			Thyasira flexuosa	4	2	6
			Thyasira obsoleta	2	4	6
			Thyasira sarsi	41	31	72
			Astarte sulcata	1		1
			Macoma calcarea	1		1
			Abra nitida	1		1
	Scaphopoda	Dentaliida				
			Antalis sp.	3	1	4
PHORONIDA						
			Phoronis sp.		1	1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea	Ophiurida				
			Amphiura filiformis	2	2	4
			Amphilepis norvegica	1		1
	Echinoidea	Spartangoida				
			Brisaster fragilis	1		1
			Echinocardium flavescens	1		1
	Holothuroidea	Apodida				
			Labidoplax buskii	19	27	46
			Maks:	143	260	403
			Antall:	86	72	106
			Sum:			1608

Stasjonsnr.: Hest 2

NEMERTINI

NEMATODA

SIPUNCULIDA

ANNELIDA

Polychaeta

Orbiniida

Scoloplos sp.

Aricidea catherinae

Aricidea hartmani

Aricidea wassi

Paradoneis eliasoni

Paradoneis lyra

Spionida

Apistobanchus tullbergi

Aonides paucibranchiata

Prionospio cirrifera

Pseudopolydora paucibranchiata

Spio arctica

Spio armata

Poecilochaetus serpens

Aphelochaeta sp.

Caulleriella sp.

Chaetozone sp.

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Cirratulus cirratus		1	1
			Tharyx sp.	15	4	19
		Capitellida	Capitella capitata	1	2	3
			Heteromastus filiformis	47	12	59
			Notomastus latericeus	1	4	5
			Rhodine gracilior	3	2	5
			Chirimia biceps	1		1
			Isocirrus planiceps		1	1
		Opheliida	Ophelina acuminata	1	1	2
		Phyllodocida	Eteone flava/longa	18	3	21
			Mystides sp.	1		1
			Phyllodoce groenlandica	1	1	2
			Phyllodoce maculata		3	3
			Harmothoe fragilis	1		1
			Neoleanira tetragona		1	1
			Pholoe assimilis	7	2	9
			Pholoe baltica		2	2
			Sthenelais limicola	1		1
			Nereimyra punctata	3		3
			Exogone verugera	2	3	5
			Parexogone hebes		1	1
			Odontosyllis gibba	1		1
			Syllis cornuta		4	4
			Glycera alba	1	1	2
			Glycera capitata	1		1
			Goniada maculata	1	3	4
		Amphinomida	Paramphinode jeffreysii	25	7	32
		Eunicida	Nothria hyperborea	20	14	34
			Lumbrineris aniana	1	1	2
			Scoletoma fragilis	1		1
			Lumbrineridae indet.	1		1
		Oweniida	Galathowenia oculata	16	9	25
			Myriochele danielsseni	42	23	65
			Owenia fusiformis	1	1	2
		Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	7	1	8
		Terebellida	Amphictene auricoma	11	12	23
			Lagis koreni	1	3	4
			Pectinaria belgica	1		1
			Anobothrus gracilis		1	1
			Amphicteis gunneri	1		1
			Amythasides macroglossus	27	4	31
			Melinna elisabethae	2	1	3
			Amaeana trilobata		1	1
			Pista bansei		1	1
			Pista mediterranea	5	4	9
			Polycirrus medusa	1		1
			Polycirrus plumosus	2	2	4
			Polycirrus sp.	2		2
			Terebellides sp.	1		1
			Trichobranchus roseus	5	1	6
		Sabellida	Chone sp.	1	2	3
			Jasmineira candela	2	2	4
			Jasmineira caudata		1	1
			Siboglinidae indet.	3	4	7
CHELICERATA						
	Pycnogonida					

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
CRUSTACEA			Pycnogonida indet.	1		1
		Ostracoda				
			Ostracoda indet.	1	1	2
		Copepoda				
		Calanoida	Calanoida indet.	1		1
		Malacostraca				
		Cumacea	Diastylis cornuta	4	3	7
		Amphipoda	Ampelisca sp.	1		1
			Atylus sp.		1	1
			Lysianassidae indet.	1	1	2
MOLLUSCA			Harpinia sp.	2		2
		Isopoda	Gnathia sp.	1		1
		Caudofoveata				
			Caudofoveata indet.	3	2	5
		Prosobranchia				
		Mesogastropoda	Euspira nitida		1	1
		Opisthobranchia				
		Cephalaspidea	Philine sp.	7	1	8
			Cylichna cylindracea	3		3
		Bivalvia				
		Nuculoida	Ennucula tenuis		1	1
			Nuculana minuta		1	1
			Yoldiella lenticula	1		1
			Yoldiella nana	1	1	2
		Veneroida	Myrtea spinifera	1		1
			Adontorhina similis	1	1	2
			Mendicula ferruginosa	11	4	15
			Axinulus croulinensis		1	1
			Thyasira flexuosa	7	3	10
			Thyasira obsoleta	2	2	4
			Thyasira sarsi	25	17	42
			Parvicardium minimum		1	1
		Scaphopoda	Macoma calcarea	1	1	2
		Dentaliida	Antalis sp.	1		1
	PHORONIDA					
			Phoronis sp.	2		2
	ECHINODERMATA					
		Ophiuroidea				
		Ophiurida	Amphiura filiformis	5	1	6
			Ophiuroidea indet. juv.	2	3	5
	Echinoidea					
	Spartangoida	Echinocardium flavescens	1		1	
	Holothuroidea					
	Apodida	Labidoplax buskii	4	5	9	
HEMICHORDATA						
		Rhabdopleura sp.		1	1	

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Maks:	182	205	387
			Antall:	85	72	106
			Sum:			1106

Stasjonsnr.: Hest 3

FORAMINIFERA

NEMERTINI		Foraminifera indet.	-1		-1
NEMATODA		Nemertea indet.	1	5	6
SIPUNCULIDA		Nematoda indet.	4	4	8
ANNELIDA	Polychaeta	Onchnesoma squamatum	3	1	4
		Onchnesoma steenstrupii	8	12	20
	Orbiniida	Levinsenia gracilis		9	9
		Aricidea catherinae	1	1	2
		Aricidea cerrutii		2	2
		Aricidea roberti	1	1	2
	Spionida	Spio jirkovi	3	1	4
		Laonice sarsi	1	3	4
		Polydora sp.	1		1
		Prionospio dubia	1		1
		Pseudopolydora paucibranchiata	1	1	2
		Spiophanes kroyeri	2	2	4
		Poecilochaetus serpens		1	1
		Spiochaetopterus typicus	25	58	83
		Aphelochaeta sp.	2	5	7
		Chaetozone sp.	5	7	12
		Tharyx sp.	15	10	25
	Capitellida	Heteromastus filiformis	3	8	11
		Notomastus latericeus	12	8	20
		Lumbriclymene cylindricauda		1	1
		Notoproctus oculatus	1	6	7
		Microclymene trcirrata		1	1
		Nicomache minor		1	1
		Chirimia biceps	3	26	29
		Clymenura borealis	1		1
		Praxillella praetermissa	1		1
		Euclymeninae indet.	4	2	6
	Opheliida	Ophelina cylindricauda	1	1	2
		Scalibregma inflatum	2	1	3
	Phyllodocida	Eteone flava/longa		1	1
		Aphrodita perarmata	1	1	2
		Laetmonice filicornis	1	1	2
		Neoleanira tetragona		1	1
		Pholoe assimilis	1	5	6
		Pholoe baltica		1	1
		Syllidia armata		2	2
		Exogone verugera		3	3
		Syllis cornuta		1	1
		Glycera capitata	4	3	7

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Goniada maculata	2	3	5
			Nephtys hystrix	1	2	3
		Amphinomida	Paramphionome jeffreysii	42	49	91
		Eunicida	Nothria hyperborea	6	10	16
			Paradiopatra quadricuspid	1		1
			Augeneria algida	1		1
			Augeneria tentaculata	3	11	14
			Drilonereis filum	3	1	4
		Flabelligerida	Brada villosa	1		1
			Diplocirrus glaucus	1		1
			Pherusa flabellata	2	3	5
		Terebellida	Amphictene auricoma	9	6	15
			Lagis koreni		1	1
			Amphictene gunneri		1	1
			Amythasides macroglossus	32	37	69
			Pterolysippe vanelli	2		2
			Melinna albicincta	4	13	17
			Melinna elisabethae	31	11	42
			Melythasides laubieri	1		1
			Mugilicirrus wahrenbergi	2		2
			Sabellides octocirrata		1	1
			Amaeana trilobata	2	3	5
			Lanassa venusta	1		1
			Pista bansei		2	2
			Pista mediterranea		1	1
			Polycirrus medusa	1	2	3
			Polycirrus plumosus		2	2
			Polycirrus sp.	1	2	3
			Streblosoma bairdi	5	4	9
			Terebellides sp.	2	5	7
			Trichobranchus roseus		1	1
			Trichobranchus sikorskii		2	2
		Sabellida	Chone longocirrata	1		1
			Euchone analis	4	1	5
			Euchone sp.	9	9	18
			Jasmineira candela	4	1	5
			Siboglinidae indet.	3		3
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.		1	1
	Malacostraca					
		Cumacea				
			Cyclaspis longicaudata	4	1	5
			Eudorella sp.		1	1
			Campylaspis sp.	1	1	2
			Diastylis echinata		1	1
		Tanaidacea				
			Tanaidacea indet.	1	4	5
		Amphipoda				
			Ampelisca sp.	5	1	6
			Haploops setosa	5	5	10
			Unciola planipes	3	5	8
			Liljeborgia fissicornis	2	1	3
			Tmetonyx sp.	1		1
			Lysianassidae indet.	1		1
			Eriopisa elongata	1		1
			Oediceropsis brevicornis		1	1
			Nicippe tumida	1	1	2
			Syrrhoe crenulata	3	2	5
			Gammaridea indet.	1		1

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Isopoda				
			Flabellifera indet.	2		2
MOLLUSCA			Gnathia sp.		1	1
	Caudofoveata					
			Caudofoveata indet.	7	6	13
	Prosobranchia					
		Archaeogastropoda				
			Anatoma crispata		2	2
			Puncturella noachina		1	1
		Heterogastropoda				
			Eulima bilineata	2	1	3
	Opisthobranchia					
		Cephalaspidea				
			Cylichnina sp.	1		1
			Philine sp.		2	2
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nucula tumidula		2	2
			Yoldiella lenticula	1	1	2
			Yoldiella lucida	8	12	20
			Yoldiella nana	1	7	8
		Arcoidea				
			Batharca pectunculoides		2	2
		Limoida				
			Limatula subauriculata	2	3	5
		Veneroida				
			Adontorhina similis	2	3	5
			Mendicula ferruginosa	16	17	33
			Axinulus croulinensis	1	2	3
			Thyasira equalis	4	9	13
			Thyasira obsoleta	11	17	28
			Thyasira sarsi	1	2	3
			Parvicardium minimum		1	1
			Abra nitida	2	2	4
			Kelliella miliaris	2	10	12
		Pholadomyoida				
			Cuspidaria lamellosa	2	1	3
			Cuspidaria rostrata	3		3
	Scaphopoda					
		Gadilida				
			Entalina tetragona	1		1
ECHINODERMATA						
	Ophiuroidea					
		Ophiurida				
			Amphipholis squamata	1	4	5
			Amphiura filiformis	1	2	3
			Ophiura carnea	1		1
			Ophiura sarsii	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	2	3	5
	Holothuroidea					
		Apodida				
			Labidoplax buskii		2	2
			Maks:	42	58	91
			Antall:	96	103	128
			Sum:			910
				TOTAL:	Maks:	403
					Sum:	3624

Vedlegg 2. Analyserapport

Analysrapport Splitt i to_TOC_060516

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



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

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde: Intern
Kunde referanse: 8132 Hestholmen C2016 AK
Kontaktperson: Roger Velvin
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted:
Tel:
E-post:

Dato: 13.05.2016

Rapport nr.: 8132
Analyseparameter(e): Splitt-i-to, TOC, Cu, Zn, P-total
Kontaktperson: Ingar H. Wasbotten

Analyseansvarlig: *Lina Tordaa* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Ingar H. Wasbotten* (sign.)

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen nedenfor.

Prøve id. Lab	Kundens id.	Materiale	Prøvens beskaffenhets- ved mottak	Mottatt lab	Analyse-periode
8132/1	Hest 1-3	sediment	frossen	06.04.2016	08.04. - 04.05.2016
8132/2	Hest 2-3	sediment	frossen	06.04.2016	08.04. - 04.05.2016
8132/3	Hest 3-3	sediment	frossen	06.04.2016	08.04. - 04.05.2016

MERKNADER:

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

Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Side 1 av 2

Resultater

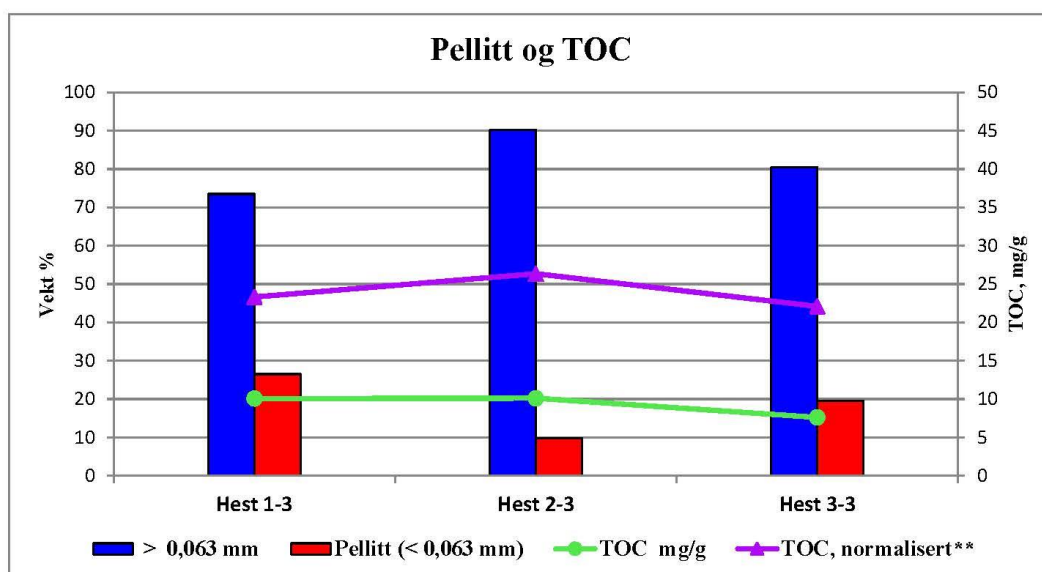
Kundens id.:		Hest 1-3	Hest 2-3	Hest 3-3		
Parameter	Enhet	8132/1	8132/2	8132/3		
> 0,063 mm	vekt %	73,5	90,2	80,5		
Pellitt (< 0,063 mm)	vekt %	26,5	9,8	19,5		
TOC	mg/g TS	10,1	10,1	7,6		
TOC, normalisert**	mg/g TS	23,3	26,4	22,1		
Cu *	mg/kg TS	7,65	4,35	7,48		
Zn *	mg/kg TS	28,3	16,0	27,0		
P-total *	% TS	0,174	0,144	0,074		
	mg/kg TS**	1740	1440	740		

* 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 Akvaplan-niva 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

Vedlegg B – B1 og B2-skjema

AQUA KOMPETANSE A/S, 7770 Flatanger						Prøveskjema B.1					
Firma: Nova Sea						Dato: 5/2-16					
Lokalitet: Hestholmen						Lokalitetsnr.: 13006					

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer										Indeks
			1		2		3						
I	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0		0		0						
	Tilstand (Gruppe I)												

II	pH	Målt verdi	7,78		8,07		7,88					
	Eh (mV)	Målt verdi	-15		115		147					
		plus ref. potensial	195		325		357					
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0		0		0					
	Tilstand (prøve)		1		1		1					
Tilstand (Gruppe II)												

Buffertemp: °C
Sjøtemp: °C
Sedimenttemp: 6 °C

pH sjø: 8,28
Eh sjø: 153
Ref. elektrode: 210

Slope: 98 %

III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0		0		0					
	Farge	Lys/grå (0)	0		0		0					
		Brun/sort (2)										
	Lukt	Ingen (0)	0		0		0					
		Noe (2)										
		Sterk (4)										
	Konsistens	Fast (0)										
		Myk (2)	2		2		2					
		Løs (4)										
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)										
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1		1		1					
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)										
	Slamtykkelse	$t < 2 \text{ cm}$ (0)	0		0		0					
		$2 \text{ cm} \leq t < 8 \text{ cm}$ (1)										
		$t \geq 8 \text{ cm}$ (2)										
Sum		3		3		3						
Korr. Sum (0.22)		0,66		0,66		0,66						
Tilstand (prøve)		1		1		1						
Tilstand (Gruppe III)												

Middelverdi (Gruppe II & III)

Tilstand prøve

Tilstand (Gruppe II & III)

pH/Eh	Tilstand
Korr.sum	
Indeks	
Middelverdi	
< 1,1	
1,1 - < 2,1	2
2,1 - < 3,1	3
≥ 3,1	4

Tilstand

Gruppe I	Gruppe II og III	Lokalitetstilstand
A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
4	1, 2, 3	1, 2, 3
4	4	4

Lokalitetstilstand

Signatur: *Kristine Brokka*

[illegible]