

Nordlaks Oppdrett AS

ASC-undersøkelse ved Holandselv (17176), 2021



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret, Postboks 6066 Langnes, 9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel**

Nordlaks Oppdrett AS. ASC-undersøkelse ved Holandselv (17176), 2021

Forfatter(e)Roger Velvin
Vera Remen**Akvaplan-niva Rapport**
2021 63188.03**Dato**

12.10.2021

Antall sider

33

Distribusjon

Gjennom oppdragsgiver

OppdragsgiverNordlaks Oppdrett AS
Industriveien 14
8450 Stokmarknes**Oppdragsg. referanse**

Remi Mathisen

Sammendrag

Det er gjennomført en ASC-overvåking ved oppdrettslokaliteten Holandselv i 2021. Foreliggende rapport presenterer resultatene fra undersøkelsen.

Prosjektleder / Project manager*Vera Remen*

Vera Remen

Kvalitetskontroll / Quality control

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	5
1 OPPSUMMERING AV ASC-RESULTATENE	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og formål.....	7
2.2 Drift	7
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	9
3.1 Faglig program	9
3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	9
4 ASC-UNDERSØKELSE HOLLANDSELV	11
4.1 Resultater.....	11
4.1.1 Sedimentbeskrivelser, pH- og redoksmålinger (Eh).....	11
4.1.2 Kobber i sedimenter.....	11
4.1.3 Bløtbunnfauna	11
5 REFERANSER.....	13
6 VEDLEGG	14
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer	14
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	16
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	17
Vedlegg 4. Analysebevis	27

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC på oppdrettslokaliteten Holandselv. Undersøkelsen har inkludert redoksmålinger (Eh), kobberanalyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten.

Oppdragsgiver har vært Nordlaks Oppdrett AS.

Følgende personer har deltatt:

Vera Remen	Akvaplan-niva	Rapport, prosjektleder.
Carl Ballantine	Akvaplan-niva	Feltarbeid.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia).
Marina V Alonso	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Kristine H Sperre	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan-niva vil takke de involverte ansatte ved Nordlaks Oppdrett AS for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

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

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

Tromsø, 12.10.2021

Vera Remen

Vera Remen

Prosjektleder

1 Oppsummering av ASC-resultatene

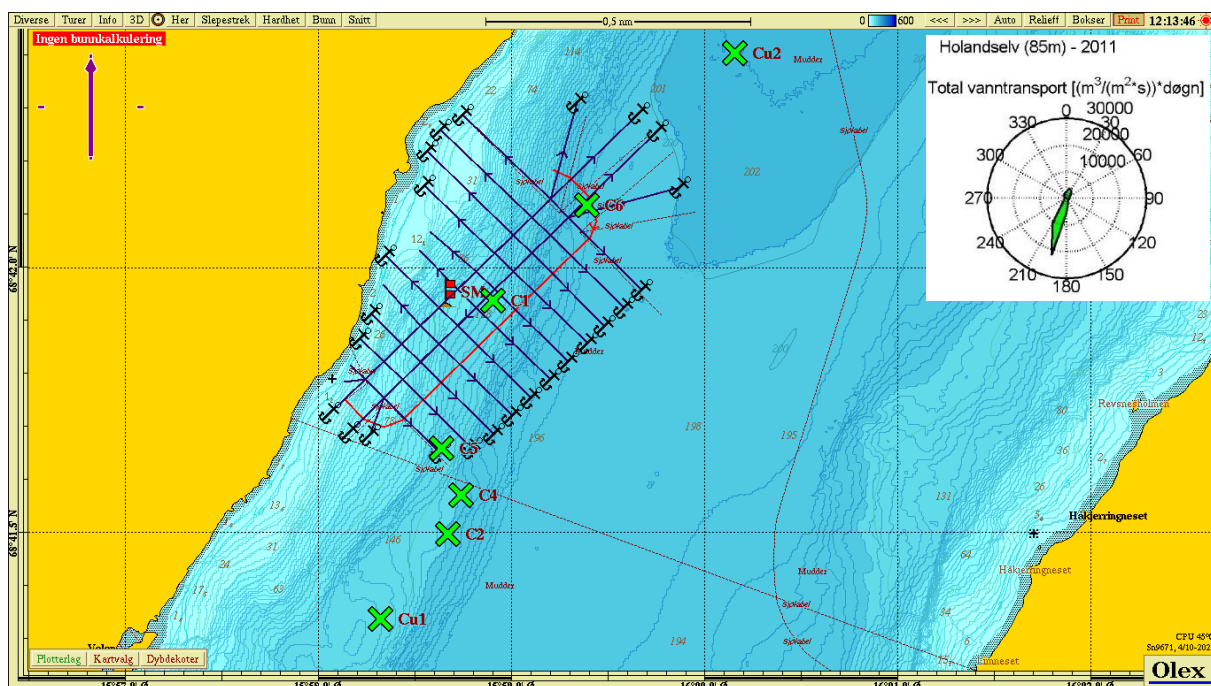
Indikator i ASC	ASC krav	Resultater							Kommentarer til prøvetaking
		C1*	C2 (Ref.)	C4	C5*	C6*	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	-46	255	239	179	180	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	0,47	4,64	4,44	3,60	3,12	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensningsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	1	-	-	-	2	-	-	
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	-	9,2 / 10,2	25,2 / 23,4	i.a	-	6,3 / 6,7	22,2 / 22,6	Det foreligger ikke analyser av Cu for stasjon C5
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kapt. 3.2.							

*Se fotnote til Tabell 1.

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var lave og under 34 mg/kg i alle undersøkte sedimenter. Redokspotensialet (Eh) var negativt på C1, men positive i de øvrige sedimentene. Artsmangfoldet var lavt i bløtbunnsamfunnet fra stasjon C1 med diversitetsindeks $H' < 3$, men > 3 på de andre undersøkte stasjonene. En vurdering av bløtbunnsamfunnet innenfor AZE (stasjon C1 og C6) i henhold til ASC-standardene viste at det på C6 fantes to arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m². På C1 var det bare en art. Det ble registrert 5 taksa på C1 sammenlignet med 63 på referansestasjon C2.

En oversikt over anlegget med stasjoner og AZE-sone inntegnet (rød linje) er vist i figuren under.



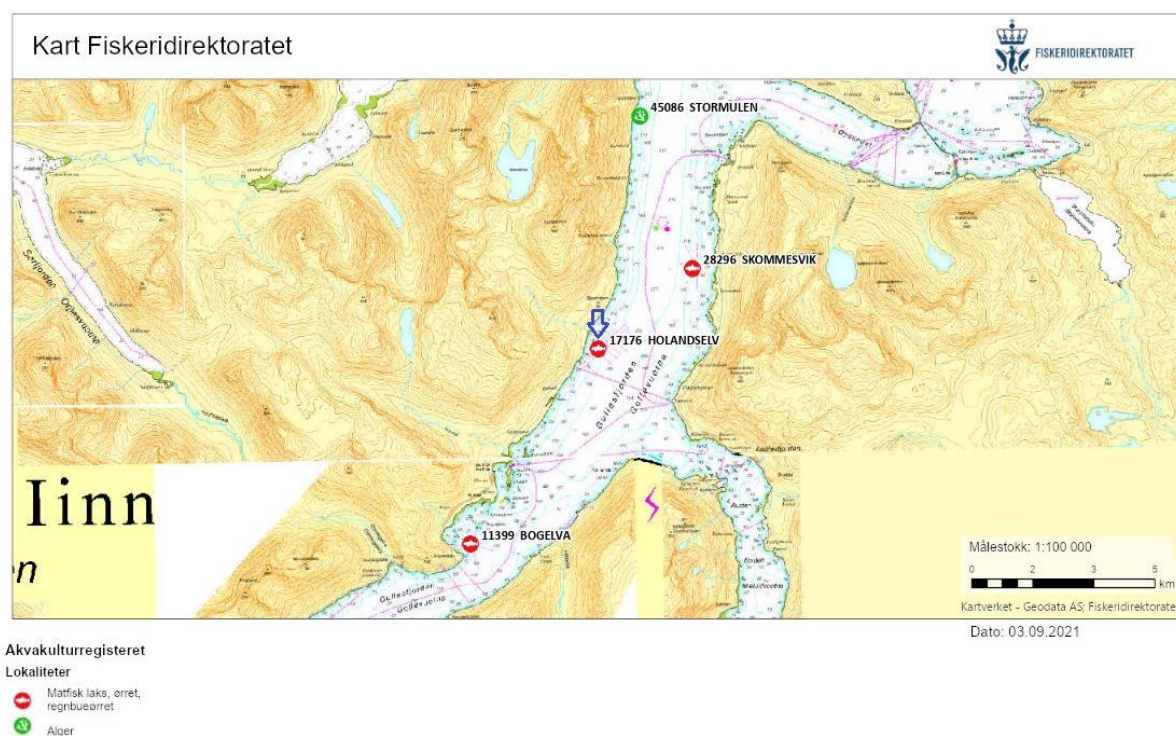
2 Innledning

2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Nordlaks Oppdrett AS gjennomført en ASC-undersøkelse på lokalitet 17176 Holandselv i Gullesfjorden, Kvæfjord kommune, Troms og Finnmark fylke. Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Nordlaks Oppdrett AS ønsker å sertifisere lokaliteten Holandselv i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden).

Undersøkelsen følger metodikken for miljøundersøkelse beskrevet i ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 og ASC Salmon Standard. Denne rapporten er utarbeidet for å kunne tilfredsstille kravene fra Aquaculture Stewardship Council (ASC). Prøvetakingsstasjonene er valgt på bakgrunn av resultater fra tidligere strømmålinger gjennomført ved spredningsdyp, samt bunntopografisk kartlegging ved bruk av Olex.

Et kartutsnitt av Gullesfjorden, og området hvor lokaliteten Holandselv ligger, er vist i Figur 1.

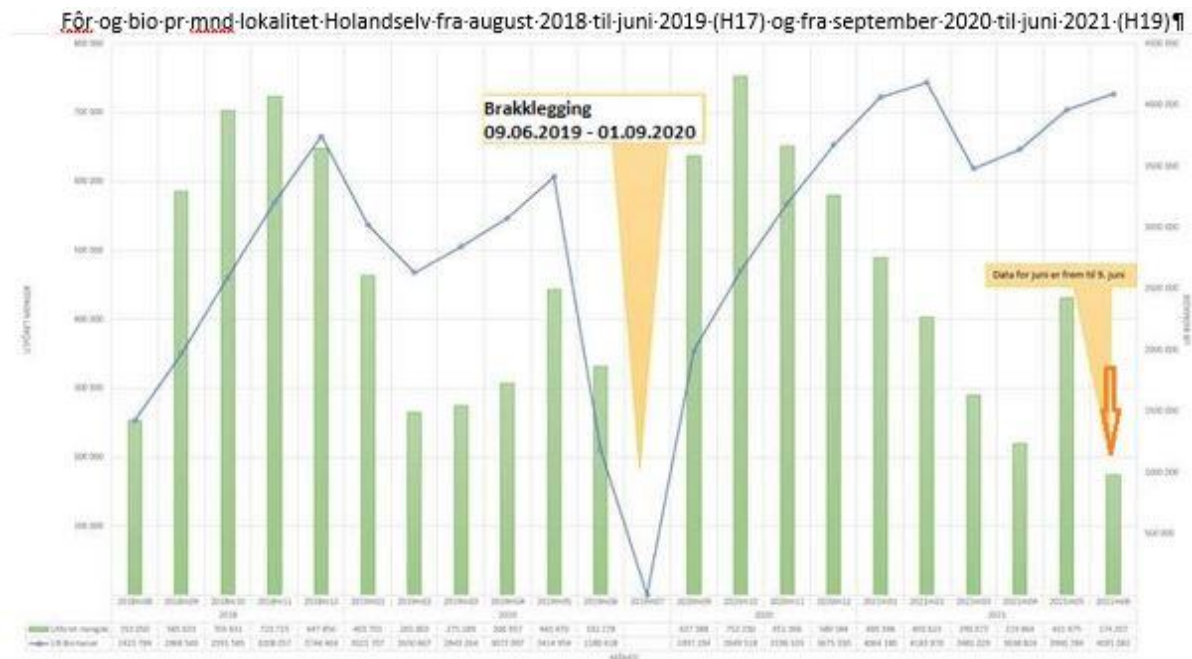


Figur 1. Oversiktskart for området ved lokaliteten Holandselv (blå pil). Oppdrettsanleggene er markert med lokalitetsnummer og navn. Kart fra www.fiskeridir.no Fiskeridirektoratet, målestokk 1:100 000. Kartet er nordlig orientert..

2.2 Drift

Lokaliteten har vært i drift siden 2004, og har godkjent MTB på 4395 tonn. Ved undersøkelsestidspunktet var stående biomasse på 2164 tonn laks (generasjon H19), med snittvekt på 6,8 kg per fisk. Lokaliteten ble brakklagt fra 05.08.2021, og neste utsett vil være i løpet av høsten 2022 (pers. medd. Mathisen).

Produksjonsdata for lokaliteten gjennom hele driftsperioden for inneværende generasjon, frem til undersøkelsestidspunktet er vist i Figur 2.



Figur 2. Produksjonsinformasjon, generasjon H19 (til høyre), Holandselv. Linjen viser stående biomasse og stolpene viser utfôring per måned. Figuren er innhentet fra oppdragsgiver. Oransje pil viser tidspunkt for inneværende ASC-undersøkelse. Figuren viser også data for forutgående generasjon H17 (til venstre).

2.3 Tidligere undersøkelser

Dette er første ASC-undersøkelse på lokaliteten.

3 Materiale og metode

3.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til ASC-standarden. En oversikt over planlagt faglig program er gitt i Tabell 1.

For gjennomføring og opparbeiding er gjeldende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet (se Vedlegg 1).

Tabell 1. Planlagt faglig program for ASC-undersøkelsen ved Holandselv, 2021. Cu = kobber. Eh = redokspotensial.

Stasjon	Type analyse/parametere
C1* (innenfor AZE, medstrøms)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. Eh.
C2 (referansestasjon, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. 2 x Cu Eh.
C4 (utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. 2 x Cu. Eh
C5** (utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse.
C6*** (innenfor AZE, motstrøms)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. Eh
Cu1 (referansestasjon kobber)	2 x Cu
Cu2 (referansestasjon kobber)	2 x Cu

*Forstyrret overflate på C1, replikat/grabb 2 pga. vandig/løst sediment og fôrrester. Det ble likevel valgt å ta prøven til analyse. Dette iht. ISO 16665, kap. 4.2.5.

**Etter ønske fra oppdragsgiver ble C5 tatt med i stasjonsnettet for undersøkelsen i etterkant av feltarbeidet. Derfor foreligger det ikke prøver for analyse av Cu på C5. I feltjournalen var det notert Eh-verdier for C5, og dette er tatt med i resultatene for stasjonen.

***Forstyrret overflate på alle grabbskudd for C6 pga. penetrering av sediment i grabblukene. Det ble likevel valgt å ta prøven til analyse. Dette iht. ISO 16665, kap. 4.2.5.

Feltarbeidet ble gjennomført 09.06.2021

3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE

ASC-standarden åpner for at en anleggsspesifikk AZE kan avgrenses til andre avstander enn 30 meter rundt anlegget (site-specific AZE, se pkt. 2.1.4. i «audit manual»). En AZE på 30 m kan av tekniske og fysiske årsaker vanskelig praktiseres på denne lokaliteten. Prosedyre for beregning av lokalitetsspesifikk AZE er vist i Vedlegg 2. AZE for denne lokaliteten er lagt til 101 m.

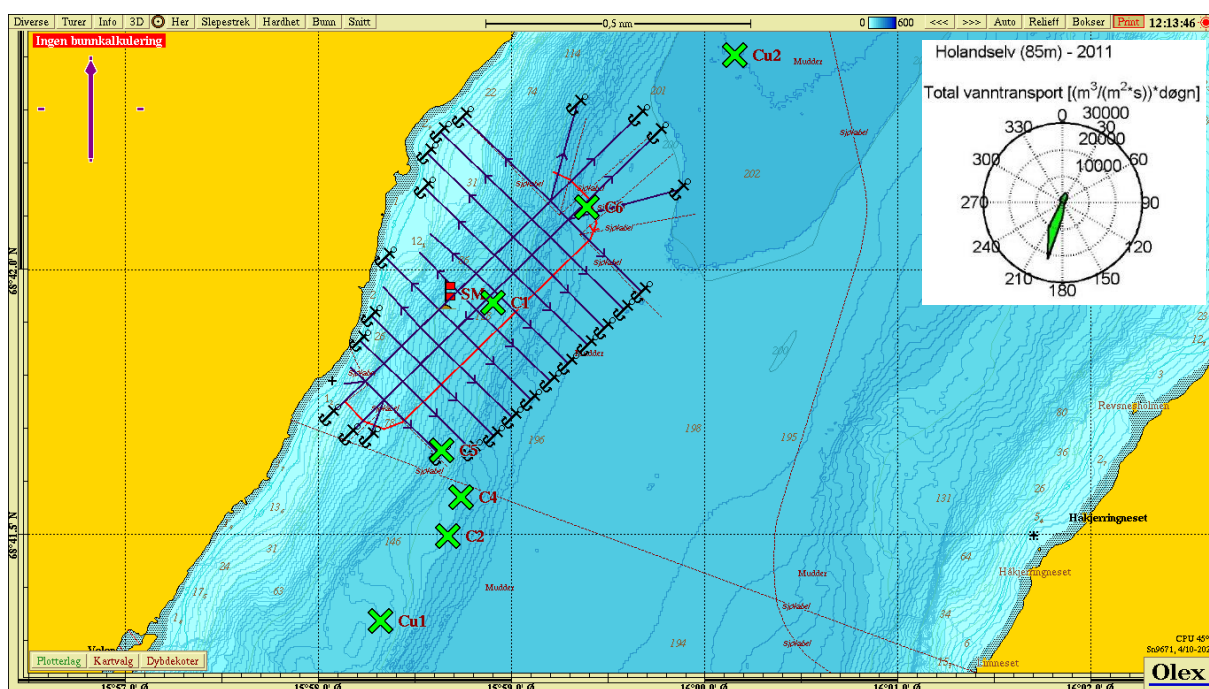
Med bakgrunn i prøvetakingssystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det brukt fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsplasseringene er gjort på bakgrunn av bunntopografien i resipienten og strømmålinger gjennomført på spredningsdyp (85 m) ved lokaliteten (Hermansen, 2019).

Koordinater, dyp og stasjonsnettet for prøvetaking er vist i Tabell 2 og i Figur 3.

Tabell 2. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Holandselv, 2021. C2 = referansestasjon.

Stasjon	Dyp, m	Avstand merd, m	Posisjon	
			N	Ø
C1	136	25	68°41,936	15°58,903
C2	166	527	68°41,497	15°58,668
C4	174	436	68°41,569	15°58,737
C5	144	266	68°41,659	15°58,637
C6	204	76	68°42,116	15°59,388
Cu1	138	776	68°41,336	15°58,321
Cu2	211	815	68°42,404	16°00,153



Figur 3. Stasjonskart, ASC-undersøkelse, Holandselv, 2021. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 101 m fra rammen til anlegget. Spredningsstrøm (strømrose til høyre) er målt på 85 meters dyp, og rødt flagg viser plassering av strømmåler.

4 ASC-undersøkelse Holandselv

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser, pH- og redoksmålinger (Eh)

Tabell 3 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene av redoksmålingene på stasjonene. Resultatene av redoksmålingene (Eh) viste negativ verdi (-46) på C1 og positive verdier i de øvrige sedimenter.

Tabell 3. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner ved Holandselv, 2021. C2 = referansestasjon.

St.	Sedimentbeskrivelse	Eh
C1	Brun/sort siltig sediment. Myk konsistens. Noe avvikende lukt. Noen fôrrester	-46
C2	Lys grå siltig sediment. Fast konsistens. Ingen avvikende lukt.	255
C4	Lys grå silt og leire. Fast konsistens. Ingen avvikende lukt.	239
C5	Lys grå siltig sediment. Fast konsistens. Ingen avvikende lukt.	179
C6	Lys grå siltig sediment. Fast konsistens. Ingen avvikende lukt.	180
Cu1	Lys grå silt og leire. Fast konsistens. Ingen avvikende lukt.	-
Cu2	(ingen informasjon)	-

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 4. Konsentrasjonene var gjennomgående lave og under 34 mg/kg TS.

Tabell 4. Kobber (Cu) i mg/kg TS. ASC-stasjoner ved Holandselv, 2021. C2 = referansestasjon.

St.	Cu repl. 1	Cu repl. 2
C1	-	-
C2	9,2	10,2
C4	25,2	23,4
C5*	i.a	i.a
C6	-	-
Cu1	6,3	6,7
Cu2	22,2	22,6

* Det foreligger ikke prøver for analyse av Cu på stasjonen.

4.1.3 Bløtbunnfauna

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H').

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 5. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene i henhold til Veileder 02:2018 (rev. 2020) finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 112 (C6) til 628 (C4) og antall arter fra 5 (C1) til 72 (C4). Diversitetsindeksen H' var < 3 på C1, men > 3 på de fire andre stasjonene.

Det ble registrert fem taksa på C1 sammenlignet med 63 på referansestasjon C2.

Tabell 5. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC stasjoner ved Holandselv, 2021. C2 = referansestasjon.

St.	Individtall	Ant arter	H'
C1	292	5	0,47
C2	433	63	4,64
C4	628	72	4,44
C5	589	65	3,60
C6	112	23	3.12

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på stasjon C1 og C6 innenfor AZE

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnene på begge stasjonene innenfor AZE (stasjon C1 og C6) oppfyller følgende krav fra ASC-standardten:

"2 highly abundant* taxa that are not pollution indicator species"

*Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)

I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i økologiske grupper basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 6.

På C1 var det to arter med mer enn 100 individer/m², og en av disse er forurensningsindikator. På C6 ble det også registrert to arter med mer enn 100 individer/m², men ingen av disse er forurensningsindikator.

Tabell 6. Dominerende taksa med individtall per m² på C1 og C6, Holandselv, 2021.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C1	Ophryotrocha lobifera	258	1290	IV
	Capitella capitata	26	130	V
C6	Heteromastus filiformis	32	160	IV
	Parathyasira equalis	26	130	III

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

5 Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 (rev. 2020). 139 s.

Hermansen, S., 2019. Nordlaks Oppdrett AS. Strømmålinger Holandselv. 5 m, 15 m, spredning- og bunnstrøm. Apn rapport 61010.01.

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

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

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

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

Pers. medd. Remi Mathisen, Prosjektleder, Nordlaks Oppdrett AS.

www.fiskeridir.no

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer

Geokjemiske analyser

Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² bunngrabb (van Veen). Prøvematerialet (1 cm) ble tatt ut gjennom inspeksjonssluker etter at sedimentoverflaten var godkjent.

Kobber (Cu)

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

Redoks- og pH målinger

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

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrestre/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.

Innsamling og fiksering

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

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2016) og ASC-standard. 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. 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)
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Bunndyrsamfunnet i nærsonen ble også vurdert i henhold til NS 9410 klassifisering av miljøtilstand, basert på antallet arter og dominansforhold. I tillegg ble det gjort en vurdering av hvorvidt bunndyrsamfunnene på nærsonestasjonen oppfylte følgende krav fra ASC-standarden (ASC-undersøkelsen):

"2 highly abundant taxa that are not pollution indicator species"*

**Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)*

Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Direktoratgruppen, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018 (rev. 2020). 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.

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

Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE

I ASC-undersøkelser skal det fastlegges AZE (Allowable Zone of Effect) rundt oppdrettsanlegg som danner utgangspunkt for valg av prøvestasjonsnett. I standarden, som ble laget for skotske forhold, står det at den skal være 30 meter fra merdkanten. På grunn av store dyp og sterk strøm blir dette ikke riktig avstand for norske forhold.

ASC-standarder tillater at en fastlegger en lokalitetsavhengig AZE (site specific AZE). Det er laget en intern AZE kalkulator til formålet for Akvaplan-niva.

Beregning av "site specific" AZE:

På grunn av påvirkning fra strøm og vind og lange fortøyningslinjer er oppdrettsanlegg på svai. En må derfor regne med at fôrpartikler og fiskeavføring vil havne på bunnen i det området der anlegget befinner seg på svai. En AZE må inkludere dette område. Svaier legges til 20 % av dybde, f.eks. for et anlegg med størst dybde på 100 m legges det inn en mulig svai på 20 m i hver retning. Tallet er tidligere brukt av Fiskeridirektoratet ved kontroll av anleggets koordinater. Det stemmer også overens med oppgitt strekk (inntil 10 %) og elastisitet fra fortøyningslinjer.

Videre vil enhver lokalitet ha et eget påvirkningsmønster fra fôrpartikler og fiskeavføring som havner på bunnen, ofte kalt lokalitetens fotavtrykk, som bestemmes av dybde, partiklenes synkehastighet og lokalitetens strømforhold. Forventet utstrekning (L) av påvirkningsområdet kan beregnes ved å dele dybde (D) med synkehastighet (V_f) og gange med gjennomsnittlig strømhastighet (V_s) på spredningsstrøm. Synkehastighet er satt til 7,5 cm/s utfra Bannister et al (2016) sin vitenskapelige artikkel der resultatet fra forsøkene var at mellom 60 og 80 % av all feces synker med en hastighet mellom 5 og 10 cm/s.

$L = (V_s) * D / (V_f)$ eksempel 100 m dybde, 7,5 cm/s synkehastighet og 6 cm/s gjennomsnittlig spredningsstrøm

$L = 6 \text{ cm/s} * 10000 \text{ cm} / 7,5 \text{ cm/s} = 80 \text{ m}$.

Med svai på 20% av 100 m = 20 m blir

AZE da $L + \text{svai} = 80 \text{ m} + 20 \text{ m} = 100 \text{ m}$

D og (V_s) hentes fra lokalitetsrapport.

Referanse:

Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsw027

Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

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

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

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

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

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som 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 total antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik individtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

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

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

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

Plott av antall arter i forhold til antall individer

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

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

normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

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

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt 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 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 artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

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

Referanser:

- Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Pielou, E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.
- Rygg, B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.
- Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater, Holandselv, 2021:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C4	C5	C6
no. ind.	2054	292	433	628	589	112
no. spe.	228	5	63	72	65	23

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C4_01	C4_02
no. ind.	2054	170	122	223	210	346	282
no. spe.	228	4	2	47	44	54	45
Shannon-Wiener:		0.9	0.1	4.6	4.7	4.8	4.1
Pielou		0.44	0.07	0.83	0.85	0.83	0.74
ES100		4	2	32	33	33	27
SN		0.85	0.44	2.28	2.26	2.26	2.20
ISI-2012		4.44	5.63	9.72	9.28	9.27	9.95
AMBI		4.615	4.5	2.42	2.394	2.57	2.42
NQI1		0.32	0.26	0.74	0.74	0.73	0.73
NSI		13.0	14.1	22.2	22.3	23.8	22.2
DI		0.180	0.036	0.298	0.272	0.489	0.400

st.nr.		C5_01	C5_02	C6_01	C6_02
no. ind.		430	159	50	62
no. spe.		45	42	16	15
Shannon-Wiener:		3.4	3,7	3.3	2.9
Pielou		0.63	0.70	0.82	0.75
ES100		22	30	16	15
SN		2.11	2.30	2.03	1.91
ISI-2012		8.08	10.52	7.64	7.82
AMBI		3.296	3.368	2.52	3.32
NQI1		0.65	0.67	0.66	0.59
NSI		20.4	20.8	21.1	20.1
DI		0.583	0.151	0.351	0.258

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.		C1	C2	C4	C5	C6
Shannon-Wiener:		0.47	4.64	4,44	3.60	3.12
Pielou		0.25	0.84	0,79	0.66	0.79
ES100		2.7	32.4	29,9	26.4	15.5
SN		0.64	2.27	2,23	2.21	1.97
ISI-2012		5.04	9.50	9,61	9.30	7.73
AMBI		4.558	2.407	2,495	3.332	2.920
NQI1		0.29	0.74	0,73	0.66	0.63
NSI		13.59	22.26	23,00	20.59	20.58
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}		0.197	0.826	0.822	0,745	0.609

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C4	C5	C6
1	2	26	25	31	11
2,3	0	14	18	15	5
4- 7	1	7	10	10	4
8- 15	0	8	7	4	1
16- 31	1	5	8	1	1
32- 63	0	3	3	2	1
64-127	0	0	1	1	0
128-255	0	0	0	1	0
256-511	1	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0

Topp-10 arter

C1	EG	Ant. ind.	Kum.
Ophryotrocha lobifera	IV	258	88%
Capitella capitata	V	26	97%
Microphthalmus szcelkowi		6	99%
Heteromastus filiformis	IV	1	100%
Nemertea indet.	III	1	100%

C2	EG	Ant. ind.	Kum.
Paramphinome jeffreysii	III	58	13%
Galathowenia oculata	III	45	24%
Heteromastus filiformis	IV	39	33%
Prionospio cirrifera	III	26	39%
Maldane sarsi	IV	22	44%
Streblosoma intestinale	I	21	48%
Thyasira sarsii	IV	20	53%
Parathyasira equalis	III	19	57%
Myriochele olgae		14	61%
Ceratocephale loveni	III	12	63%

C4	EG	Ant. ind.	Kum.
Galathowenia oculata	III	95	15%
Spiophanes kroyeri	III	55	24%
Paramphinome jeffreysii	III	42	30%
Chaetozone sp.	III	36	36%
Parathyasira equalis	III	31	41%
Amythasides macroglossus	I	30	46%
Prionospio cirrifera	III	29	50%
Chirimia biceps	II	27	54%
Galathowenia fragilis	I	25	58%
Heteromastus filiformis	IV	25	62%

C5	EG	Ant. ind.	Kum.
Paramphinome jeffreysii	III	178	30%
Heteromastus filiformis	IV	127	51%
Galathowenia oculata	III	52	60%
Prionospio cirrifera	III	50	69%
Thyasira sarsii	IV	21	72%
Pseudopolydora nordica	IV	12	74%
Rhodine gracilior	I	10	76%
Capitella capitata	V	9	77%
Nemertea indet.	III	9	79%
Chaetozone setosa	IV	7	80%

C6	EG	Ant. ind.	Kum.
Heteromastus filiformis	IV	32	29%
Parathyasira equalis	III	26	52%
Ceratocephale loveni	III	12	63%
Galathowenia oculata	III	6	68%
Paramphinome jeffreysii	III	5	72%
Pseudopolydora nordica	IV	5	77%
Yoldiella lucida	II	5	81%
Amythasides macroglossus	I	2	83%
Ctenodiscus crispatus	III	2	85%
Diplocirrus glaucus	II	2	87%

Artsliste

Holandselv ASC-C-undersøkelse

Rekke	Klasse	Art/Taxa	01	02	Sum
Stasjonsnr.: C1					
	NEMERTINI				
		Nemertea indet.	1		1
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Capitella capitata	26		26
		Heteromastus filiformis		1	1
		Microphthalmus szcelkowii	6		6
		Ophryotrocha lobifera	137	121	258
		Maks:	137	121	258
		Antall:	4	2	5
		Sum:			292
Stasjonsnr.: C2					
	SIPUNCULIDA				
		Golfingiidae indet.	1		1
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Ampharete octocirrata	1		1
		Amythasides macroglossus	1	2	3
		Apistobanchus tenuis		1	1
		Ceratocephale loveni	5	7	12
		Chaetozone setosa		1	1
		Chaetozone sp.	3		3
		Chirimia biceps	1		1
		Claviramus oculatus	1	1	2
		Diplocirrus glaucus	2	4	6
		Ditrupe arietina		1	1
		Euchone papillosa		1	1
		Euclymeninae indet.		4	4
		Exogone verugera	1		1
		Galathowenia fragilis	3	5	8
		Galathowenia oculata	32	13	45
		Glyphanostomum pallescens		3	3
		Heteromastus filiformis	16	23	39
		Levinsenia gracilis	9	1	10
		Lumbrineris mixochaeta	1	1	2
		Maldane sarsi	14	8	22
		Myriochele olgae	11	3	14
		Myriochele sp.	2		2
		Nephtys ciliata	5	2	7
		Nothria conchylega	1		1
		Notomastus latericeus		1	1
		Ophryotrocha lobifera	1		1
		Owenia sp.	5	5	10
		Paramphinome jeffreysii	25	33	58
		Phisidia aurea		1	1
		Phyllodoce rosea		1	1
		Polynoidae indet.		2	2
		Prionospio cirrifera	13	13	26

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Proclea graffii	2	1	3
		Pseudopolydora nordica	1	7	8
		Rhodine gracilior	4	3	7
		Sabella pavonina	1	1	2
		Sabellidae indet.	1		1
		Siboglinum fiordicum		1	1
		Spiophanes kroyeri	5	2	7
		Streblosoma intestinale	10	11	21
		Streblosoma sp.	1	4	5
		Terebellides sp.	2	2	4
		Trichobranthus roseus		1	1
		Zatsepinia rittichae	1		1
CRUSTACEA					
	Malacostraca				
		Asellota indet.	1		1
		Eriopisa elongata	1	7	8
		Gnathia sp.	1		1
		Harpinia crenulata	1		1
		Synchelidium sp.		1	1
		Tanaisidea indet.		2	2
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.		3	3
	Bivalvia				
		Adontorhina similis	1	2	3
		Ennucula tenuis	1		1
		Parathyasira equalis	12	7	19
		Tellinella tenella	1		1
		Thyasira sarsii	8	12	20
		Thyasiridae indet.	3		3
		Yoldiella lucida	7	5	12
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Amphiura filiformis	1		1
		Ophiura carnea		1	1
		Ophiura sarsii	2		2
		Ophiuroidea indet. juv.	3		3
	Echinoidea				
		Brisaster fragilis	1		1
		Maks:	32	33	58
		Antall:	48	44	64
		Sum:			436
Stasjonsnr.: C4					
CNIDARIA					
	Anthozoa				
		Edwardsiidae indet.		1	1
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	7		7
SIPUNCULIDA					
		Phascolion strombus	2	2	4
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amphictene auricoma		2	2
		Amythasides macroglossus	20	10	30
		Aphelochaeta sp.		1	1
		Apistobranthus tenuis	3		3
		Capitella capitata	9		9
		Ceratocephale loveni	1	4	5
		Chaetozone sp.	19	17	36
		Chirimia biceps	8	19	27
		Chone sp.	14	1	15
		Claviramus oculatus	8	2	10
		Diplocirrus glaucus	1		1
		Diplocirrus sp.	2		2
		Euchone rosea	2		2
		Euclymeninae indet.	6	2	8
		Eulalia tjalfiensis	1		1
		Exogone verugera	2		2
		Galathowenia fragilis	25		25
		Galathowenia oculata	13	82	95
		Harmothoe sp.	1		1
		Heteromastus filiformis	18	7	25
		Lanassa venusta	2		2
		Leaena ebranchiata	3	1	4

		Levinsenia gracilis	1	2	3
		Lumbrineris mixochaeta	1	1	2
		Maldane sarsi	8	15	23
		Melinna elisabethae		1	1
		Myriochele olgae		11	11
		Myriochele sp.	1		1
		Neoleanira tetragona		1	1
		Nephtys ciliata	2	1	3
		Nicomache lumbricalis		1	1
		Nothria conchylega	3	1	4
		Notoproctus sp.		2	2
		Owenia sp.	1	2	3
		Paramphinome jeffreysii	41	1	42
		Pherusa plumosa	1		1
		Pholoe assimilis	2		2
		Phyllodoce rosea		2	2
		Polynoidae indet.		1	1
		Potamilla neglecta	1		1
		Praxillura longissima		1	1
		Prionospio cirrifera	29		29
		Proclea graffii	1		1
		Protomystides exigua	1		1
		Pseudopolydora nordica	2	10	12
		Rhodine gracilior	2	6	8
		Sabella pavonina		1	1
		Spiophanes kroyeri	31	24	55
		Streblosoma intestinale	15	6	21
		Streblosoma sp.	4		4
		Trichobranchus roseus		1	1
CRUSTACEA					
	Ostracoda				
		Ostracoda indet.	1		1
	Malacostraca				
		Asellota indet.	4	1	5
		Eriopisa elongata	2	3	5
MOLLUSCA					
	Caudofoveata				
		Caudofoveata indet.	3		3
	Bivalvia				
		Adontorhina similis	2		2
		Astarte crenata	1		1
		Astarte sulcata	1		1
		Nuculana pernula		1	1
		Parathyasira equalis	8	23	31
		Thyasira obsoleta		2	2
		Thyasira sarsii	4	2	6
		Yoldiella lucida	1	5	6
	Scaphopoda				
		Antalis entalis	2		2
ECHINODERMATA					
	Ophiuroidea				
		Ophiura carnea	2		2
		Ophiura robusta		1	1
		Ophiura sarsii		1	1
		Ophiuroidea indet. juv.	4	1	5
	Echinoidea				
		Brisaster fragilis	1		1
		Brissopsis lyrifera		1	1
		Spatangoida indet. juv.	1	1	2
			41	82	95
			56	47	74
					635
Stasjonsnr.: C5					
NEMERTINI					
		Nemertea indet.	7	2	9
SIPUNCULIDA					
		Phascolion strombus		1	1
ANNELIDA					
	Polychaeta				
		Amphictene auricoma	1	1	2
		Amythasides macroglossus	1	1	2
		Aricidea catherinae		1	1
		Capitella capitata	9		9
		Chaetozone setosa	6	1	7
		Chaetozone sp.	3	4	7
		Chirimia biceps	1	1	2

	Chone sp.		1	1
	Cirratulus cirratus		1	1
	Diplocirrus glaucus	1		1
	Diplocirrus sp.		2	2
	Eteone flava/longa	2		2
	Euclymeninae indet.	2	1	3
	Exogone verugera	3	3	6
	Galathowenia fragilis		1	1
	Galathowenia oculata	26	26	52
	Glycera alba	1		1
	Heteromastus filiformis	71	56	127
	Levinsenia gracilis	1		1
	Lumbrineris mixochaeta		1	1
	Maldane sarsi	6	1	7
	Nephtys ciliata	5		5
	Nereimyra sp.		1	1
	Nothria conchylega	2	2	4
	Ophelina acuminata	1		1
	Ophelina modesta	2	1	3
	Owenia sp.		1	1
	Paramphinome jeffreysii	164	14	178
	Pholoe assimilis	1		1
	Polynoidae indet.	1		1
	Prionospio cirrifera	43	7	50
	Pseudopolydora nordica	6	6	12
	Rhodine gracilior	10		10
	Scoloplos armiger	6		6
	Spiophanes kroyeri	1		1
	Streblosoma intestinale		1	1
	Streblosoma sp.		1	1
	Syllis armillaris		1	1
	Tharyx sp.	5		5
	Zatsepinia rittichae		1	1
CRUSTACEA				
Malacostraca				
	Atylus sp.	1		1
	Gammaridea indet.	1		1
	Nebalia sp.	1		1
MOLLUSCA				
Caudofoveata				
	Caudofoveata indet.	2		2
Polyplacophora				
	Leptochiton arcticus		1	1
Prosobranchia				
	Euspira montagui	1	1	2
Bivalvia				
	Abra nitida	1		1
	Astarte crenata	1		1
	Ennucula tenuis	4		4
	Modiolula phaseolina		1	1
	Nuculana pernula	1	1	2
	Parathyasira equalis	1	2	3
	Thyasira flexuosa		1	1
	Thyasira sarsii	17	4	21
	Yoldiella nana		1	1
Scaphopoda				
	Antalis entalis	1	1	2
ECHINODERMATA				
Ophiuroidea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
		Amphiura filiformis	6		6
		Ophiacantha bidentata		1	1
		Ophiopholis aculeata		2	2
		Ophiura sarsii		1	1
		Ophiuroidea indet. juv.	1	2	3
	Echinoidea				
		Brisaster fragilis	1	1	2
		Echinocardium cordatum	2		2
		Echinocardium flavescens	1		1
		Spatangoida indet. juv.	1		1
		Maks:	164	56	178
		Antall:	47	43	67
		Sum:			593
Stasjonsnr.: C6					
	ANNELIDA				
	Polychaeta				
		Amythasides macroglossus	2		2
		Ceratocephale loveni	8	4	12
		Cossura sp.		1	1
		Diplocirrus glaucus		2	2
		Galathowenia oculata	1	5	6
		Heteromastus filiformis	7	25	32
		Levinsenia gracilis	1		1
		Lumbrineris mixochaeta	1		1
		Maldane sarsi	1		1
		Melinna cristata	1		1
		Melinna elisabethae		1	1
		Myriochele olgae		1	1
		Nephtys ciliata	1		1
		Paramphinome jeffreysii	3	2	5
		Prionospio cirrifera		1	1
		Pseudopolydora nordica	2	3	5
		Siboglinum sp.		2	2
		Spiophanes kroyeri	1	1	2
	MOLLUSCA				
	Bivalvia				
		Adontorhina similis		1	1
		Parathyasira equalis	15	11	26
		Thyasira sarsii	1		1
		Yoldiella lucida	3	2	5
	ECHINODERMATA				
	Asteroidea				
		Ctenodiscus crispatus	2		2
		Maks:	15	25	32
		Antall:	16	15	23
		Sum:			112

Vedlegg 4. Analysebevis



ANALYSERAPPORT



Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-01

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C1	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Måleusikkerhet
TOC	20	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	DIN 19539:2016	±2.0
TNb	1.7	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	NS-EN 16168:2012	±0.3
N TOC	37.5	mg/g TS	2021-07-02	2021-07-02	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	12.1		2021-07-02	2021-07-02		
TOM	2.0	% TS	2021-06-29	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	0.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 1 mm	1.6	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	6.1	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.3
Vekt % 0.250 mm	28.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±1.4
Vekt % 0.125 mm	45.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±2.3
Vekt % 0.063 mm	13.1	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.7
Vekt % < 0.063 mm	5.0	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.2
Sand	94.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	0.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Pelitt-UTGÅTT	5.0	% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	
Cu (kobber) ^a	30.0	mg/kg TS	2021-06-23	2021-07-13	Intern metode	

^a Provingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 1 av 7

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-02

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C2	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	13	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	DIN 19539:2016	±1.3
TN _b	2.4	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	NS-EN 16168:2012	±0.4
N TOC	23.0	mg/g TS	2021-07-02	2021-07-02	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	5.6		2021-07-02	2021-07-02		
TOM	3.7	% TS	2021-06-29	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	0.1	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 1 mm	0.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.500 mm	0.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.250 mm	3.8	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.125 mm	21.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±1.1
Vekt % 0.063 mm	27.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.4
Vekt % < 0.063 mm	46.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±2.3
Sand	53.0	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	0.1	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Pelitt-UTGÅTT	46.9	% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	
Cu (kobber) ^a	9.22 10.2	mg/kg TS	2021-06-23	2021-07-13	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Framsentert
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 2 av 7

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-03

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C4	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	60	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	DIN 19539:2016	±6.0
TN _b	4.2	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	64.8	mg/g TS	2021-07-02	2021-07-02	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	14.4		2021-07-02	2021-07-02		
TOM	13.9	% TS	2021-06-29	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	10.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	±0.5
Vekt % 1 mm	2.4	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	0.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.250 mm	1.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.125 mm	3.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.063 mm	8.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.4
Vekt % < 0.063 mm	72.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.6
Sand	17.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	10.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Pelitt-UTGÅTT	72.5	% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	
Cu (kobber) ^a	25.2 23.4	mg/kg TS	2021-06-23	2021-07-13	Intern metode	

^a Prøvingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Framsenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 3 av 7

ANALYSERAPPORT

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-04

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C5	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	11	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	DIN 19539:2016	±1.1
TN _b	2.0	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	NS-EN 16168:2012	±0.3
N TOC	22.9	mg/g TS	2021-07-02	2021-07-02	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	5.6		2021-07-02	2021-07-02		
TOM	3.5	% TS	2021-06-29	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	0.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 1 mm	0.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.500 mm	2.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.250 mm	10.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.5
Vekt % 0.125 mm	24.3	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±1.2
Vekt % 0.063 mm	26.0	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.3
Vekt % < 0.063 mm	35.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±1.8
Sand	63.9	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	0.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Pellett-UTGÅTT	35.9	% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 4 av 7

ANALYSERAPPORT

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-05

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	C6	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Målesikkerhet
TOC	51	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	DIN 19539:2016	±5.1
TN _b	4.1	mg/g TS	2021-06-28	2021-07-13	NS-EN 16168:2012	±0.6
N TOC	55.3	mg/g TS	2021-07-05	2021-07-05	Veileder 02:2018	
C/N - forhold	12.5		2021-07-02	2021-07-02		
TOM	11.8	% TS	2021-06-29	2021-07-13	Intern metode	±0.0
Vekt % 2 mm	5.4	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	±0.3
Vekt % 1 mm	1.7	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.500 mm	0.7	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.0
Vekt % 0.250 mm	1.6	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.1
Vekt % 0.125 mm	4.5	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	±0.2
Vekt % 0.063 mm	10.2	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±0.5
Vekt % < 0.063 mm	76.0	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	±3.8
Sand	18.6	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Grus	5.4	wt% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode (Buchanan 1984)	
Pellett-UTGÅTT	76.0	% TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode	

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 5 av 7

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

Lab-id. P2100057-06

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu1	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat		Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Målesikkerhet
Cu (kobber) ^a	6.30	6.66	mg/kg TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode

^a Provingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

Lab-id. P2100057-07

Objekt	Kundens ID	Beskrivelse	Notering	Mottatt lab
Sediment	Cu2	63188 Holdanselv		2021-06-14

Analyseresultat						
Parameter	Resultat		Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Målesikkerhet
Cu (kobber) ^a	22.2	22.6	mg/kg TS	2021-06-28	2021-07-13	Intern metode

^a Provingen er utført av eksternt laboratorium, ALS Laboratory Group

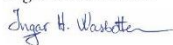
NTOC er klassifisert ihht. veileder 02:2018. Metall(er) er klassifisert ihht. veileder M-608 (Rev. 31.10.2020)

Analyse	Standard	Grenseverdi - farger				
N TOC	Veileder 02:2018	<20	20 - 27	27 - 34	34 - 41	>41
Cu (kobber)	Intern metode	<20	20 - 84	84 - 147	>147	

Analyseansvarlig: Ingar H. Wasbotten

Signatur: 

Underskriftsberettiget: Ingar H. Wasbotten

Signatur: 

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Framsenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 6 av 7

ANALYSERAPPORT

Kunde: Nordlaks Oppdrett AS
Kundemerking: 63188
Kontaktperson kunde: Remi Mathisen

Rapport nr.: P2100057
Revisjon: 2
Rapportdato: 2021-10-05
Ankomst dato: 2021-06-14

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

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
Fransenteret
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
www.akvaplan.niva.no
tel: +47 77 75 03 00
NO 937 375 158 MVA

Rapporten er godkjent og digitalt undertegnet av:
Ingar H. Wasbotten

ingar.wasbotten@akvaplan.niva.no

Side 7 av 7