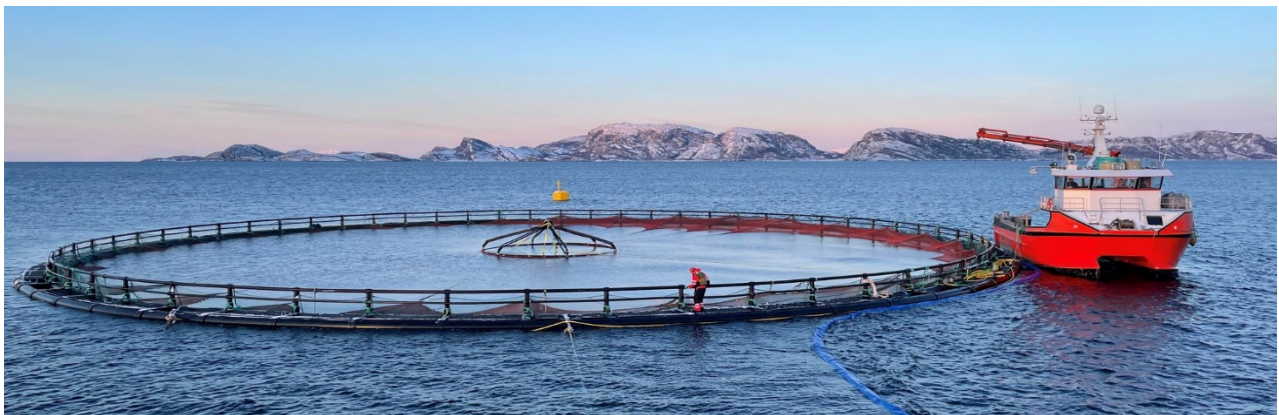




Rapport fra produksjon på lokaliteten Otervika 2021



<i>Rapport fra produksjon på lokaliteten Otervika 2021</i>				
<i>Dato</i>	<i>Revisjon</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Utført av</i>	<i>Kontrollert av</i>
<i>10.11.2021</i>	<i>0</i>	<i>I henhold til målkriterie 6.1 Produksjonssyklus</i>	<i>Trude Olafsen Henning Holm Eirin Ottesen Jan Inge Tjølsen</i>	<i>Ragnar Sæternes Tronn-Ove Øren Frode Oppedal Jørgen Walaunet</i>



Innhold

1	Sammendrag	4
2	Innledning	9
3	Metode.....	9
4	Rapportering av biologiske parametere	11
4.1	Miljø	11
4.1.1	Formål	11
4.1.2	Registreringer.....	11
4.1.3	Resultater	11
4.2	Fiskens helse og velferd	18
4.2.1	Formål	18
4.2.2	Registreringer.....	18
4.2.3	Resultater	19
4.3	Fiskens adferd	25
4.3.1	Formål	25
4.3.2	Registreringer.....	25
4.3.3	Resultater	25
4.4	Lakselus.....	32
4.4.1	Formål	32
4.4.2	Registreringer.....	32
4.4.3	Resultater	32
4.5	Produksjonsdata	36
4.5.1	Formål	36
4.5.2	Registreringer.....	36
4.5.3	Resultater	36
5	Rapportering av teknologiske parametere	39
5.1	Luftkuppel	39
5.1.1	Formål	39
5.1.2	Registreringer.....	39
5.1.3	Resultater	39
5.2	Lastmålinger i fortøyning og notkonstruksjon	41
5.2.1	Formål	41



5.2.2	Registreringer.....	41
5.2.3	Resultater.....	42
5.3	Målinger på flytekragen.....	44
5.3.1	Formål.....	44
5.3.2	Registreringer.....	44
5.3.3	Resultater.....	44
5.4	Utføringssystem.....	44
5.4.1	Formål.....	44
5.4.2	Registreringer.....	44
5.4.3	Resultater.....	44
5.5	Annet.....	45
5.5.1	Groe.....	45
5.5.2	Lift Up og dødfiskflåte.....	46
5.5.3	Kablingssystem inkludert kontrollflasker og ventilbøye.....	46
6	Konklusjoner og anbefalinger.....	47

1 Sammendrag

Atlantis Subsea Farming har i henhold til målkriterier for prosjektet utarbeidet et måleprogram. Denne rapporten omhandler rapportering fra produksjonen på Otervika i 2021 og oppfyller i så måte Målkriterium 6.1.

Måleprogrammet har omfattet registreringer knyttet til miljø, fiskevelferd, lusetellinger, fiskeadferd, svømmehastighet og produksjonsdata. Det er også gjennomført målinger av mer teknisk karakter på selve konstruksjonen

Det ble satt ut totalt 340 000 fisk i to Atlantis-merder 26. april hvorav 170 000 fisk tilhørende Atlantis Subsea Farming AS og i den andre tilsvarende biomasse tilhørende SinkabergHansen AS. Merdene ble slaktet ut i månedsskiftet september/oktober. Atlantismerdene er sammenlignet med to overflatemerder i samme anlegget (kontrollmerder).



Utsett av fisk Otervika april 2021

Lokalitet

Miljømålingene på lokaliteten Otervika viser at lokaliteten er en værutsatt lokalitet når det gjelder vind og vindgenererte bølger fra sørvest, vest og nordvest. Temperaturmålingene i vannsøylen viser at nede på ca 35-45 meter der fiskebiomassen stort sett oppholdt seg var det i produksjonsperioden i gjennomsnitt ca 8°C, mens det i overflatelaget lå opp mot 10 °C i gjennomsnitt. I vinterhalvåret er det varmere i dypet og kaldere i overflaten. Saltholdighetsmålingene viser at Otervika har en saltholdighet på rundt 33 promille, og med lite variasjon gjennom vannsøylen. Oksygenmålingene viser at oksygenverdiene på lokaliteten jevnt over var bra. Strømmålinger fra ulike perioder viser at dimensjonerende 50 års strøm på 35m ville vært i område 0,5 m/s mot 0,83m på 5m. Dette er vesentlig å forholde seg til når det gjelder designkriterier på konstruksjonen.



Frode Oppedal, Havforskningsinstituttet, i kontrollrommet til Atlantis

Velferd

Det er ikke registrert noen systematiske tegn på nedsatt velferd i Atlantismerdene i forhold til kontrollmerdene, så lenge fiskens generelle helse er god. Snutesår, som den eneste velferdsindikatoren, blir sett oftere i Atlantismerdene enn i kontrollmerdene. Dette kan mulig forklares ved at fisken etter heving søker opp mot overflaten og kan stange mot nottakene, før det blir fjernet. Men det kan også ha andre forklaringer. Kontrollmerdene ble avluset flere ganger enn Atlantis merdene og fisken i kontrollmerdene har høyere velferdsscore på skinnhelse (risttap, røddebuk, finneskader) enn Atlantismerdene. Det er viktig å vurdere fiskens generelle helse når den skal senkes, da det å bli senket ned vil være en endring i merdmiljøet, kreve at fisken må etterfylle svømmeblæren raskt i en liten kuppel for å opprettholde god oppdriftsevne og dermed være en ekstra utfordring for fisken. Men dersom fiskens generelle helse er god, ser fisken ut til å håndtere denne prosessen godt. De resultater som foreligger tyder på at fiskens velferd er like godt ivaretatt i nedsenket merd, som i en kommersiell merd.

Adferd

Fiskens adferd er nøye overvåket under flere runder med heving og senking av merdene. Det registreres noen tegn på økt stressnivå under selve operasjonen, men fisken tar seg fort inn igjen og begynner raskt å fylle svømmeblæren ved å snappe lut i luftkuppelen, samt å ta føret som tilbys.

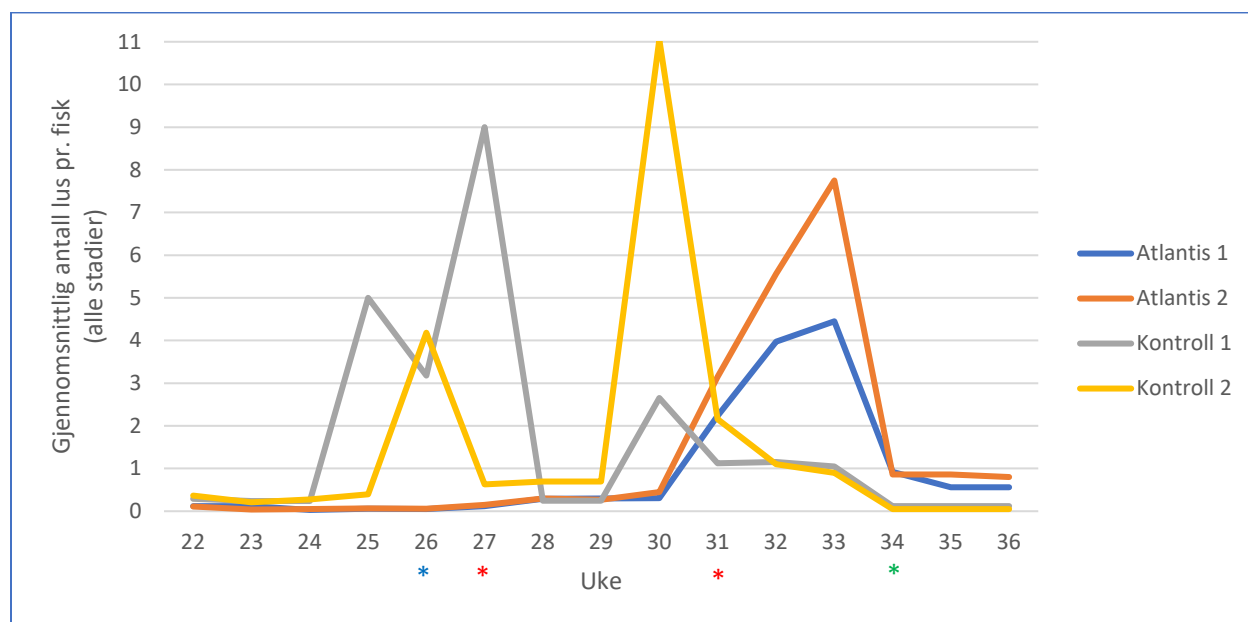
Svømmehastighetene som er målt ligger godt innenfor det som ansees som normalt, og beviser at fisken klarer å bruke luftkuppelen til å fylle svømmeblæren. Under tidligere utsett har det blitt gitt en sterk indikasjon på at fisken håndterer tilværelsen i den nedsenka merden godt, og i dette utsettet har dette blitt bevist igjen.

Ved heving av merdene observeres det økt overflateaktivitet og dette har blitt nøyer undersøkt i dette utsettet. Konklusjonen er at det er overveiende sannsynlig at fisken tømmer svømmeblæren på vei opp og at den derfor må etterfylle/justere svømmeblæren når taket fjernes. Det kan også skyldes at fisken

opplever en endring i miljøet – uansett er det viktig å gi mulighet for å fylle svømmeblæren ved å fjerne deler eller hele taket så fort som mulig etter heving – alternativt å gi tilgang til luft i luftkuppelen i overflateposisjon.

Lus

Lusesituasjonen har blitt overvåket ved hjelp av kamera fra Aquabyte og vi har unngått å ta merdene til overflaten for å telle lus. Atlantismerdene har unngått de største lusepåslagene, da kontrollmerdene hadde to store lusepåslag før Atlantismerdene fikk ett. Dette lusepåslaget er antatt å skyldes at det ble gjennomført avlusning i overflatemerdene på lokaliteten, og at lusen har blitt overført fra overflatemerdene til Atlantismerdene gjennom vannmassene internt på lokaliteten.



Lusetall talt med Aquabyte kamera i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 fra uke 22 til 36. Lusetallene er gitt som gjennomsnittlig antall lus pr. fisk pr. uke, alle lusestadier sammenlagt. Blå stjerne markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice-kur, røde stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og grønn stjerne markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling.

Produksjonseffektivitet

Hvis man hensyntar at fisken i Atlantismerdene har opplevde en lavere temperatur enn fisken i overflatemerdene, viser produksjonsdata at fisken i Atlantis har en tilvekst målt i EGI tilsvarende 108 (Atlantis 1), 114 (Atlantis 2), 105 (Kontroll 1) og 115 (Kontroll 2). Det vil si at tilveksten i Atlantis er litt under det som er gjennomsnitt for regionen (115), men Atlantis merdene skiller seg ikke vesentlig fra kontrollmerdene. En viktig lærdom fra Atlantis er derfor at man må justere temperatur profilen i tilvekstmodellene som benyttes til å beregne tilvekst slik at tilvekst og fôring vurderes opp mot en riktig prognose. Om vinteren vil det være varmere i dypet enn i overflaten og tilvekstmodellene må justeres for denne perioden også.

Fra utsett på Otervika og fram til slakt har Atlantis 1 en økt dødelighet blant annet på grunn av utbruddet av ILA (16,5 %). Før avlusningen i uke 34 var Atlantis 2 den merden med lavest akkumulert dødelighet på lokaliteten (2,28 %) og totalt ble dødeligheten 3,8 %. Etter avlusningen i uke 34 ble det

registrert forøket dødelighet i både Atlantis 1 og Atlantis 2. Kontrollmerdene viste en dødelighet på 2,09 og 2,26 %. Slaktedata viser at Atlantis 1 hadde en redusert superiorandel (89,80 %) på grunn av ILA utbruddet mot slutten av perioden, mens Atlantis 2 og kontrollmerdene varierte mellom 93,30-97,30 % der Atlantis 2 var best.

Luftkuppel

Den nye luftkuppelen fungerte godt rent teknisk – den var enklere å håndtere (lavere vekt) og den fungerer godt som infrastruktur for utføringsenhet, kamera, lys og annen sensorikk. Selve luftlommen ble større enn ved tidligere utsett (3-4 meter i diameter). Ellers oppførte konstruksjonen seg omtrent som tidligere luftkupper – den finner en posisjon i vannsøylen og blir der.



Luftkuppel i hevet posisjon

Måling av krefter i konstruksjonen

Lastceller ble montert på punkter i konstruksjonen der modelleringer viste at det virket mest krefter i konstruksjonen; i kjetting fra bøye til koblingsplate, i tre haneføtter og i krysstau i tak. Resultatene fra målingene viser det samme som på Skrubbholmen; det måles mest krefter mellom koblingspunkt og overflatebøye, deretter i ytre haneføtter og minst krefter virker i krysstau i taket. Alle målinger ligger godt innenfor de maksverdier funnet ved analyser i AquaSim.

Merd

Det ble ikke observert noe prinsipielt avvik i oppførselen til merden i forhold til tidligere utsett. Ved stasjonært tilstand i senket posisjon var dybdemålingene relativt stabile og gav ikke utfordringer under utsettet.

Dybdemålerne viste at merdens dybde lå på 32 – 36m og med et maksimalt avvik på ca 3,8m mellom dybde etter at rammefortøyningen var strammet opp og tunet inn. Dette tilsvarer en krenkning på ca 4,4 grader og er mer enn ved utsettet på Skrubbholmen. Det antas at årsaken til dette er at nå har man

fire nedsenkede merder som er fortøyd i samme ramme hvilket gjør innjustering av ramme vesentlig mer komplisert. Det påpekes at denne kretningen ikke har forårsaket problemer av noe slag. Heving og senking under produksjonsprosessen fulgte normalt forløp og gikk uten problemer.

Vannfôringsystem

Det ble brukt samme fôrflåte som på Skrubbholmen i forrige utsett, og følgelig samme system for utfôring basert på conveyoranlegg for å frakte fôr fra silo til vannsluse og integrert vannfôringsanlegg. Midt under utsettet ble plassering av fôringsfunksjonen flyttet inn på land til en fôringsentral i Rørvik og dette gikk fint uten videre problemer. Fôringsystemet fungerte greit under hele utsettet.

Hovedkonklusjoner og anbefalinger

Hovedkonklusjonen når det gjelder Atlantis nedsenkbar merd er at fiskens adferd og velferd var god, og at fisken lærte seg å bruke luftkuppelen for å fylle svømmeblæren. Produksjonsdata som fôrfaktor, tilvekst, dødelighet og slakteresultat viser normale verdier sammenlignet med en ordinær produksjon, gitt at det justeres for lavere temperatur i dypet. Utbruddet av ILA rett før slakting på den ene nedsenkbare merden har etter all sannsynlighet ingen årsak i at fisken har vært nedsenket, men utbruddet bidro til økt dødelighet og redusert produksjonsresultat på den ene nedsenkbare merden.

Atlantis merdene ble avluset en gang mot at overflatemerdene i anlegget ble avluset tre ganger. Den ene avlusingen har sin årsak i at avlusing av overflatemerdene gir påslag av lus i de nedsenkede merdene. Erfaringene fra dette utsettet tilsier at det er fullt mulig å holde fisken i dypet det aller meste av produksjonstiden. Teknisk er det fortsatt et rom for forbedringer når det gjelder dødfisksystem, kablingsystem og bøyer. For å lykkes med å holde fisken fri for lus er det viktig å:

- Etterstrebe å sette ut mest mulig lusefri fisk på hele anlegget
- Heve merden minst mulig til overflaten, noe som fordrer bruk av automatisk lusetelling og overvåking av fisk og tekniske løsninger i dypet
- Ha dyp drift på alle merdene på lokaliteten, enten det er snakk om Atlantis, tubenot eller en annen teknologisk løsning



Otervika i godvær med de nedsenkede merdene i front

2 Innledning

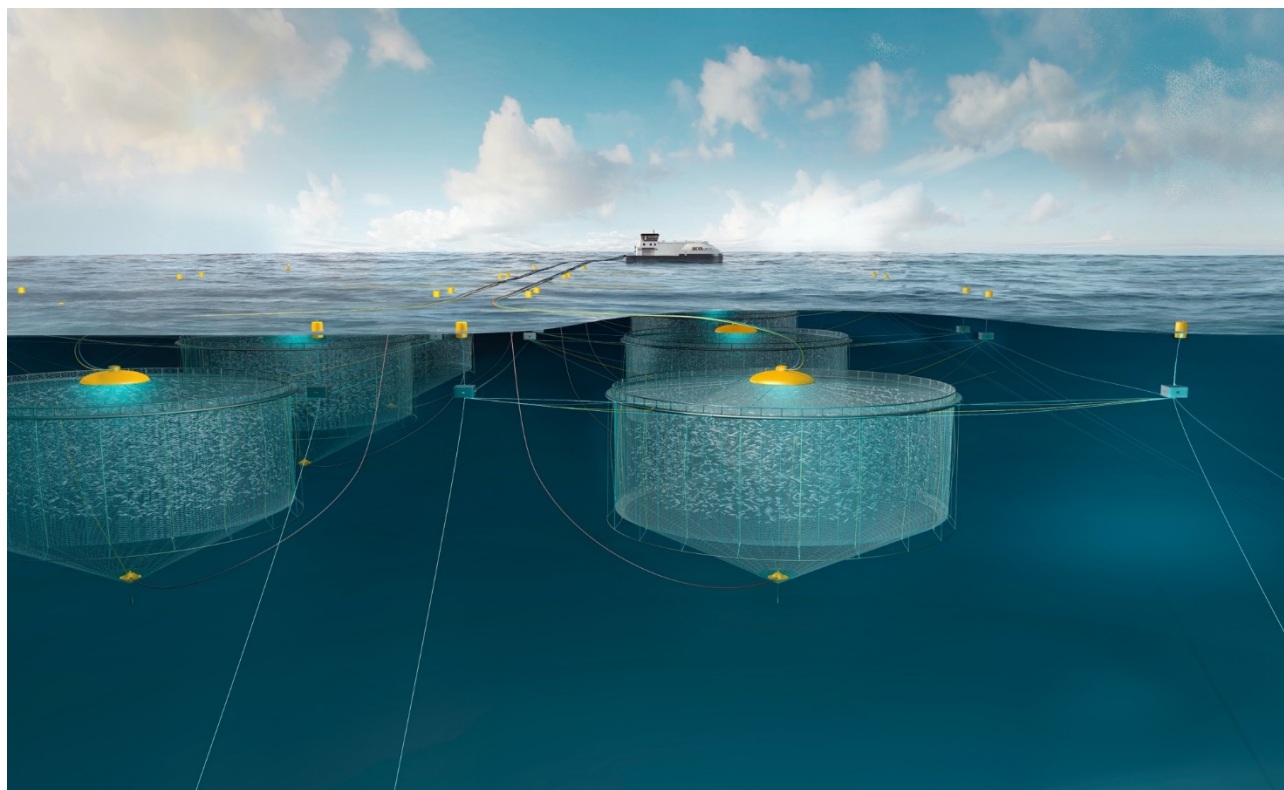
Atlantis Subsea Farming har i henhold til målkriterier for prosjektet utarbeidet et måleprogram som beskriver formålet med programmet, samt en beskrivelse av hvilke registreringer som skal gjøres. Hensikten med det totale måleprogrammet er å bidra til å finne ut om prosjektet som helhet har vært en suksess eller ikke sett opp mot de delmål prosjektet har og som er beskrevet i den opprinnelige søknaden. Eksempelvis vil det være viktig å finne ut om luseutfordringene blir mindre, om fiskevelferden generelt er god (krever blant annet jevnlig bruk av luftkuppel) og om hensynet til rømmingssikring ivaretas. Programmet vil også kunne gi viktige bidrag til forbedringer av de teknologiske løsningene underveis og i etterkant av prosjektperioden.

I henhold til målkriterie 6 Produksjonssyklus skal det leveres halvårlige sammendragsrapporter fra produksjonen i henhold til prosjektets måleprogram, og denne rapporten omhandler tredje utsett i Atlantis fra produksjonen på Otervika fra april til oktober 2021.

Dokumentasjon av resultater i driftsfasen vil i hovedsak være knyttet til fiskens biologiske prestasjon og velferd, samt en oppsummering av de erfaringer som er gjort av mer teknologisk karakter.

3 Metode

I utsett nr tre er det satt ut fire nedsenkbare merd på Otervika og Figur 1 under viser i prinsippet oppsettet for disse merdene.



Figur 1 Atlantis som prinsipp

I samme anlegget er det også fem overflatemerd. Det ble satt ut 340 000 fisk i to av de nedsenkbare merdene 24.04.2021. I den ene merden ble det satt ut 170 000 fisk tilhørende Atlantis Subsea Farming



AS og i den andre tilsvarende biomasse tilhørende SinkabergHansen AS. Fisken ble slaktet i månedsskiftet september/oktober samme år.

Måleprogrammet har omfattet registreringer knyttet til:

- Miljø med vekt på vannkvalitetsparametere
- Fiskevelferd – målt i form av SWIM som inkluderer vitenskapelig lusetelling av alle lusestadier
- Fiskeadferd som normal/ avvikende gruppestruktur og grov skissering av fiskens dybdefordeling, samt grad av tilting - observert ved kamera
- Svømmehastighet – etter en metode etablert av Havforskningsinstituttet og som indikerer hvorvidt fisken fyller svømmeblæren eller ikke.
- Kontinuerlige lusetellinger ved hjelp av Aquabyte kamera. Det ble også foretatt kontrolltellinger (vitenskapelig metode) i forbindelse med heving av merden grunnet andre arbeidsoperasjoner eller ved avvik som medfører behov for ekstra telling.
- Produksjonsdata innhentet etter etablerte metoder (gjennomsnittsvekt, dødfisk, appetitt, utfôret mengde).

Måledata har blitt registrert og rapportert via Fishtalk, samt egne skjema der det er nødvendig. Eksempelvis vedlagte SWIM skjema for vitenskapelig gjennomført velferdsscore.

Fiskeridirektoratet har signalisert i tildelingsbrevet og annen kommunikasjon at en vitenskapelig tilnærming i prosjektet ikke skal ha hovedfokus, men vi har likevel sammenlignet lusetellingene fra Atlantis merdene med lusetellinger fra et utvalg av andre merder som ligger på Otervika. Det samme gjelder for produksjonsdata.

Måleprogrammet har blitt fulgt opp av følgende personell:

- Personell i Atlantis Subsea Farming AS
- Ansatte på lokaliteten Otervika
- Veterinærressurser SinkabergHansen og Val FoU
- Frode Oppedal m. flere v/Havforskningsinstituttet

De eksterne partene har kvalitetssikret rapporten.

4 Rapportering av biologiske parametere

4.1 Miljø

4.1.1 Formål

Formålet er å måle saltholdighet og temperatur i hele vannsøylen for å kunne relatere dette til fiskebiomassens oppførsel, samt oksygen inne i merden for å dokumentere at dette er innenfor normale verdier. Normalt vil laksen velge å svømme i dybdeområdet med høyeste temperatur (opp til ca 16 °C), som forventes å være dypt i merden gjennom vinteren og nærmere overflaten når denne varmes opp på våren. Miljøparametere kan også gi forklaringer knyttet til fiskens generelle helsetilstand og velferd. Tilgang på brakkvann, eller motsatt kan gi økt/ redusert risiko for noen patogener og utbrudd av sykdom eller dannelse av sårskader. Temperatur er bestemmende for lusens forventede og faktiske utviklingstid gjennom de ulike stadier.

Vi mener det ikke er spesielt relevant for prosjektet å måle på utvikling av bunnsedimenter da fiskebiomassen ikke vil skille seg fra biomassen i et ordinært anlegg. Det er også gjennomført en egen analyse av spredning av fôr og faeces fra nedsenkbare merder som viser at dette spres omtrent på samme måte som fra overflatemerder. Otervika er en lokalitet med god miljøtilstand i utgangspunktet.

4.1.2 Registreringer

Temperatur og saltholdighet ble profilert to ganger ukentlig fra flåten med en CTD måler (Castaway) fra overflaten til maksimalt merddyp. Ved å senke måleren med passelig hastighet målte denne representative verdier fra alle dyp. Måleprogrammet skulle fange opp sjiktinger i vannmassene og hvordan dette varierer med sesong.

Oksygen ble målt inne i hver av Atlantis merdene og målerne ble montert ca 15 meter under luftkuppelen

Vannstrøm ble målt ved hjelp av AKVA Oceanografiske miljøbøye inneholdende en profilerende strømmåler (Aanderaa/ XYLEM DCPS5400) plassert ved anlegget og målte vannstrømmens styrke og retning i intervaller på tre dyp i vannsøylen (5, 15 og 25 meter).

Vind ble målt ved hjelp av en vindmåler på flåten og innhentet fra nærmeste meteorologiske stasjon (Kvaløyfjellet).

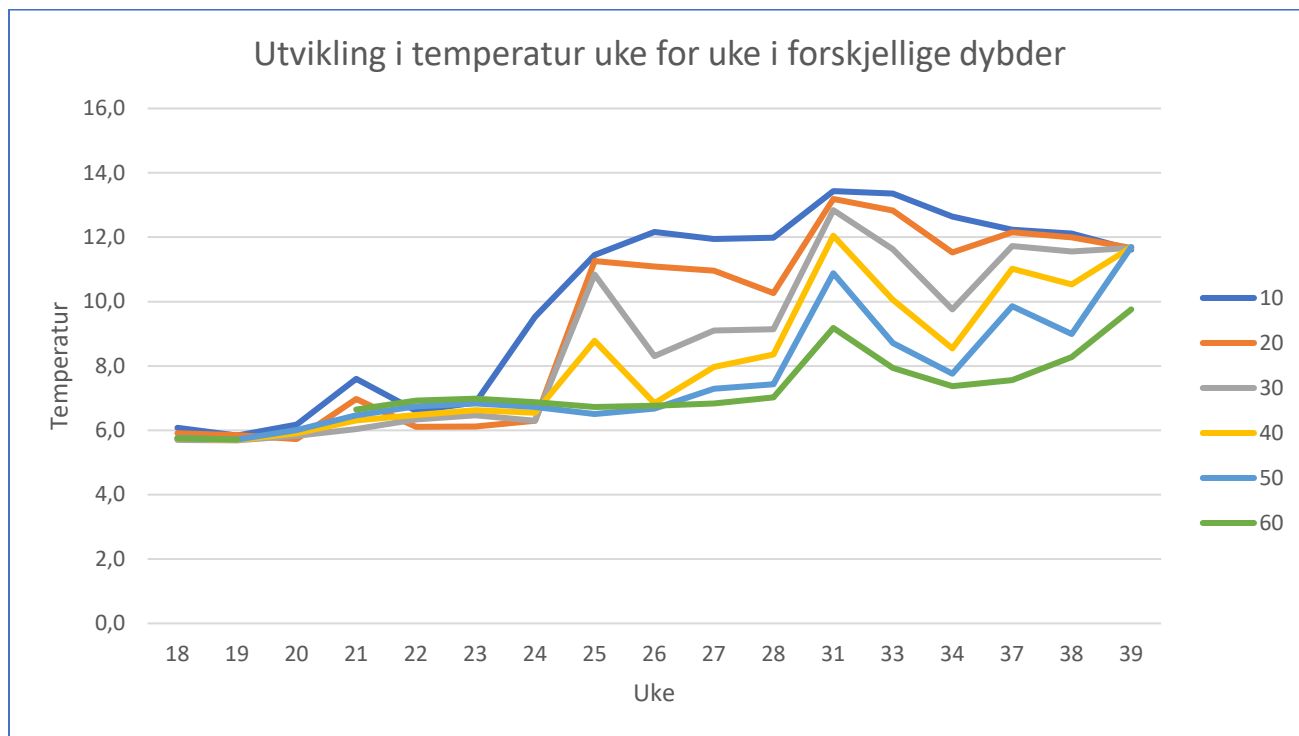
4.1.3 Resultater

4.1.3.1 Temperatur

Figur 2 viser sjøtemperatur på fire forskjellige dybder (5, 20, 40 og 60 meter) fra uke 18 til uke 39 – det vil si fra utsett til utslakting. Selve flyteren stod like under 30 meter, mens luftkuppelen var på 23-25 meter. Temperaturen målt på 40 meter er mest interessant da fiskebiomassen i stor grad oppholdt seg der. Temperaturen var nokså stabil rundt 6 grader fram til uke 24 midt i juni – da stiger temperaturen til rundt 8 grader, og den holder seg ganske stabilt på dette fram til august der den stiger til 12. I overflaten er det i den siste perioden registrert opp mot 14 grader. Tabell 1 viser gjennomsnittstemperatur på de ulike dyp i utsettp perioden og den varierer fra 9,6 grader C på 10 meter dyp til 7,3 grader C på 50 meter dyp.

Temperaturforskjellene mellom dypet og de øverste metrene viser en helt normal situasjon på sommeren på en slik lokalitet og er det motsatt av hva vi observerte på vinteren under forrige utsett på

Skrubbholmen. Om vinteren er det omvendt – det vil si varmere i dypet enn i overflaten. Vi forventer derfor en noe redusert tilvekst på fisken i de nedsenkede merdene i dette utsettet da fisken har opplevd en lavere temperatur på 2-2,5 grader sammenlignet med fisken i overflatemerdene.



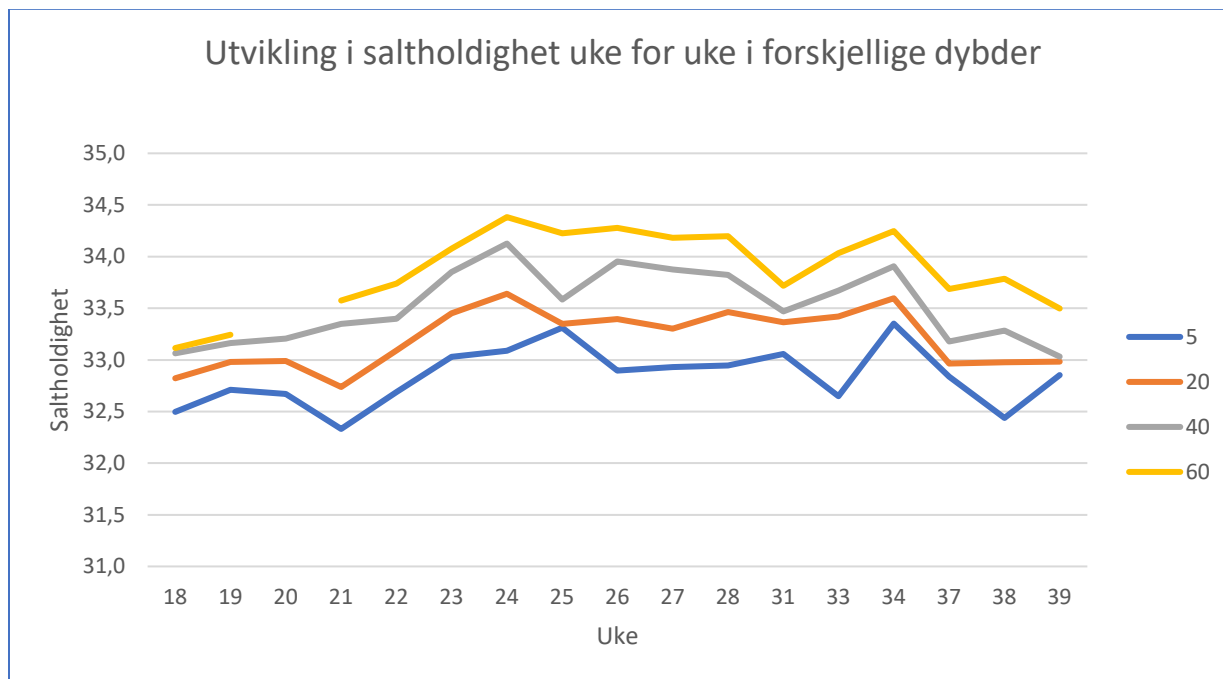
Figur 2 Utvikling i temperatur på ulike dyp (10, 20, 30, 40, 50 og 60 meter) i uke 18-39 2021 ved Otervika

Tabell 1 Gjennomsnittstemperatur og antall døgngreder på ulike dyp (10, 20, 30, 40, 50 og 60 meter) under utsettet på Otervika

Dybde	Snitt temperatur	Antall døgngreder
10	9,63	1 367
20	8,83	1 254
30	8,12	1 153
40	7,49	1 063
50	7,00	993
60	6,91	982

4.1.3.2 Saltholdighet

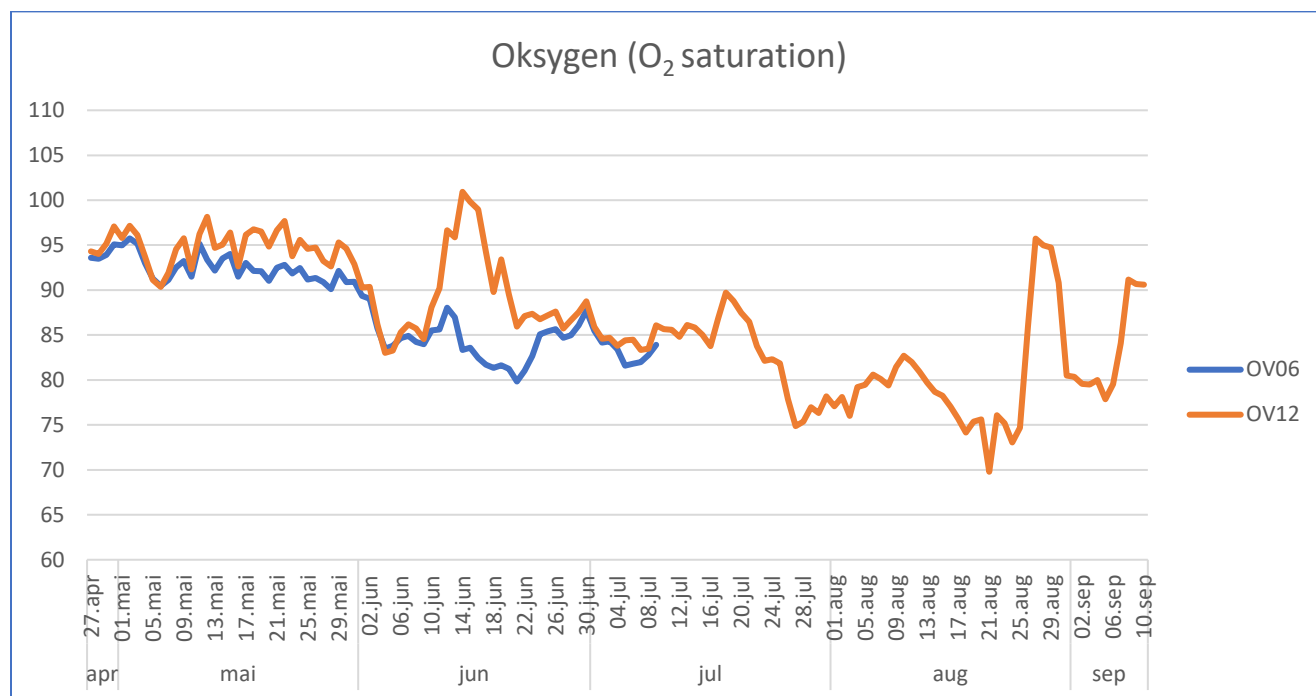
Figur 3 viser målinger av saltholdighet i samme periode som for målingene av temperatur. Saltholdigheten varierer fra 32,5 til 34 promille, med en liten økning fra vår til sommer og det er ikke vesentlige forskjeller på de ulike dybdene (<1,5 promille). Otervika er i så måte en klassisk ytre kystlokaltet lite påvirket av ferskvannstilførsel.



Figur 3 Saltholdighet på ulike dyp (20, 40 og 60 meter) i uke 18-39 2021 ved Otervika

4.1.3.3 Oksygen

Figur 4 viser at oksygenmetningen i perioden april til september varierte mellom i overkant av 95% på våren, 85% gjennom sommeren og noe lavere, ca 75% i august-september. En liten dropp rundt 20. august sees, med verdi ned mot 70%. En av målerne sluttet å virke i midten av juli. Sesongsvingningen i oksygen følger et normalt mønster med høyest verdier under algenes våroppblomstring og lavere verdier når organisk nedbryting starter på høsten. Biomassen i merdene og temperaturen i sjøen øker utover sommeren og fiskens forbruk av oksygen øker også. Oksygenverdiene som måles inne i merdene er innenfor normalverdier som ikke forventes å påvirke fisken i negativ grad¹. De to toppene i oksygenmetning i henholdsvis juni og slutten av august er knyttet til heving av merd. Oksygenmålerne er montert i forbindelse med noen av kameraene ca 15 meter under kuppel, dvs på omtrent 39 m dyp.



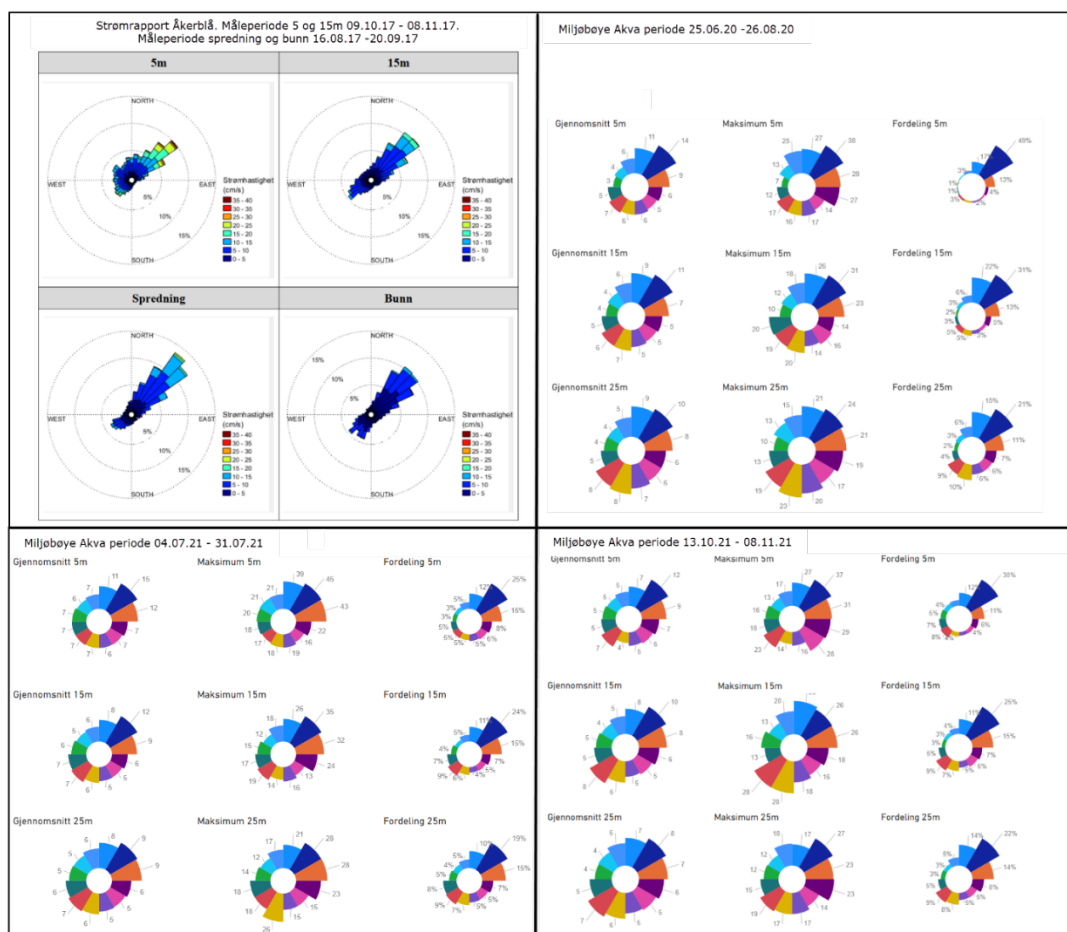
Figur 4 Oksygenmetning i prosent fra utsett til slakt ved Otervika 2021 i Atlantis merd OV06 og OV12 målt i senter av merd på ca 39 m dyp

¹ Remen et al 2016

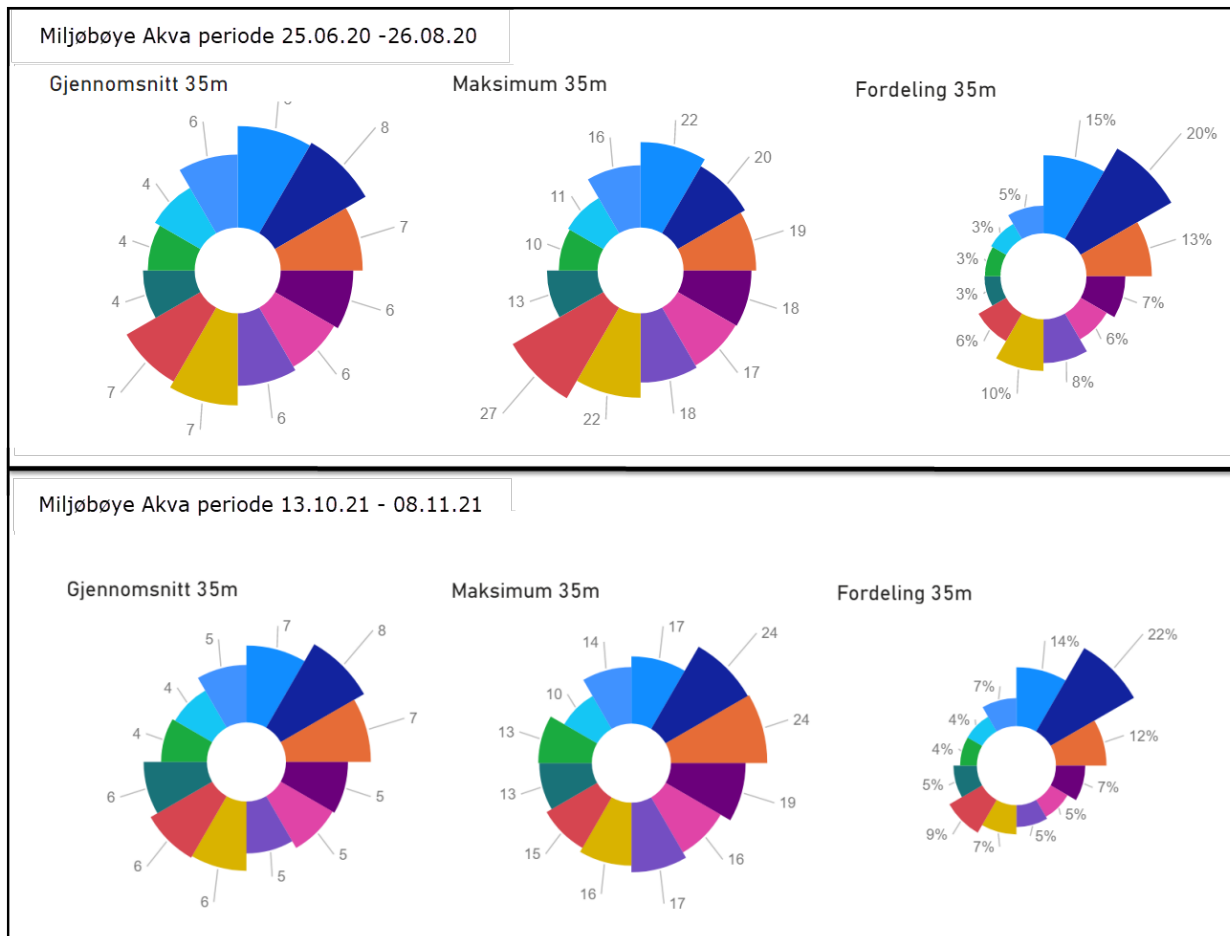
4.1.3.4 Strøm

Vi har hatt utfordringer med batterikapasiteten på strømbøyen som har vært plassert ut på Otervika, men vi mener likevel å ha representative målinger for en lengre periode inklusive perioder i drift. I Figur 5 er strømmålinger for 5m, 15m og 25m presentert. Her har vi måleserier på minst 1 mnd sammenhengende fordelt på 4 år. Tendensen er relativt lik for alle måleseriene. Strømmen går i hovedsak inn og ut av Bindalsfjorden som forventet og vi måler en klar større andel strøm som går inn enn ut. Dette er spesielt synlig i de øverste 15m. Kortvarige endringer i strømningsbilde for 5m og 15m får vi ved perioder med vestlig og østlig høy vind, men i all hovedsak viser målingene at strømsituasjonen på Otervika viser seg å være stabil over tid. Dimensjonerende strøm på 5m og 15m er basert på målinger utført i 2017 med henholdsvis 0,68m/s og 0,45 m/s i 50 års verdier. Maks målt i perioden var 0,37 m/s og 0,24 m/s i NØ retning. I oktober i år målte vi 0,45 m/s og 0,35 m/s, noe som ville gitt 50 års verdier på henholdsvis 0,83 m/s og 0,65 m/s. Lokalteten har på så måte vært tøffere enn vi hadde grunnlag for å anta i startfasen og at vi har nærmet oss målet på 1,00 m/s for Atlantis.

Videre ser vi at selv om vi kun har ca en mnd med måling på dybder som er relevant for Atlantis nedsenket, viser de målingene samsvar med målinger utført sommeren 2020. Dette er vist i Figur 6. Målinger for 35m viser også at strømstyrken i dybdene hvor Atlantis er i normal drift er vesentlig lavere enn for 5m. Dimensjonerende 50 års strøm på 35m ville vært i område 0,5 m/s mot 0,83m på 5m. Dette er vesentlig å forholde seg til mtp designkriterier på konstruksjonen.



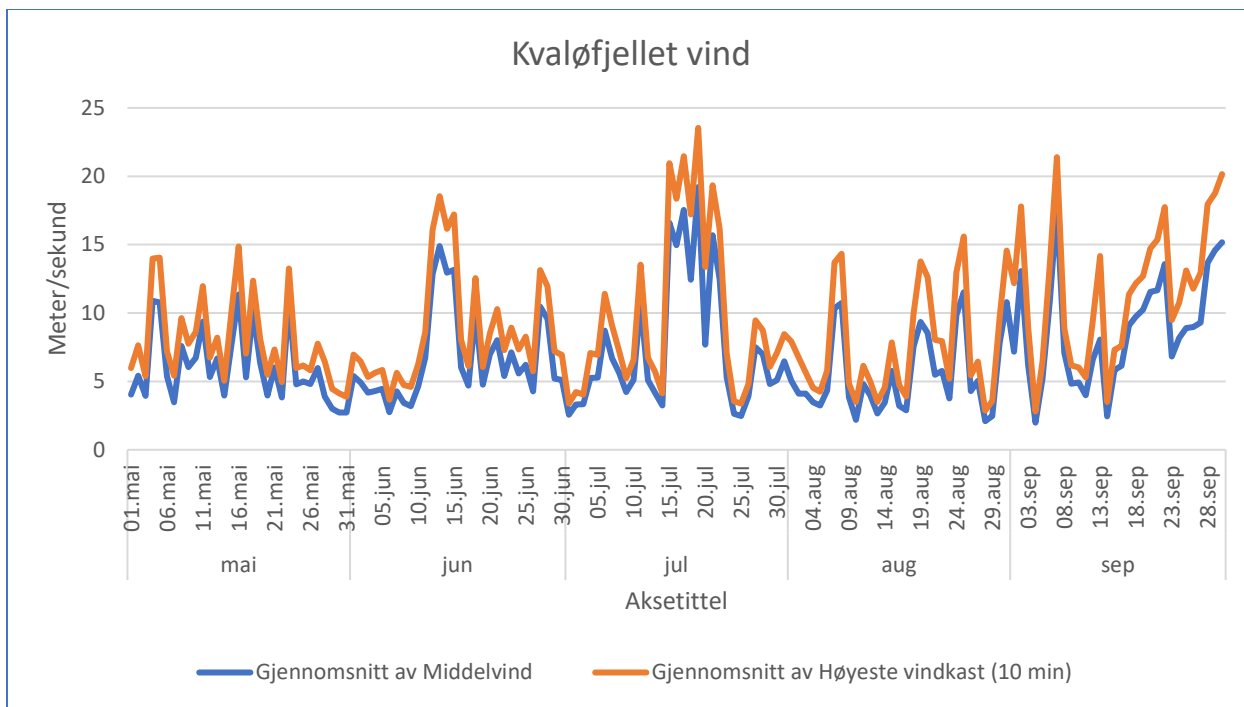
Figur 5 Gjennomsnittlig, maks og strømfordeling for 5m, 15m og 25m for tilgjengelige måleserier.



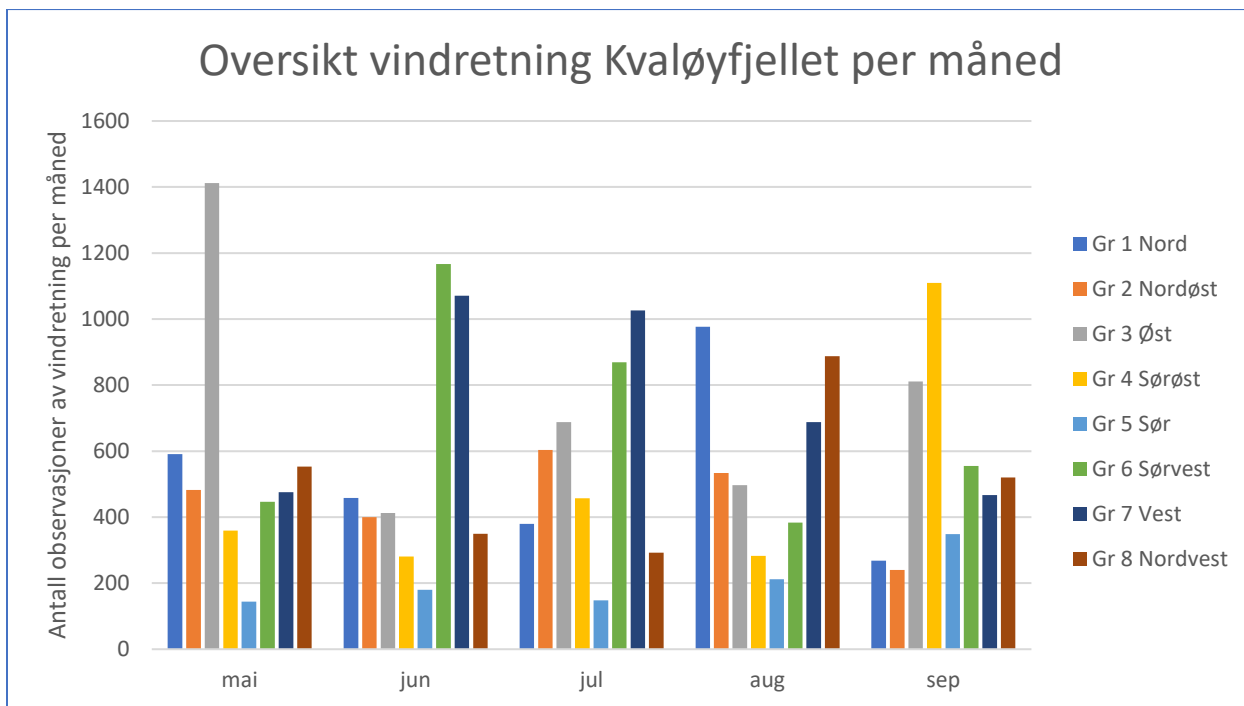
Figur 6 Gjennomsnittlig, maks og strømfordeling for 35m for tilgjengelige måleserier.

4.1.3.5 Vind

Figur 7 viser vindstyrke bildet på Otervika fra mai til utgangen av september. Maksimalverdier viser at vinden i perioder var over 20 m/s og i enkelte kast opp mot 25 m/s. Det ble etablert en vindmåler på flåten, men ettersom vi fikk erfaringer med disse målingene valgte vi å bruke målinger fra Kvaløyfjellet målt av Yr da disse målingene stemte bedre. Figur 8 viser hva som i de ulike månedene er de dominerende vindretningene. I sommermånedene er sør, sørvest og vestlig vindretning dominerende, mens i eksempelvis mai er østlig vindretning mer fremtredende. I og med at Otervika er en helt ny lokalitet gir dette begrenset informasjon da slike målinger bør gjennomføres over flere år for å trekke mer sikre konklusjoner.



Figur 7 Vindstyrke i m/sek på Kvaløfjellet ved Otervika fra mai til september (Kilde: Yr.no)



Figur 8 Vindretninger malt på Kvaløfjellet ved Otervika (Kilde: Yr.no)

4.2 Fiskens helse og velferd

4.2.1 Formål

Formålet med overvåking av fiskens velferd var på et tidlig stadium å kunne avdekke om fiskens velferd blir dårligere av at fisken er nedsenket uten tilgang til å fylle luft i overflaten, slik at avbøtende tiltak kan settes inn. Det er også viktig å overvåke fisken slik at andre årsaker til reduksjon av fiskens helse og velferd kan avdekkes på et tidlig tidspunkt.

4.2.2 Registreringer

Overvåking av fiskens velferd ble gjort jevnlig ved analyse av kamerabilder fra Aquabyte kamera (Figur 9). Analysene ble gjort av fiskehelsepersonell. Det ble gjennomført vurdering av minst 20 tilfeldig valgte fisk fra hver merd, en gang pr. mnd. I tillegg ble det foretatt SWIM scoringer på minimum 20 fisk, inkludert vitenskapelig lusetelling av alle stadier, når merden ble hevet til overflaten i forbindelse med annen arbeidsoperasjon. Fiskens vekt og lengde ble også registrert. Dødfisk ble registrert daglig og den ble obdusert av fiskehelsepersonell minimum en gang i måneden i forbindelse med rutinemessig helsebesøk på lokaliteten.



Figur 9 Eksempel på bilde tatt av fisk med Aquabyte kamera.



4.2.3 Resultater

All fisk ble produsert ved lokalitet Oksbåsen fra sjøutsett og frem til brønnbåttransport den 26/4 ut til Otervika. Det ble satt ut 340 000 fisk fordelt på to Atlantismerder, Atlantis 1 og Atlantis 2. I tillegg ble det satt ut 356 000 fisk fordelt på to overflatemerder, kontroll 1 og kontroll 2. Fisken i Atlantis 1 sto i nedsenket posisjon fra 24/4-16/9, men var oppe ved fire anledninger; 5/5, 19/5 og 14/9 for optimalisering av Liftup, og 26-29/8 i forbindelse med avlusning. Fisken i Atlantis 2 sto i nedsenket posisjon fra 24/4-26/8, men var oppe ved en anledning 8/6 for optimalisering av Liftup.

Avlusning av de to Atlantismerdene ble gjennomført i uke 34. Kontrollmerdene ble behandlet med slice-kur 1-7/7 og gjennomgikk to ikke-medikamentelle avlusninger før dette (se Tabell 2).

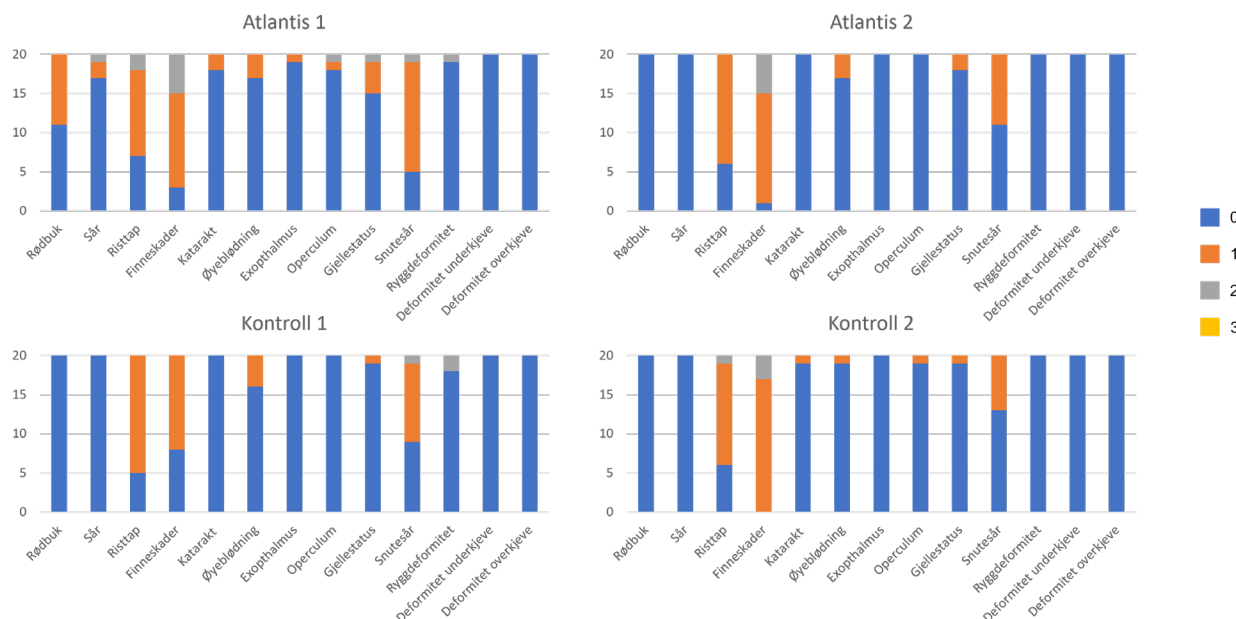
Tabell 2 Oppsummering av utsettet ved Otervika.

	Atlantis 1	Atlantis 2	Kontroll 1	Kontroll 2
Antall (start)	170 000	170 000	178 000	178 000
Opprinnelse	Stamme 1	Stamme 2	Stamme 2	Stamme 2
Ankomst Otervika	25/4	26/4	24/4	25/5
Vekt 24.06 ¹	1789 g	1457 g	948 g	963 g
Lengde 24.06	52 cm	48,8 cm	41,55 cm	42,9 cm
K-faktor 24.06	1,25 ± 0,09	1,23 ± 0,04	1,27 ± 0,12	1,16 ± 0,15
Opp/ ned	5/5, 19/5, 14/9 og 26-29/8	8/6	kontinuerlig	kontinuerlig
Tatt opp	16/9	26/8		
Avlusning	29/8	26/8	11/7, 5/8 og 27/8	10/7, 4/8 og 26/8
Slaktedato	24/9	5/10	11/10	8/10

¹ Vekt fra SWIM score, dvs 20 fisk

Velferdsscore ved oppstart

20 fisk fra hver merd ble undersøkt og gradert etter SWIM-standarden (Figur 10). I alle merdene ble det registrert noe redusert finnestatus, risttap og snutesår hos fisken (se vedlegg 4). I tillegg ble det i Atlantis 1 registrert en del rødbuk. Ellers hadde fisken en gjennomsnittsvekt på 1789 g i Atlantis 1, 1457 g i Atlantis 2, 948 i kontroll 1 og 963 g i kontroll 2. Fiskens gjennomsnittlige K-faktor i Atlantis 1 var på 1,25 ± 0,09, i Atlantis 2 var den 1,23 ± 0,04, i kontroll 1 var den 1,27 ± 0,12 og i kontroll 2 var den på 1,16 ± 0,15. Fiskens velferd- og helsestatus ble ansett som god ved oppstart, fisken var tilnærmet lytefri og det var ikke noen tegn til sykdom.



Figur 10 Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorerne som ble vurdert, for de fire merdene ved oppstart Otervika.

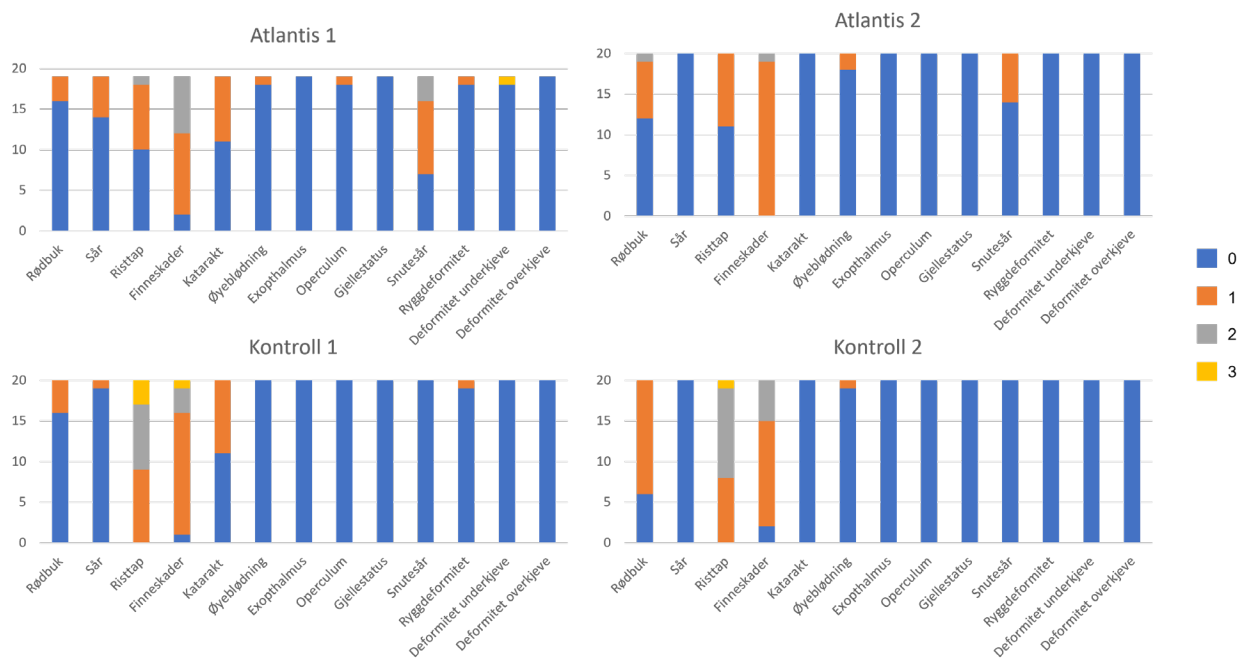
I ukene etter utsett ble det i en periode observert en del sår på fisken i alle merdene, noe som er antatt å skyldes flytting og håndtering. For fisken i Atlantismerdene viste velferdsscoringer gjennomført på Aquabyte bilder av 20 tilfeldige fisk en gang i måneden, en gradvis forbedring i score på alle velferdsindikatorerne frem mot avlusning i uke 34 (se vedlegg 5).

Velferdsscore før avlusning

I forbindelse med avlusning i uke 34 ble 20 fisk fra hver merd undersøkt og gradert etter SWIM-standard (Figur 11). Fisken ble enten tatt ut med orkast (Atlantis 1 og kontroll 1) eller håvet ut fra merden når den ble trengt for pumping om bord i brønnbåten (Atlantis 2 og kontroll 2). Fiskens K-faktor før avlusning var på $1,30 \pm 0,20$ i Atlantis 1, $1,34 \pm 0,08$ i Atlantis 2, $1,27 \pm 0,09$ i kontroll 1 og $1,18 \pm 0,10$ i kontroll 2.

Velferdsscoren på de ulike velferdsindikatorerne var forbedret i begge Atlantismerdene siden oppstart, bortsett fra katarakt i Atlantis 1, som økte fra 0,10 ved oppstart til 0,42 i uke 34, og rødbuk i Atlantis 2, som økte fra 0,00 ved oppstart til 0,45 i uke 34 (se vedlegg 4). Når det kommer til kontrollmerdene hadde scoren på de fleste velferdsindikatorerne gått opp siden oppstart, spesielt rødbuk, risttap og finneskader. Snutesår derimot hadde en forbedring siden oppstart, i motsetning til stabil score i begge Atlantismerdene. Avlusningen i uke 34 var den første og eneste avlusningen som ble gjennomført på fisken i Atlantismerdene, mens fisken i kontrollmerdene hadde allerede vært gjennom en slice-kur og to ikke-medikamentelle avlusninger før dette. Økningen i score på rødbuk, risttap og finneskader i kontrollmerdene er nok et resultat av at fisken i disse merdene har blitt håndtert mer enn fisken i Atlantismerdene.

Av logistiske grunner, ble fisken i Atlantis 2 stående i overflaten etter avlusningen, mens fisken i Atlantis 1 ble senket igjen.



Figur 11 Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorerne som ble vurdert, for de fire merdene ved avlusning i før avlusning i uke 34.

Velferdsscore av 20 tilfeldig valgte Aquabytte bilder av fisk i Atlantis 1, gjennomført av fiskehelsebiolog ved rutinemessig helsebesøk tre uker etter avlusning (den 16/9), viste at det var en forbedring i sår (0,0) og snutesår (0,3), mens det var mer risttap (1,2) (se vedlegg 5). Finneskader og rødbuk var omtrent det samme som ved avlusningen. Skinnhelsen var tydelig preget av avlusningen gjennomført 19 dager tidligere.

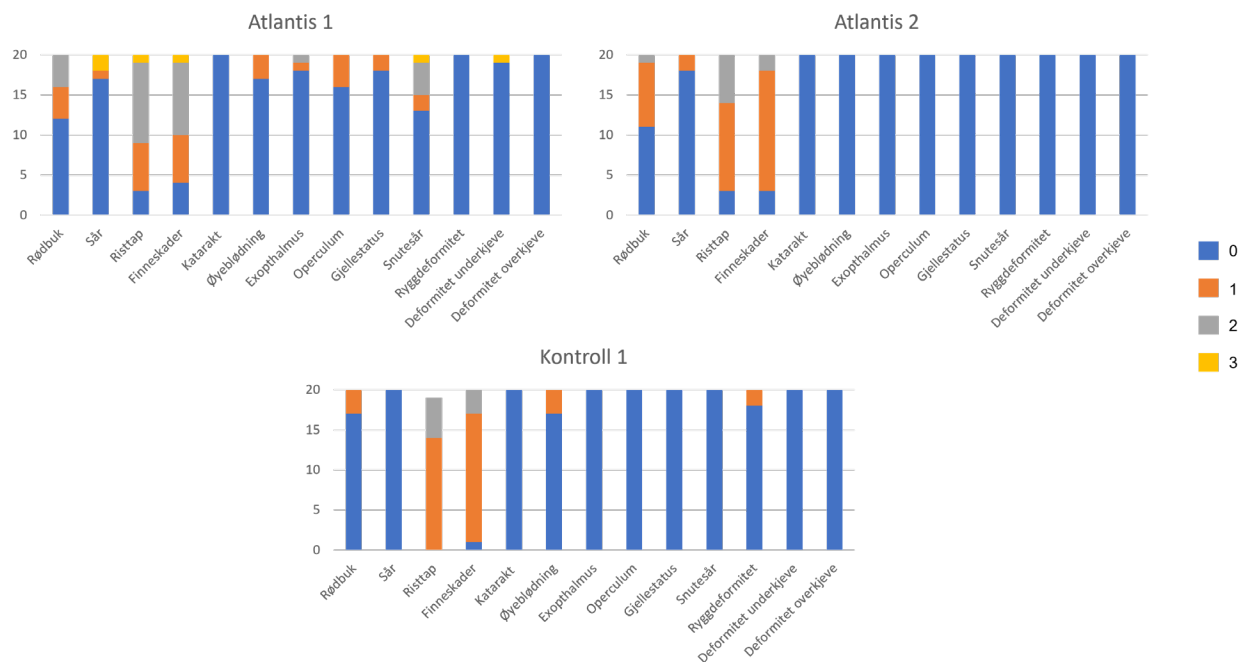
Velferdsscore ved slakt

Ved slakt ble 20 fisk fra 3 av merdene, Atlantis 1, Atlantis 2 og kontroll 1, undersøkt og gradert etter SWIM-standarden (Figur 12). Fisken ble tatt ut med orkastnot. Det ble ikke gjennomført velferdsscore av fisk fra kontroll 2 fordi fiskehelsebiolog anså det som uforsvarlig, da fisken var for svak etter trenging. Fiskens K-faktor ved slakt var på $1,33 \pm 0,13$ i Atlantis 1, $1,43 \pm 0,11$ i Atlantis 2 og $1,32 \pm 0,16$ i kontroll 1.

På fisken i Atlantis 1 ble det registrert en del risttap og finneskader, samt rødbuk, snutesår og noe sår (se vedlegg 4). I tillegg ble det på noen fisk registrert øyebledninger og exophthalmi. På fisken i Atlantis 2 ble det registrert en del risttap og finneskader, samt noe rødbuk og sår. Det ble ikke registrert snutesår på fisken i Atlantis 2 ved slakt. På fisken i kontrollmerd 1 ble det registrert en del risttap og finneskader, og litt rødbuk. Det ble ikke registrert sår eller snutesår på fisken i kontroll 1.

To uker etter avlusning, ble fisken i Atlantis 1 hevet og senket en gang fordi det var problemer med å få opp dødfisk med liftup, og to dager senere ble merden hevet for siste gang. Det ble besluttet å ikke

senke merden igjen denne gangen, fordi fisken var for svak pga. aktivt utbrudd av virusykdom. Fisken i Atlantis 1 har dermed blitt utsatt for en høyere stresspåkjenning enn Atlantis 2 og kontroll 1, og summen av disse faktorene sees på som årsaken til at fisken i denne merden har en generelt høyere velferdsscore ved slakteføring.



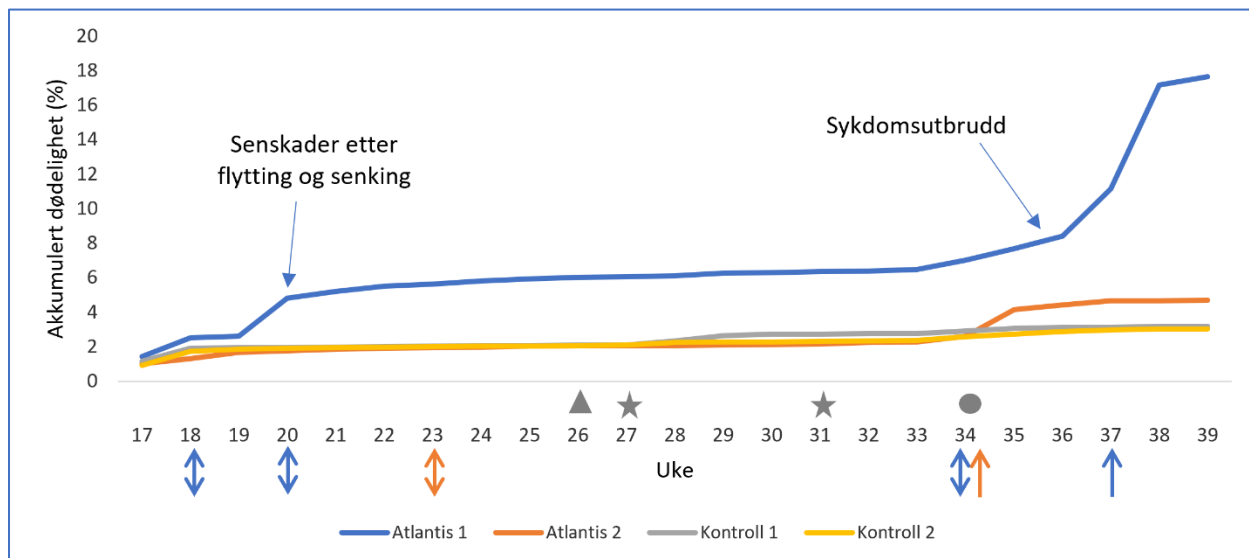
Figur 12 Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorerne som ble vurdert, for de fire merdene ved avlusning i ved slakteføring.

Dødelighet

Dødeligheten i de fire merdene under utsett på Otervika, er presentert i grafen i Figur 13. Etter flytting fra Oksbåsen til Otervika, samt senking av merden, ble det registrert en del sår i en periode. Dette har nok ført til den økte dødeligheten en kan se i uke 20. Atlantis 1 var den merden som hadde høyest akkumulert dødelighet fra utsett og frem til slakt av merdene på lokaliteten.

Før avlusningen i uke 34 var Atlantis 2 den merden med lavest akkumulert dødelighet på lokaliteten, med en dødelighet på 2,28%. Etter avlusningen i uke 34 ble det registrert forøket dødelighet i både Atlantis 1 og Atlantis 2. I uke 37 avdekket helsekontroll gjennomført av fiskehelsebiolog ved lokaliteten sykdom i Atlantis 1. Fisken hadde kliniske symptom på virusykdom, og viruset ILA ble påvist på fisk i denne merden (20 av 20 positive prøver). ILA-viruset ble ikke påvist i de andre merdene. Opphavet til sykdomsutbruddet er enda ikke kartlagt, men fisken i Atlantis 1 var av en annen fiskegruppe enn den som stod i de andre merdene. I tillegg til dette ble det påvist PRV (HSMB) med lave virusmengder på fisk fra alle de fire merdene, noe som kan forklare den forøkte dødeligheten som også ble sett i Atlantis 2, da dette er en sykdom som gjør fisken håndteringssvak. Fisken i Atlantis 2 ble stående i overflaten etter avlusningen, og hadde lavere dødelighet enn Atlantis 1. Dette skyldes nok at fisken i Atlantis 1 har blitt utsatt for en høyere stresspåkjenning ved at den har blitt hevet, avluset og senket igjen, og dermed fått

en sterk klinisk manifestasjon av virusykdom, mens fisken i Atlantis 2 ble hevet, avluset og stående i overflatemerd. Det ble ikke sett den samme dødeligheten i kontrollmerdene.



Figur 13 Dødelighet (%) i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 under utsett på Ottervika frem til uke 39. Trekant markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice kur, stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og runding markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling. Blå og oransje piler markerer heving og senking av hhv. Atlantis 1 og Atlantis 2.

Oppsummerende diskusjon på velferd

Det er i dette utsettet hentet ut et større datagrunnlag enn ved tidligere utsett på Gjerdinga og Skrubbholmen, da vi har hatt fisk i to Atlantismerder i tillegg til sammenligning med fisk to kontrollmerder i overflaten. Fisken i merdene ble overvåket daglig gjennom kameraene som var plassert i merden. Overordnet er det ikke registrert noen systematiske tegn på nedsatt velferd i Atlantismerdene i forhold til kontrollmerdene, så lenge fiskens generelle helse er god. Ett unntak er snutesår, som den eneste velferdsindikatoren som blir sett oftere i Atlantismerdene enn i kontrollmerdene.

Utgangspunktet var likt (snittscore 0,58), men fisken i kontrollmerdene viste en sårheling (snittscore 0,0) om ikke ble sett i Atlantismerdene (snittscore 0,55). Lignende resultat ble sett i mellomskalaforsøk (Warren-Myers et al, 2022)² som muligens skyldtes en kombinasjon av faktorene: flere overflater å kolliderer med (nottak, kuppel, stag), dårlig oksygenivå, lavere temperatur og full saltholdighet. I Atlantismerdene kan manglende snutesårheling eller at nye fisk fikk dette skyldes at fisken rett etter

² Warren-Myers F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien L.H., Fosse, J.O., Dempster, T., Oppedal, F., 2022. Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture* 548, 737570.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737570>



heving søker opp mot overflaten og kan stange mot nottaket, før det blir fjernet. Dette ble spesielt observert i en Atlantismerd etter heving (se kapittel 4.3 Fiskens adferd).

Ved færre avlusninger på fisken, vil også fiskevelferden bli bedre. Dette ser vi på velferdsscoren i uke 34, da kontrollmerdene som er gjennomgått flere avlusninger har høyere velferdsscore på skinnhelse (risttap, røddebuk, finneskader) enn Atlantismerdene, som ikke hadde blitt avluset enda. Samtidig viser Atlantis 1 fortsatt redusert skinnhelse tre uker etter avlusning. Det er viktig å vurdere fiskens generelle helse når den skal senkes, da det å bli senket ned vil være en endring i merdmiljøet, kreve at fisken må etterfylle svømmeblæren raskt i en liten kuppel for å opprettholde god oppdriftsevne og dermed være en ekstra utfordring for fisken. Dersom fiskens generelle helse er god, ser fisken ut til å håndtere denne prosessen godt. De resultater som foreligger her tyder på at fiskens overordnede velferd er like godt ivaretatt i nedsenket merd, som i en kommersiell merd.



4.3 Fiskens adferd

4.3.1 Formål

Et annet og viktig element er å forstå og tolke fiskens adferd i en nedsenket merd; det gjelder både stimadferd, svømmehastighet, appetitt og ikke minst bruk av kuppel. Avvik fra normal adferd kan tyde på at svømmeblæren ikke fylles. Avvikende adferd kan også være tegn på at fisken har andre utfordringer med å være nedsenket.

Hvis fisken ikke klarer å fylle svømmeblæren kan det være et tegn på at luftlommen ikke er optimal. Det kan bety at design av kuppelen eller omkringliggende strukturer må justeres slik at fisken ønsker å bruke den.

4.3.2 Registreringer

Følgende målinger ble gjennomført daglig eller rutinemessig:

- Fiskens appetitt ble vurdert visuelt av den som fôret fisken ved bruk av kamera og observasjoner loggført. God, normal appetitt er et grunnleggende mål for om laksen har god velferd.
- Svømmehastigheten ble målt ved at røkteren, ved hjelp av kamera, målte tiden det tar før fisken passerer et bestemt punkt - det vil si tiden fra snute til hale. Normale verdier går fra på 0,2 til omtrent 2 fiskelengder per sekund (FL/s) ved denne størrelse fisk. 20 fisk ble målt to-tre ganger i uken. Registreringene ble gjort til fast tidspunkt, slik at resultatene ble sammenlignbare. Representative fisk ble valgt. Dersom det er distinkt ulike grupper av fisk må hastighet for begge grupper dokumenteres.
- Svømmemønstre. Det ble registrert om fisken stimer polarisert/systematisk, eller om fisken hadde avvikende adferd; adferden ble vurdert som normal eller unormal og eventuell hvor stor andel som var normal/unormal. Spesielt fokus var det på registrering av fiskeadferd opp mot nottaket og sviming rundt luftkuppel.
- Tiltvinkel ble observert. Den er et grovt mål på om fisken er nøytral i vannmassen eller ikke og dette er igjen et tegn på om svømmeblæren fylles. Tilt oppover indikerer mangel på oppdrift. Tilt nedover tyder på at laksen har etterfylt mer enn nødvendig, og er vurdert som en normal adferd. Normal tilt, det vil si horisontal/ingen tiltvinkel, indikerer normal svømming.
- Overflateaktivitet i kuppel ble forsøkt observert og loggført. Dette er et grovt mål som kan være vanskelig når mange fisk er samlet oppunder kuppelen, men er en indikator for om kuppelen nyttes eller ikke.
- Overflateaktivitet når fisken gis full tilgang på overflate ble registrert i de påfølgende timene samt dagen etterpå. Denne observasjonen begrenses dersom merden kun delvis er oppe eller senkes ned igjen i løpet av kort tid.

Hvis avvikende adferd observeres, skulle fiskehelsepersonell varsles og de skulle foreta en vurdering av velferd.

4.3.3 Resultater

Prosjektperioden har gitt oss mange svar, både med tanke på praktisk oppfølging, drift av fisk i nedsenket enhet og det fiskevelferdsmessige perspektivet. Dette er verdifull informasjon som vi er avhengige av for å kunne videreutvikle konseptet.



Før første senkning av merd med fisk i ble det utarbeidet og gjennomgått risikovurdering av arbeidsoperasjonen med tanke på ivaretagelse av fiskevelferden. Underveis ble fiskeadferden nøye overvåket gjennom oppfølging på kameraer.

Atlantis 1

Før senking av Atlantis 1 holdt hovedandelen av fisken seg dypt, på ca. 26 meter. Fisken holdt seg på dette dypet frem til øvre del av merden nådde denne dybden under senking. Merden var ferdig senket etter 15-20 minutter, og luftkuppelen ble fylt umiddelbart etter senking. I siste del av senkingen samlet mye fisk seg øverst i merden. Fire minutter etter avsluttet senking, spredde fisken seg mer ut og benyttet hele volumet i merden. Svømmehastighet ble målt på to ulike dybder i merden like etter senking. Resultatene fra målingene viste en gjennomsnittlig svømmehastighet på 0,8 FL/s. på 35 meters dyp og 1,3 FL/s. på 50 meters dyp. 40 minutter etter senking viste fisken fin stimadferd, og kort tid etter dette ble det observert fisk som fylte svømmeblæren i luftkuppelen.

Atlantis 2

Fisken sto noe høyere før senking i denne merden enn i Atlantis 1, ca. mellom 9 og 24 meters dybde. Merden var ferdig senket etter 15-20 minutter. Det ble da observert mye fisk øverst i merden. Det ble ikke sett tegn til panikk hos fisken, men den hadde et noe urolig og søkende svømmemønster. Dette vedvarte en periode etter senking. 1,5 time etter senking så fordelingen av fisk noe bedre ut, men det var fremdeles rotete svømmemønster i området under luftkuppelen. Observasjoner gjort morgenen etter viste at fisken da hadde roet seg betraktelig, og viste tegn til stimadferd. Det ble målt svømmehastighet på to ulike dybder i merden etter senking. Resultatene fra målingene viste en gjennomsnittlig svømmehastighet på 0,6 FL/s. på 29 meters dyp og 1,3 FL/s. på 40 meters dyp.

Fôring og appetitt

Etter utsett og senking av Atlantis opplevde fôrerne at respons på fôring og adferd på fisken var lik i Atlantismerdene som i overflatemerdene. En viktig tilbakemelding fra fôrerne er at det tok litt tid for dem å venne seg til oppsettet med kamera og fôringssituasjonen i Atlantis. Selv om vi hadde 9 kamera med godt gjennomtenkte faste plasseringer, er det en stor omstilling for fôrerne å fôre fisk med et slikt oppsett sammenlignet med overflatemerder. I tillegg må vi også erkjenne at opplæringen av fôrerne kunne vært bedre da dette var nye fôrere som ikke hadde fôrt i nedsenkbare merder tidligere. Oppstartsperioden på Otervika var mye preget av tekniske utfordringer med flåte og utfôringssystem som ga noen utslag i utfôring generelt. Oppsummert er tilbakemeldingen fra fôrerne at fisken i Atlantis ikke oppførte seg annerledes under fôring og at de ikke har noen negative erfaringer med fôring av Atlantismerder generelt.

Svømmemønster

Svømmemønster og generell adferd ble sammenlignet mellom Atlantismerdene og kontrollmerdene. Ved rutinemessig helsebesøk, ble fiskens svømmemønster og adferd vurdert av fiskehelsepersonell. Driftsoperatørens erfaring og kunnskap veier også tungt som verktøy for vurdering av normal adferd og velferd. Fisken finner raskt notgang etter senkning. Den normale adferden vedvarer under hele perioden merden er senket ned, og fiskens svømmemønster avviker ikke fra konvensjonell drift. Fisken ser ut til å tåle heving og senking av merden godt, så lenge fiskens generelle helse er god.



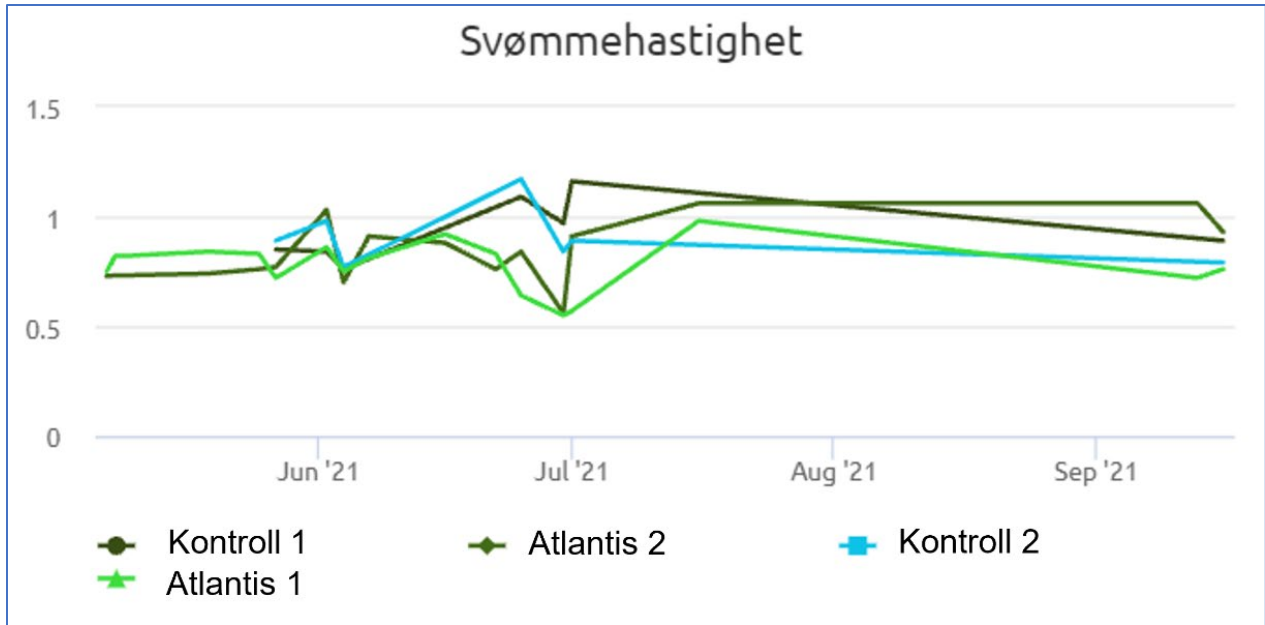
Svømmeblærefylling og bruk av luftkuppel

I motsetning til ved tidligere utsett (hvor kameraplassering var annerledes og personellets erfaring med observasjon var begrenset), ble det nå umiddelbart observert fisk som tydelig fylte svømmeblære i kuppelen. Dette ble observert gjennom hele testperioden. Under og etter heving av Atlantis 2 den 26/8 ble det observert små til mellomstore bobler ved hjelp av undervannskamera og i overflaten, og det ble i tillegg observert fisk som slapp luft under hevingen. Lignende, men i noe mindre grad, ble observert ved heving av Atlantis 1. Dette tyder på at fisken klarer å benytte seg av luftkuppelen til fylling av svømmeblære i nedsenket posisjon.

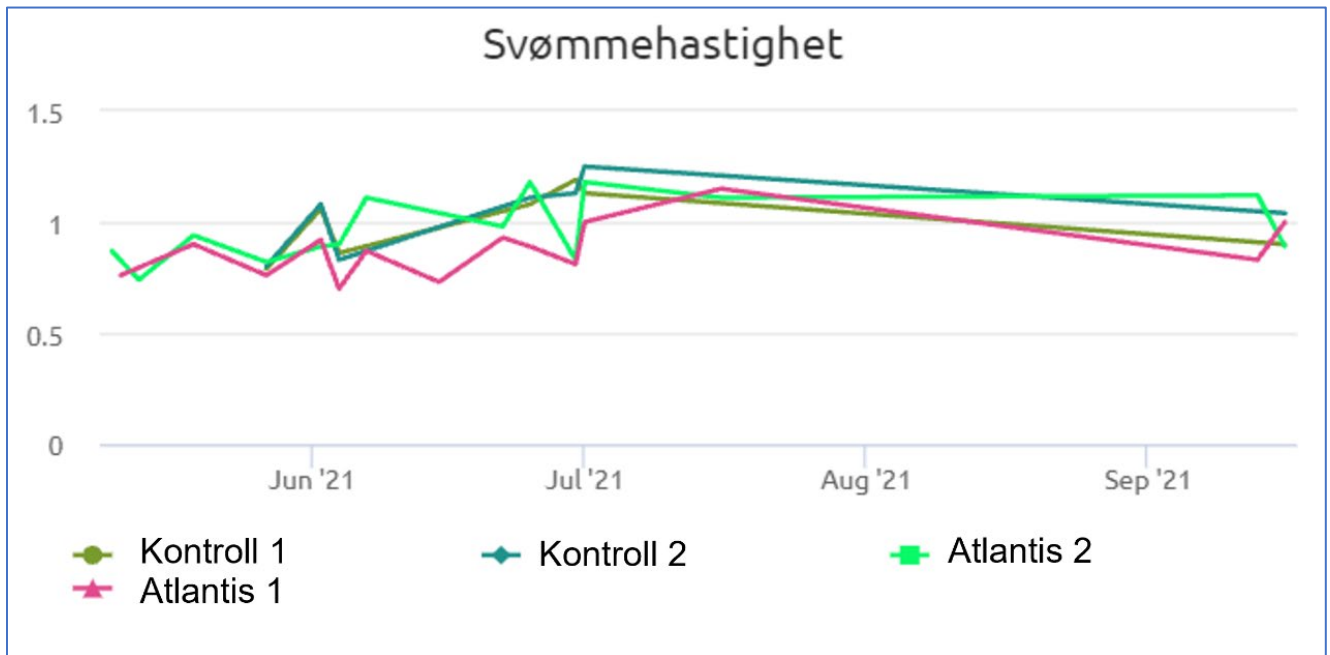
Rett etter senking ble det i flere tilfeller observert fisk med unormal tiltvinkel, med hodet vinklet oppover. Etter noe tid i nedsenket posisjon ble tiltvinkelen vurdert til å være normal, og det ble ikke observert fisk med unormal tiltvinkel. Dette tyder på at fisken har brukt luftkuppelen til fylling av svømmeblære. Tiltvinkelen ble ellers under perioden vurdert til å være normal.

Fiskens svømmehastighet ble målt jevnlig gjennom produksjonssyklusen. Ved hver registrering ble det målt svømmehastighet ved to forskjellige dybder i hver merd, øverst (Figur 14) og nederst (Figur 15) i merden. Figurene 14 og 15 viser ingen vesentlig forskjell mellom kontrollmerdene og Atlantismerdene, og svømmehastighetene ligger innenfor 0,5-1,5 fiskelengder per sekund. Som ved tidligere utsett, ser en at det er en tendens til at fisken som går høyest i vannsøylen har noe lavere svømmehastighet enn fisken som går dypere. Dette er som forventet da luften i svømmeblæren er mer komprimert i dypet og vil gi mindre oppdrift sammenlignet med øverst i vannsøylen.

Svømmehastighetene som er målt ligger godt innenfor det som ansees som normalt, og beviser at fisken klarer å bruke luftkuppelen til å fylle svømmeblæren. Under tidligere utsett har det blitt gitt en sterk indikasjon på at fisken håndterer tilværelsen i den nedsenka merden godt, og i dette utsettet har dette blitt bevist igjen.



Figur 14 Svømmehastighetsmålinger målt som fiskelengde per sekund fra fisk øverst i merdene Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2. X-akse viser måneder og y-akse viser gjennomsnittlig hastighet ved målingen, målt som fiskelengde per sekund.

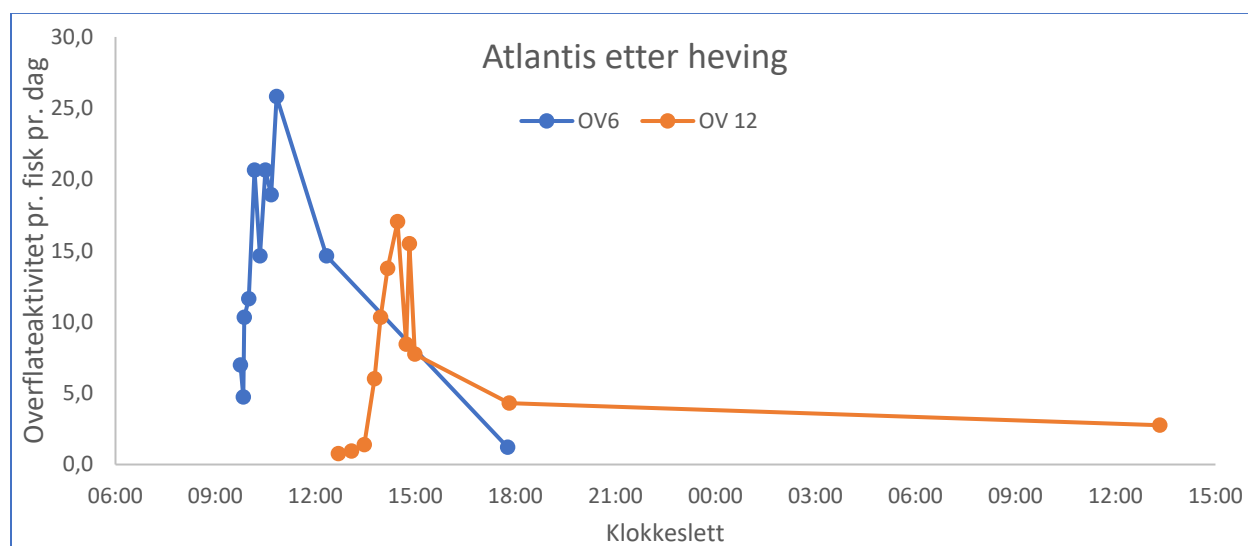


Figur 15 Svømmehastighetsmålinger målt som fiskelengde per sekund fra fisk nederst i merdene Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2. X-akse viser måneder og y-akse viser gjennomsnittlig hastighet ved målingen, målt som fiskelengde per sekund.

Overflateaktivitet i hevet posisjon

Ca. 100 fisk i minuttet er observert søkende mot overflaten når merden står i hevet posisjon med taket på. Dette er observert hver gang merdene har blitt hevet, bortsett fra ved siste heving av Atlantis 2, 26/8, der det var mye groe på taket. Groen på nottaket kan ha gjort det tyngre, noe som kan ha ført til at taket ligger dypere i sjøen og hindret fisken i å se overflatespeilet og kan forklare hvorfor en ikke så den samme overflatesøkende adferden ved hevingen denne hevingen.

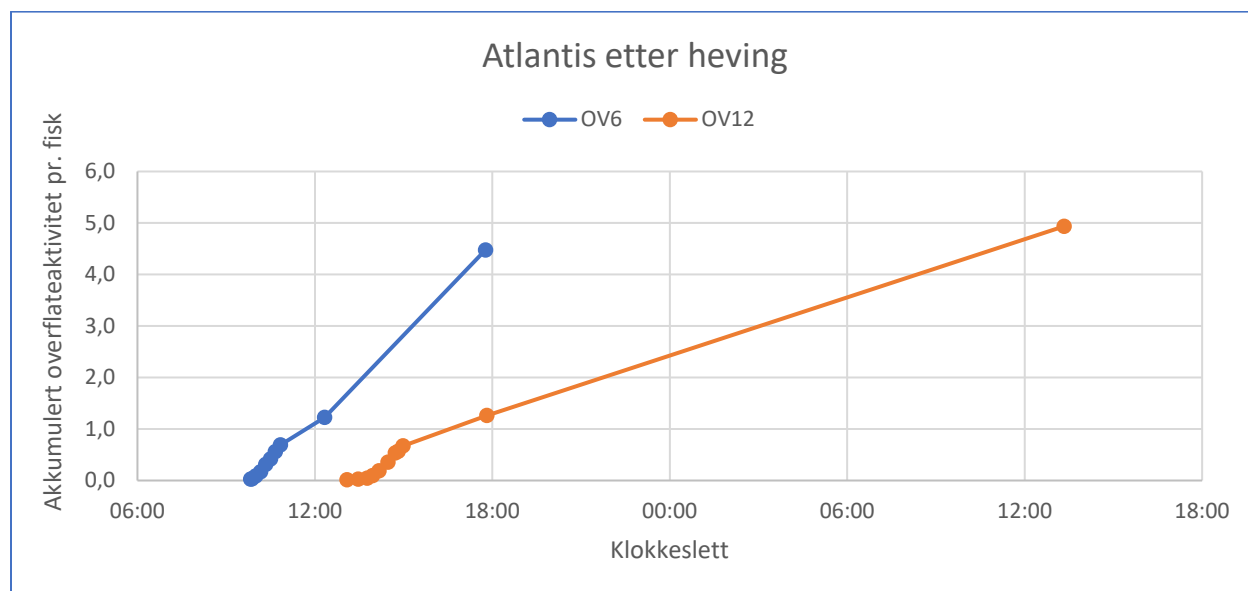
I forbindelse med avlusning ble merdene hevet, og nottaket med kuppel ble fjernet. Etter hvert som vannoverflaten ble tilgjengelig for fisken økte overflateaktiviteten i merdene. Registreringene av overflateaktivitet etter heving er fremstilt i Figur 16. Figuren viser at det er stor overflateaktivitet de første timene etter heving og fjerning av nottak, men at aktiviteten avtar etter ca. tre timer og stabiliserer seg på mer normalt nivå.



Figur 16 Viser målt overflateaktivitet i timene etter heving av merd og fjerning av tak for de to Atlantismerdene på lokaliteten.

Figur 17 viser akkumulert overflateaktivitet etter heving av Atlantismerdene. Ca. tre timer etter heving har i gjennomsnitt alle fiskene vært oppe og fylt svømmeblære en gang, noe som tyder på at fisken må

etterfylle svømmeblære. At fisken må etterfylle svømmeblære etter heving blir også støttet av observasjonen av luftbobler og fisk som slipper luft under heving.



Figur 17 Akkumulert overflateaktivitet de første timene etter heving av Atlantismerdene.

Denne adferden av økt overflateaktivitet er også observert i forbindelse med fjerning av nottak i tidligere utsett. Når nottaket tas av eller det blir laget en åpning til uttakslokke, får fisken tilgang til overflatespeil og mulighet til å fylle svømmeblære andre steder enn i luftkuppel. Overflateaktiviteten øker umiddelbart og vedvarer over en lengre periode (opptil flere timer) før den avtar og fisken gjenviner normal overflateadferd. Under rapportering fra tidligere utsett ved Gjerdinga og Skrubbholmen, ble det pekt på en del mulige årsaker til denne adferdsendringen:

- At mye fisk tømmer svømmeblære på vei opp og må etterfylle/justere
- At fisken har et behov for å etterfylle, da den ikke har fått fylt svømmeblære tilstrekkelig i nedsenket posisjon
- At fisken er «lykkelig» for endelig å ha en full overflate å boltre seg i
- At fisken opplever en endring i miljøet

Vi har under dette utsettet fått sterke indikasjoner på at årsak nummer en på listen kan stemme. Vi har sterke indikasjoner på at fisken tømmer svømmeblære i forbindelse med heving, da det er blitt observert luftbobler i overflaten, i tillegg til at det på kamera har blitt observert fisk som slipper luft. Dette fører til at fisk som har sluppet luft under heving, må etterfylle svømmeblære når den kommer i hevet posisjon. Litteraturen beskriver ikke om laksen klarer å gjøre kontrollert tømning av svømmeblæren slik at den justerer seg inn til et nytt ønsket volum for oppdriftskontroll når den går fra store dyp (35m +) til grunnere områder. Vi vet at den klarer å justere inn oppdriftskontroll ved å etterfylle blæren en eller flere ganger. Det er sannsynlig at tømning skjer mer ukontrollert og etterjustering må utføres gjennom fylling.



Årsak nummer to på listen har vi under dette utsettet fått motbevist. Vi har gode observasjoner av fisk som bruker luftkuppelen til å fylle svømmeblære i nedsenket posisjon. I tillegg har svømmehastighet og tiltvinkel vært normal og har ikke endret seg vesentlig selv om fisken har stått i nedsenket posisjon lenge. Dette indikerer at fisken får fylt svømmeblære i nedsenket tilstand, og ikke trenger å etterfylle på grunn av manglende luft i blæren.

En kan ikke utelukke at de to siste punktene på listen ikke stemmer, og trekker derfor frem disse punktene som mulige årsaker til forøkt overflateaktivitet etter heving, som bør utredes videre ved fremtidige utsett:

- At mye fisk tømmer svømmeblære på vei opp og må etterfylle/justere
- At fisken er «lykkelig» for endelig å ha en full overflate å boltre seg i
- At fisken opplever en endring i miljøet



4.4 Lakselus

4.4.1 Formål

Formålet med telling av lus er å både dokumentere effekten av nedsenking og holde kontroll over utviklingen av lakselus i Atlantis merdene slik at adekvat behandling kan starte hvis man overskrider de lovpålagte grensene i henhold til Akvakulturforskriften. En av hypotesene i prosjektet er at det vil bli mindre påslag av lus i nedsenkede merder, og denne dokumentasjonen er derfor viktig for prosjektet. Lusetellingene vil bli vurdert opp imot lusetellinger i de andre merdene i anlegget, hovedsakelig de utvalgte kontrollmerdene.

4.4.2 Registreringer

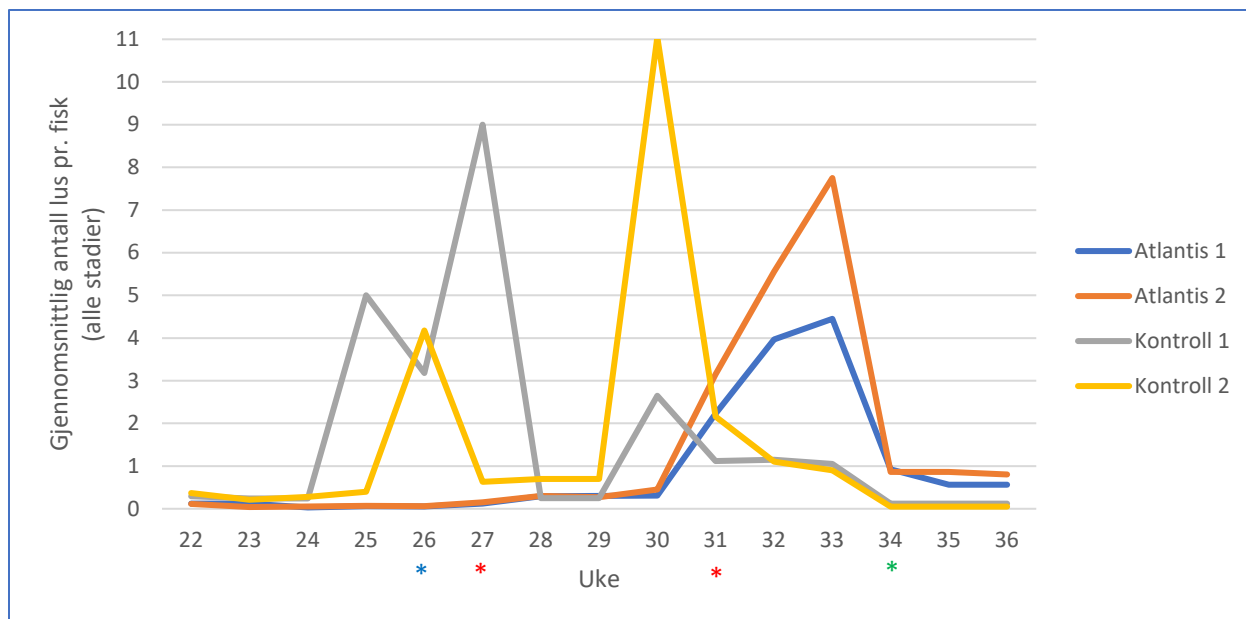
Det ble søkt om å få benytte automatisk lusetelling ved hjelp av Aquabyte kamera og tilhørende AI teknologi og søknaden ble innvilget. Lusetallene ble overvåket og gjennomgått ukentlig og meldt til Mattilsynet etter anleggets interne prosedyrer. Fra AI systemet registreres lusen i gruppene bevegelig og kjønnsmodne hunnlus.

Følgende lusetellingsprogram ble gjennomført i tillegg:

- Ved utsett i Atlantis merdene: På 20 fisk ble det gjennomført vitenskapelig lusetelling (alle stadier) og disse ble velferdscoret (SWIM pluss). De 20 fiskene ble avlivet for å sikre høy presisjon på telling. I tillegg ble det gjennomført vanlig lusetelling etter anleggets interne prosedyrer (registrering av fast, bevegelig og kjønnsmoden hunnlus) på minst 30 fisk. Antallet fisk som ble telt sikrer et godt datagrunnlag.
- 20 fisk ble telt med vitenskapelig metode ved avlusing i uke 34 og ved slakting, i tillegg ble det telt lus på minst 30 fisk etter anleggets interne prosedyrer (registrering av fastsittende, bevegelig og kjønnsmodne hunnlus).

4.4.3 Resultater

Luseutviklingen i de fire merdene er presentert i Figur 18. Lusetallene fra utsett var lave i alle merdene frem til uke 25. I uke 25-26 ble det i kontrollmerdene observert et lusepåslag av fastsittende lus som førte til at kontrollfiskene måtte avluses i uke 27. Dette lusepåslaget ble ikke sett i de to Atlantismerdene, som hadde <0,05 bevegelige og <0,05 kjønnsmodne hunnlus per fisk. Det ble sett en liten økning i antall bevegelige lus i Atlantismerdene i uke 28 (hhv. 0,24 og 0,26 bevegelige lus i Atlantis 1 og Atlantis 2), men dette avtok allerede neste uke. Etter avlusningen av kontrollmerdene var lusetallene i merdene lave frem til de igjen begynte å øke i uke 29-30, noe som førte til at de måtte avluses igjen i uke 31. Atlantismerdene hadde ikke noe økning i lusemengde tilsvarende kontrollmerdene i uke 30, men uken etter den nye avlusningen i kontrollmerdene økte mengden lus av bevegelige stadier i Atlantismerdene. Dette førte til at begge Atlantismerdene måtte tas opp og avluses i uke 34.



Figur 18 Lusetall talt med Aquabyte kamera i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 fra uke 22 til 36. Lusetallene er gitt som gjennomsnittlig antall lus pr. fisk pr. uke, alle lusestadier sammenlagt. Blå stjerne markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice-kur, røde stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og grønn stjerne markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling.

Lusetallene ved de tre forskjellige tidspunktene for vitenskapelig lusetelling er oppsummert i tabellene 3, 4, 5 og 6, og følger utviklingen i Figur 18. Ved oppstart/flytting fra Oksbåsen til Otervika ble det registrert svært lite lus i alle de fire merdene (<0,05 lus per fisk). Før avlusning i uke 34 var lusetallene i Atlantismerdene høyere enn i kontrollmerdene, og det ble nesten utelukkende funnet lus av adulte stadier (hanner og hunner) i Atlantismerdene. Atlantismerdene hadde på dette tidspunktet ikke blitt avluset, men det hadde begge kontrollmerdene ved tidligere anledninger. Etter avlusningen ble fisken i Atlantis 2 stående i overflaten, mens fisken i Atlantis 1 ble senket igjen. Ved slakteføring, ble det registrert 0 fastsittende, 0,15 bevegelige og 0,1 kjønnsmodne hunnlus i Atlantis 1, i Atlantis 2 ble det registrert 0,2 fastsittende, 1 bevegelig og 0,4 kjønnsmodne hunnlus og i kontroll 1 ble det registrert 0,9 fastsittende, 1,3 bevegelige og 0,05 kjønnsmodne hunnlus. Det ble ikke telt lus på fisk fra kontroll 2, da fiskehelsebiolog anså det som uforsvarlig da fisken var for svak etter trenging. Ved slakt ble det altså registrert mer lus i Atlantis 2 enn i Atlantis 1. Dette kan trolig forklares ved at Atlantis 2 ble stående i overflaten etter avlusningen, mens Atlantis 1 ble senket igjen, og dermed har unngått et nytt lusepåslag.

Tabell 3 Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra Atlantis 1. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.

Atlantis 1	Fastsittende			Bevegelige				Kjønnsmodne	
	Copepoditt	Chalimus I	Chalimus II	Preadult I	Preadult II hann	Preadult II hunn	Adult hann	Adult hunn	Adult hunn m/eggstrenger
Oppstart	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0
Før avlusning	0	0	0	0	0,21	0	2,89	1,21	1,00
Ved slakt	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0	0,05	0,05



Tabell 4 Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra Atlantis 2. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.

Atlantis 2	Fastsittende			Bevegelige				Kjønnsmodne	
	Copepoditt	Chalimus I	Chalimus II	Preadult I	Preadult II hann	Preadult II hunn	Adult hann	Adult hunn	Adult hunn m/eggstrenger
Oppstart	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Før avlusning	0	0	0	0	0	0,05	1,40	1,90	1,75
Ved slakt	0	0	0,20	0,14	0,81	0	0	0,24	0,15

Tabell 5 Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra kontroll 1. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.

Kontroll 1	Fastsittende			Bevegelige				Kjønnsmodne	
	Copepoditt	Chalimus I	Chalimus II	Preadult I	Preadult II hann	Preadult II hunn	Adult hann	Adult hunn	Adult hunn m/eggstrenger
Oppstart	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Før avlusning	0	0	0,05	0	0	0	0,25	0,25	0,30
Ved slakt	0	0,20	0,67	0,29	1,00	0	0	0,05	0

Tabell 6 Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra kontroll 2. Fra oppstart 24/4 og før avlusning 26/8, fordelt på alle stadier.

Kontroll 2	Fastsittende			Bevegelige				Kjønnsmodne	
	Copepoditt	Chalimus I	Chalimus II	Preadult I	Preadult II hann	Preadult II hunn	Adult hann	Adult hunn	Adult hunn m/eggstrenger
Oppstart	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Før avlusning	0	0,10	0,05	0	0,05	0,10	0,40	0	0,50

Lusepåslaget som traff overflatemerdene i uke 29-30 ble ikke observert i Atlantismerdene før det ble igangsatt avlusning av kontrollmerdene i overflaten. Under manuell vitenskapelig lusetelling før avlusningen av Atlantismerdene i uke 34, ble det nesten utelukkende funnet lus av bevegelige (flest voksne hanner) og kjønnsmodne stadier (Tabell 4 og 5), noe som kan indikere at det ikke har vært nysmitte av lakseluslarver i Atlantismerdene i perioden før avlusningen. Aquabyte tellinger i Atlantismerdene fra uke 33 registrerte flere bevegelige lus (preadult I, II og adulte hanner) og færre kjønnsmodne hunnlus enn det manuell telling med anleggets interne prosedyrer i uke 34 gjorde (Tabell 7). Dersom man legger sammen bevegelige og kjønnsmodne hunnlus, ser man at summen av lus er relativt lik de to ukene.

Tabell 7 Sammenligning av automatiske lusetellinger gjort med Aquabytekamera i uke 33, og manuelle tellinger gjort i uke 34, for Atlantis 1 og Atlantis 2, fordelt på fastsittende, bevegelige og kjønnsmodne hunnlus, samt summen av kjønnsmodne hunnlus og bevegelige.

	Uke	Tellemetode	Fastsittende	Bevegelig	Kjønnsmodne hunnlus	Totalt (Kjønnsmodne + bevegelige)
Atlantis 1	33	Aquabyte	-	3,62	0,83	4,45
	34	Manuell telling	0	1,91	2,23	4,14
Atlantis 2	33	Aquabyte	-	5,76	1,99	7,75
	34	Manuell telling	0,01	2,54	4,33	6,87



En mulig forklaring på den ulike fordelingen mellom bevegelige og kjønnsmodne hunnlus mellom uke 33 og 34, er at den bevegelige lusen som ble sett i uke 33 har blitt kjønnsmoden innen den manuelle tellingen i uke 34. Det ble sett et betydelig påslag av fastsittende lus i overflatemerdene ved lusetelling av overflatemerdene i uke 30 (26/7), hvilket betyr at lusepåslaget har kommet i dagene før dette. Ved påslag mellom 23/7 og 26/7 og en gjennomsnittstemperatur på 11°C vil, i henhold til lusetabell i Sjømat Norges *Tiltaksveileder kontroll med lakselus og skottelus*³, ca. 80 % av lusen som var bevegelig på Aquabytetellingen i uke 33 ha rukket å bli kjønnsmoden innen den manuelle lusetellingen 26/8. Siden påslaget som traff overflatemerdene i uke 29-30 ikke ble observert i Atlantis før det ble igangsatt avlusning i kontrollmerdene, antas det at lusen fra overflatemerdene kan ha blitt overført til Atlantismerdene gjennom vannmassene internt på lokaliteten. Det er kjent at lus som faller av verten overlever i flere dager, kanskje uker. Det er usikkert om bevegelige lus aktivt holder seg oppe i vannmassene eller synker ned, men det er sannsynlig med en kombinasjon. Lus som faller av etter at laksen er kommet tilbake i merden etter behandling vil sannsynlig synke mer enn en ubehandlet lus. Uansett er det en mulighet for at lus som faller av kontrollmerdene driver med strømmen bort til Atlantismerdene og ned på de dyp hvor laksen svømmer i disse merdene. Det er derfor en mulighet at lusen som plutselig kom på Atlantismerdene som bevegelige og voksne lus kom fra kontrollmerdene i forbindelse med at disse ble avluset både i uke 27 og 31.

I dette Atlantisutsettet har vi samlet inn et større datagrunnlag, ved at vi har to Atlantismerder og to kontrollmerder til å sammenligne luseutviklingen med. Det kan se ut som at Atlantismerdene unngår de største lusepåslagene, da kontrollmerdene hadde to store lusepåslag før Atlantismerdene fikk ett lusepåslag. I tillegg ble det også antatt at lusen som kom på fisken i Atlantismerdene hadde sin opprinnelse fra kontrollmerdene da de ble registrert i dagene etter at det ble gjennomført avlusning i overflatemerdene på lokaliteten. Lusene var i de bevegelige stadiene, og antas å ha blitt overført gjennom vannmassene internt på lokaliteten. Dette er noe som bør utredes videre. En metode er at en ved fremtidige utsett har alle merdene på lokaliteten i nedsenket posisjon, som dermed ikke kan bli påvirket av lus fra overflatemerder gjennom produksjon av luselarver og internsmitte over dager.

³ Sjømat Norge (2020). *Tiltaksveileder kontroll med lakselus og skottelus*.

4.5 Produksjonsdata

4.5.1 Formål

Formålet var å trekke ut sentrale produksjonsdata og sammenligne disse med produksjonsdata fra de andre merdene i anlegget. Disse vil bli benyttet til tidlig å oppdage eventuelle avvik i Atlantis merdene, og dataene vil også bli benyttet til å dokumentere de nedsenkede merdenes suksess (eller fiasko) som produksjonssystem.

4.5.2 Registreringer

Følgende sentrale målinger og produksjonsdata ble systematisert:

- Biomasse
- Tilvekst
- Dødelighet (for resultater se kap 4.2, side 22)
- Data fra slaktning (superiorandel)

Dette ble registrert i Fishtalk. Vi har sammenlignet de to nedsenkbare merdene (Atlantis 1 og 2) med to overflatemerder i anlegget (Kontroll 1 og 2) når det gjelder en del data, men vi vil understreke at dette ikke er et rent vitenskapelig oppsett da eksempelvis ikke alle fire merdene er av samme stamme eller er fra samme settefiskanlegg. Atlantis har ikke krav på seg å sette opp et vitenskapelig forsøk, men vi velger å likevel vise disse dataene da vi mener det er noe å lære.

4.5.3 Resultater

4.5.3.1 Biomasse og fôrfaktor

Tabell 8 viser biomasse ved utsett og slakt på Otervika. Gjennomsnittsvekt ved utsett og senking var 1725 gram på den ene nedsenkbare merden – Atlantis 1 og 1652 gram på Atlantis 2. Kontrollmerdene 1 og 2 hadde en lavere vekt – henholdsvis 1015 og 1134 gram. Alle fire merdene ble slaktet ut i slutten av august/begynnelsen av september og Tabell Biomasse ved utsett og slakt viser gjennomsnittlig biomasse på fisken i de ulike merdene. Antall fisk i de fire merdene var nokså likt og varierte fra 169 000 til 179 000 stk.

Tabell 8 Biomasse ved utsett på Otervika og ved slakt basert på tall fra Fishtalk

	Stamme	Utsett på Otervika			Slaktning		
		Antall fisk	Gjennomsnittsvikt gram	Biomasse kg	Antall slaktet fisk inkl vrak	Brutto gjennomsnittsvikt slaktet, inkl. vrak gram	Brutto biomasse slaktet, inkl. vrak kg
Atlantis 1	Stamme 1	172 224	1 725	297 148	142 390	3 930	559 529
Atlantis 2	Stamme 2	169 602	1 652	280 206	163 479	4 351	711 364
Kontroll 1	Stamme 2	178 586	1 015	181 272	173 599	3 946	684 938
Kontroll 2	Stamme 2	177 444	1 134	201 212	172 571	3 939	679 799



Tabell 9 viser tall for dødelighet, biologisk og økonomisk førfaktor og superiorandel for de ulike gruppene fra utsett på Oksbåsen i august 2020 til utslakting fra Otervika i september/oktober 2021. Tallene er basert på samme gjennomsnittstemperatur for Atlantis merdene og kontrollmerdene, det vil si en gjennomsnittstemperatur på 9,49,7 grader C.

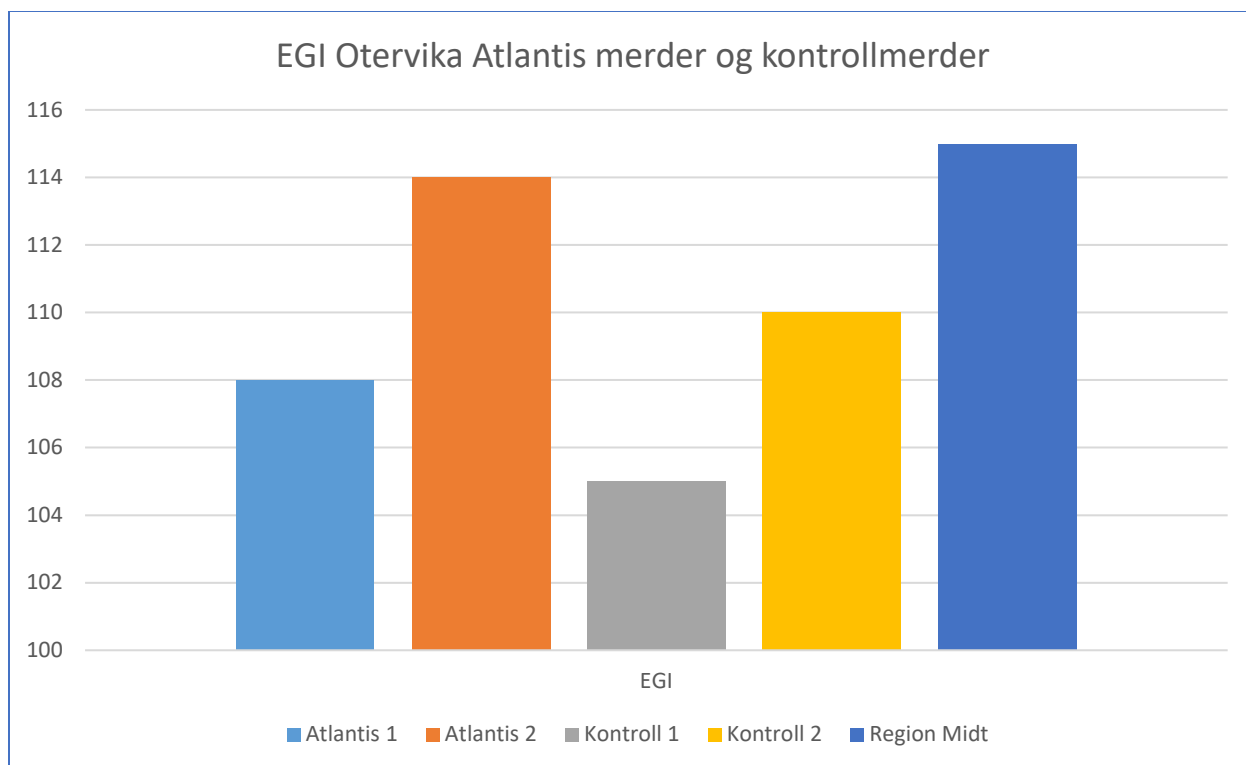
Tabell 9 Dødelighet, biologisk og økonomisk førfaktor og superiorandel for de ulike gruppene fra utsett i sjø på Oksbåsen til slakt

	Akkumulert dødelighet i %	Biologisk førfaktor	Økonomisk førfaktor	Superiorandel i %
Atlantis 1	0,18	1,37	1,16	89,80
Atlantis 2	0,05	1,22	1,19	97,30
Kontroll 1	0,04	1,11	1,10	93,30
Kontroll 2	0,04	1,16	1,14	96,20

Atlantis 1 som fikk forhøyet dødelighet mot slutten av utsett på grunn av ILA skiller seg ut med en forhøyet biologisk førfaktor, og også Atlantis 1 ligger litt over kontrollmerdene (se kap 4.2.3). Når det gjelder økonomisk førfaktor ligger også Atlantis merdene litt over kontrollmerdene.

Hvis vi tar hensyn til at fisken har hatt ulik temperatur i dypet – det vil si i gjennomsnitt 2,5-3,0 grader C forskjell fra 10 meter til 40-50 meter vil bildet se annerledes ut. EGI⁴ er et uttrykk for hvor raskt fisken vokser og modellen nøytraliserer effekten av fiskestørrelse, temperatur, geografi, utsett-tidspunkt og slaktestørrelse. Vi har valgt å sammenligne EGI for Atlantis merdene og kontrollmerdene fra utsett i sjø og til slakt. Figur 19 viser at Atlantis 1 har en EGI på 108, Atlantis 2 på 114, mens kontrollmerdene har en EGI på henholdsvis 105 og 110 (Kontroll 1 og 2). En normal EGI i Region Midt er i henhold til EWOS ca 115. Alle merdene presterer altså litt under gjennomsnitt for regionen, men Atlantismerdene skiller seg ikke vesentlig fra kontrollmerdene når det gjelder tilvekst.

⁴ EGI (EWOS GROWTH INDEX) er EWOS sitt tilvekstbegrep.



Figur 19 EGI i Atlantis merder, kontrollmerder og gjennomsnitt for region Midt justert for riktig temperatur der fisken oppholder seg. EGI er her beregnet fra utsett på Otervika og fram til slakt (kilde: EWOS)

En viktig lærdom fra Atlantis er derfor at man bør justere temperatur profilen i tilvekstmodellene som benyttes til å beregne tilvekst slik at tilvekst og fôring vurderes opp mot en riktig prognose.

Om vinteren vil temperaturen i dypet være høyere enn i overflaten, noe som også tilvekst modellene må reflektere.

4.5.3.2 Slaktedata

Slaktedata viser at superiorandelen var 89,80 for Atlantis 1 som skilte seg noe ut fra de tre andre merdene og som skyldes ILA utbruddet helt mot slutten av produksjonsperioden (Tabell 9). Atlantis 2 hadde den beste superiorandelen på 97,30, mens Kontroll 1 hadde 93,30 % og Kontroll 2 96,20 %. Vanligvis oppnås det en superiorandel på 95 %



5 Rapportering av teknologiske parametere

5.1 Luftkuppel

5.1.1 Formål

Daglig observasjon av luft i kuppel ved hjelp av kamera er gjennomført da dette gir en indikasjon om størrelsen på luftlommen i luftkuppelen, og om fisken bruker kuppelen. Luftkuppelen ble etterfylt ved behov.

5.1.2 Registreringer

Stabilitet og posisjon av kuppel ble målt ved hjelp av dybdemålere på kuppel og flyter. Det ble montert fire dybdemålere på kuppel og åtte dybdemålere på merdring. De fire dybdemålerne på kuppelen gir grunnlag for å estimere krengevinkel (roll og pitch). Hypotesen er at krengevinkelen er stabil og konstant i nedsenket posisjon. Dette vil bli verifisert ved å følge med på målinger. Det vil bli gjort måleserier ved forskjellige værforhold for å få inntrykk av dynamikk i systemet.

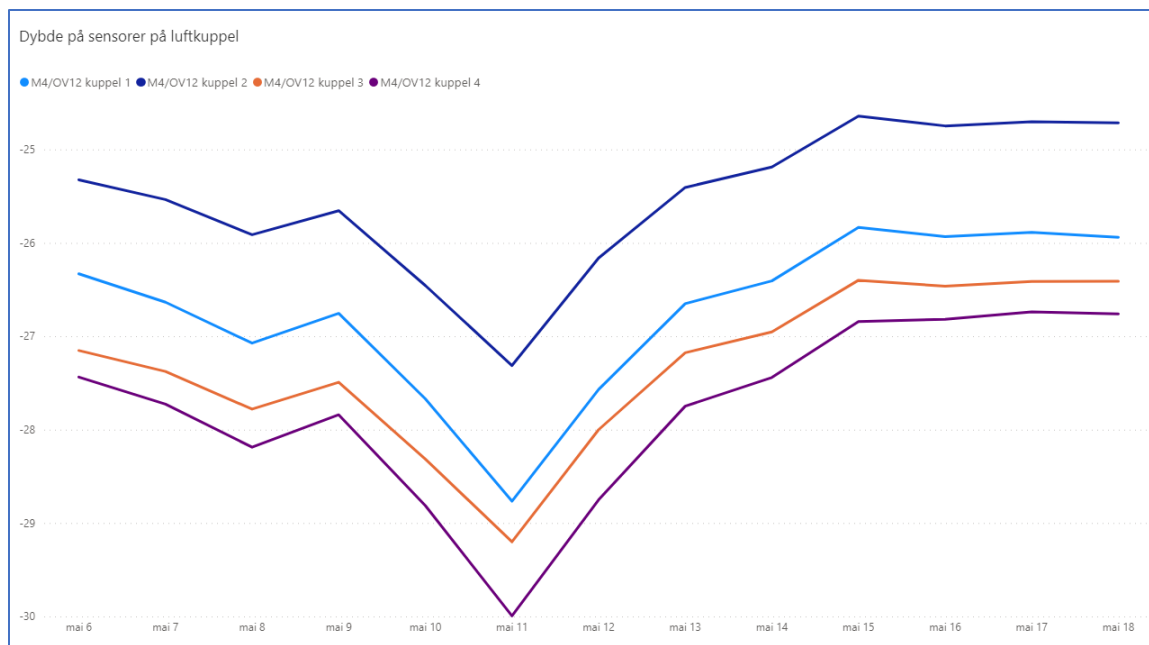
5.1.3 Resultater

Kuppelen legger seg raskt til ro etter senking og oppfører seg på samme måte som tidligere versjon av kuppelen brukt på Gjerdinga og Skrubbholmen. Det vil si at den er lite påvirket av tidevann og den ligger stabilt i samme posisjon.

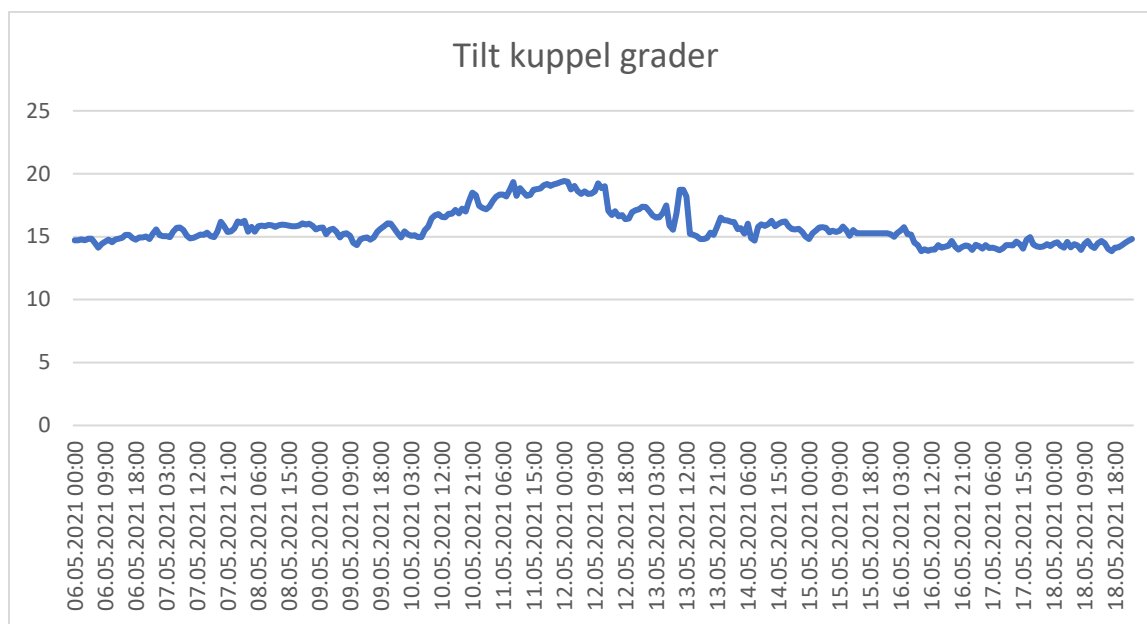
Målinger fra dybdesensorer på luftkuppelen viser at krengningsvinkelen på luftkuppelen er også nokså stabil over tid. Figur 20 viser målinger fra en periode i mai. På en av dagene synker kuppelen en del og den har da mistet noe luft som deretter etterfylles. Krengevinkelen endrer seg ikke.

Selve luftlommen hadde en oval form med en diameter på pluss/minus fire meter, og vi oppnådde dermed en større luftlomme enn ved den forrige versjonen av kuppelen der luftlommen var på ca 3 meter i diameter. Høyden på luftlommen var større enn ved den forrige versjonen av luftkuppelen.

Vi kontrollerte og etterfylte luftkuppelfyllingen ved hjelp av kamera hver dag. Fiskens bruk av kuppelen er beskrevet i kapittel 5.3.3.



Figur 20 Dybdesensorer på luftkuppel



Figur 21 Tilt av luftkuppel 6.-18. mai 2021

Den nye luftkuppelen er svært mye lettere enn den forrige versjonen som var bygd i aluminium. Montering i sjø ble derfor enklere og det krevde mindre kraftig servicebåt enn ved forrige utsett. En annen nyvinning var at vi monterte en glidelås langs hele taket inn mot flyter slik at montering og demontering av hele taket inkludert luftkuppel gikk mye lettere.

Luftkuppelen fungerer som et oppheng for kamera, lys, Aquabyte og annen sensorikk.

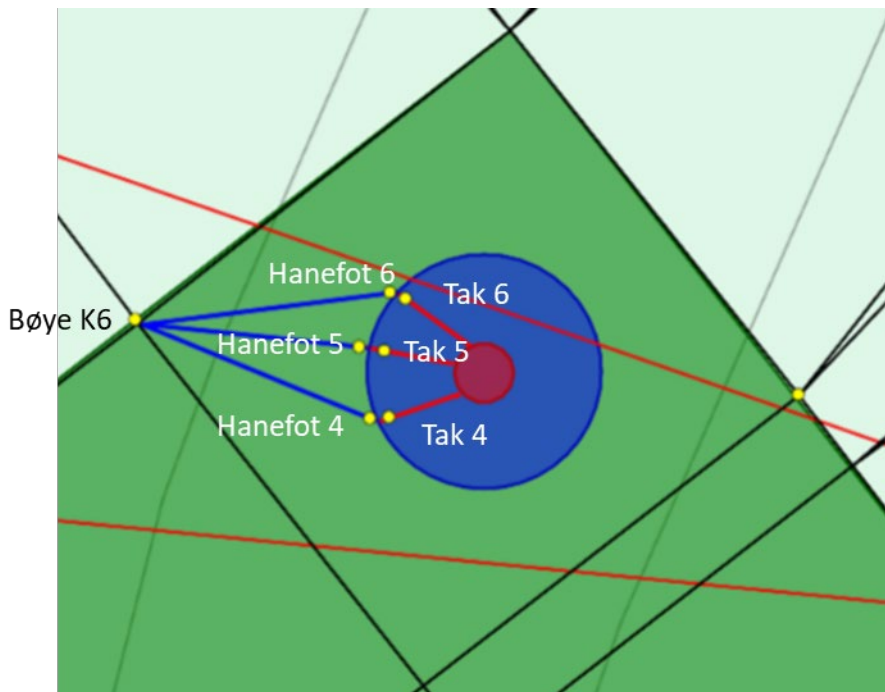
5.2 Lastmålinger i fortøyning og notkonstruksjon

5.2.1 Formål

Hensikten med denne delen av måleprogrammet var å finne ut om de reelle kreftene som påvirker anlegget er innenfor forventede områder i henhold til AquaSim. Måling av krefter i fortøyningssystemet og på flytekrage/not må sees i sammenheng med miljøkreftene som virker på anlegget.

5.2.2 Registreringer

- Måling av krefter i hanefot ved bruk av lastsensorer. Det ble satt sensorer på de 3 haneføttene som i henhold til fremherskende vind og bølgesituasjon ble forventet å få mest belastning.
- Måling av krefter i 3 krysstau i tak som festes i flyter der hvor haneføttene som har lastceller festes inn (Figur 22).
- Lastsensor ble montert mellom koblingsplate og overflatebøye.
- Måling av strøm i hele vannsøylen ved plassering av strømbøye.
- Måling av vind på flåten.

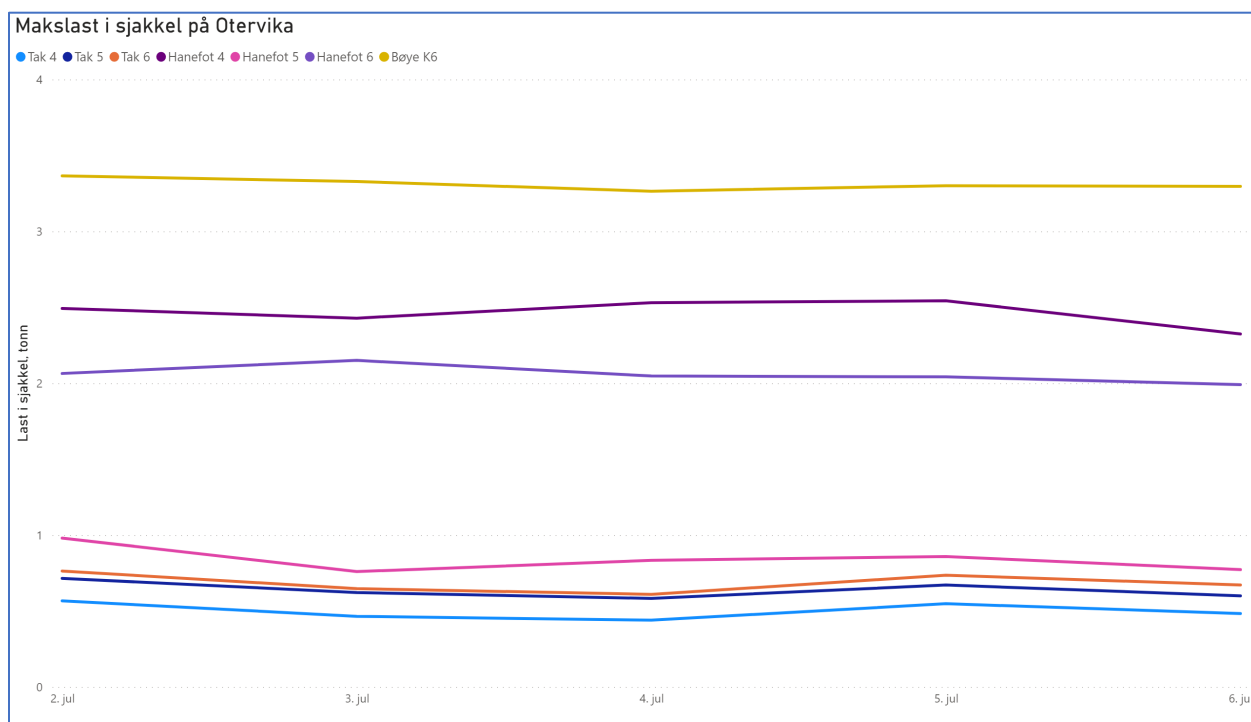


Figur 22 Oppsett for lastsensorer

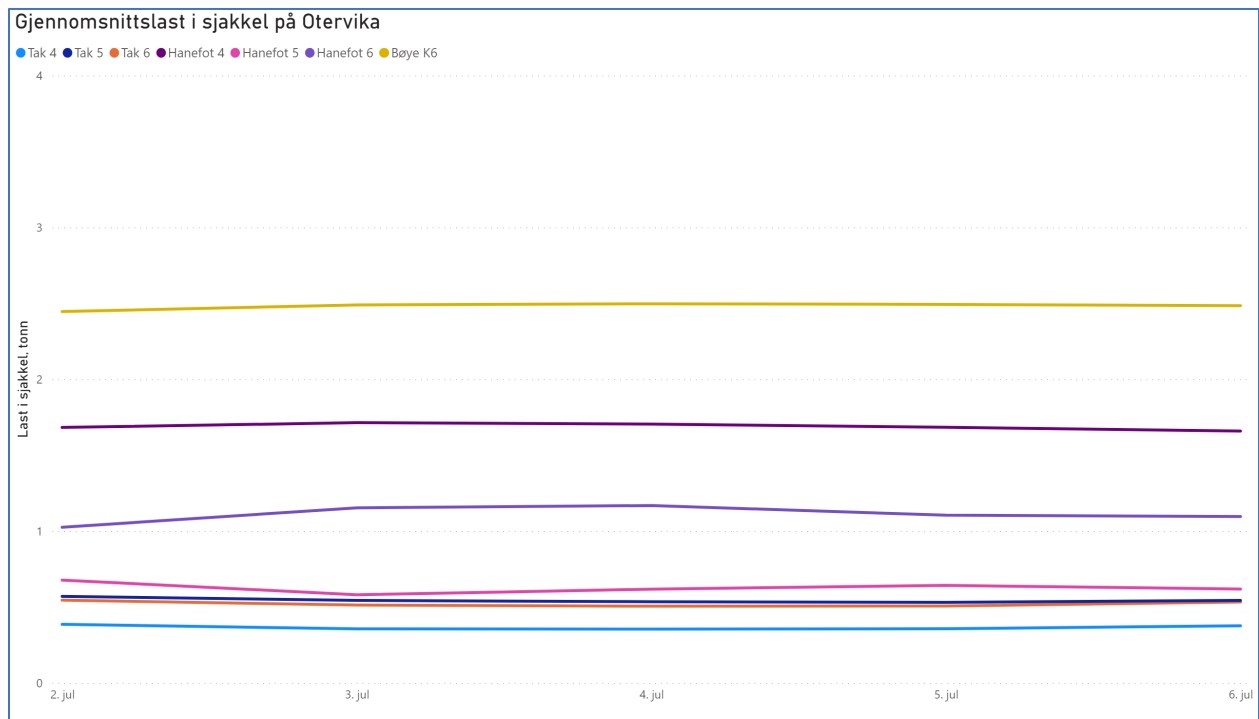
5.2.3 Resultater

Resultatene fra lastmålinger 2-6. juli (Figur 23 og Figur 24) viser at kreftene i systemet på mange måter var de samme som det vi avdekket under utsettet på Skrubbholmen. Kort oppsummert var resultatene som følger:

- Mest krefter registreres i lastsensor mellom bøye og koblingsplate, der registreres det en makslast på ca 3,5 tonn og en gjennomsnittslast på 2,5 tonn.
- Deretter er det mest last i de yttre haneføttene nr 4 og 6, der det registreres en makslast på 2-2,5 tonn og gjennomsnittslaster i intervallet 1,0-1,7 tonn. Midtre hanefot får mindre last og det kan nok skyldes at den er litt slakk.
- Kreftene på målepunktet i innfestingsløkken i taket viste seg alle å ha en makslast på under 1 tonn og en gjennomsnittslast på rundt 0,5 tonn, noe som stemmer godt med målingene vi gjorde på Skrubbholmen.
- Alle målinger ligger godt innenfor de maksverdier funnet ved analyser i AquaSim, noe som er naturlig i og med at målt strøm på konstruksjonen var vesentlig lavere enn dimensjonerende strøm benyttet i analysene i AquaSim.



Figur 23 Makslast målt i sjakler på Otervika 2021 (tonn)



Figur 24 Gjennomsnittslast målt i sjakler på Otervika 2021 (tonn)



5.3 Målinger på flytekragen

5.3.1 Formål

Dybden blir målt på 8 punkter jevnt fordelt rundt merdens flytering. Formålet med dette er at man vil finne ut om den ligger vannrett og i ett plan eller om den krenger. I tillegg er det interessant å følge med på hvordan ringen oppfører seg under heving senking i større detalj enn med bare 4 målepunkter.

5.3.2 Registreringer

Merda ble instrumentert med dybdemålere som måler dybde på åtte punkter jevnt fordelt rundt ringen. Erfaringer fra tidligere utsett i prosjektet tilsier at merda ligger relativt stabilt når fortøyningen er justert inn. Det ble undersøkt om dette er tilfelle også i denne installasjonen der det er fire nedsenkede merder i samme rammefortøyning. Det ble foretatt måleserier ved forskjellige værforhold og måleserier gjennom døgnet for å undersøke effekten av tidevann.

5.3.3 Resultater

Dybdemålerne viste at merdens dybde lå på 32 – 36m og med et maksimalt avvik på ca 3,8m mellom dybde etter at rammefortøyningen var strammet opp og tunet inn. Dette tilsvarer en kregning på ca 4,4 grader og er mer enn ved utsettet på Skrubbholmen. Det antas at årsaken til dette er at nå har man fire nedsenkede merder som er fortøyd i samme ramme hvilket gjør innjustering av ramme vesentlig mer komplisert. Det påpekes at denne kregningen ikke har forårsaket problemer av noe slag. Når en ser bort i fra tidevannsvariasjoner var merdenes posisjonering i vannsøylen meget stabil. Tidevannet gav en overlagret variasjon i dybde med periodetid på 12 timer som forventet, og med amplitude (p-p) ca 2m som er i samme størrelsesorden som Kartverkets oppgitte tidevannforskjell for Rørvik. Alle dybdemålerne på ringen samt de fire på kuppelen beveger seg parallelt som følge av tidevannet.

Heving og senking under produksjonsprosessen gikk uten problemer.

5.4 Utføringssystem

5.4.1 Formål

Hensikten med denne delen av måleprogrammet var å finne ut forbruket av energi i et vannbasert utføringssystem sammenlignet med et system som bruker luft som «bæremedium» for fôret. Det er også viktig å finne ut hvordan fisken oppfatter fôret når det serveres oppbløtt i vann. Røkterens erfaring med den forlengede transporttid er også viktig å registrere.

Det var samme flåten som benyttes på Otervika som ble brukt på Skrubbholmen. Flåten har installert et system for vannbåren fôring og conveyor system for fordeling av fôr mellom lagertanker og utføring.

5.4.2 Registreringer

Registrering som skulle gjøres var følgende:

- Forbruk av energi per time fôringen er i drift. Punktmålinger.
- Mengde fôr per dag.

5.4.3 Resultater

Ved dette utsettet i Otervika er det brukt samme fôrlåte som på Skrubbholmen i forrige utsett, og følgelig samme system for utføring basert på conveyoranlegg for å frakte fôr fra silo til vannsluse og integrert vannfôringsanlegg. Det var nye folk til å operere systemet som hadde en viss dialog med det teamet som opererte anlegget på Skrubbholmen. Midt under utsettet, i ferien, ble plassering av

fôringsfunksjonen flyttet inn på land til en fôringsentral i Rørvik og dette gikk fint uten videre problemer.

Det nye fôringsystemet på flåten som ble benyttet på Skrubbholmen bruker et conveyorsystem (skånsom frakting av fôret i rør med skyveplater) på å frakte fôret fra silo til sluse og et integrert vannfôringsanlegg basert på vanninntak under vannlinjen (man slipper å bruke fødepumpe) samt sluseløsning for å få fôret inn i vannstrømmen. Totalt fører dette til en betydelig energibesparelse sammenlignet med luftfôringsanlegg.

Hastighet på vannet rapporteres til å ha ligget rundt 1,75m/s, litt forskjellig fra linje til linje fordi slangelengdene har vært forskjellige og antall svinger på slangene har vært forskjellig. Effektforbruket har vært rundt 3,9kW på hver pumpe 0,27kW på conveyoren. Dette var relativt konstant over tid og det er ikke observert målbar variasjon på grunn av fôringsraten.

Typisk transporthastighet ved luftfôring er 15-22m/s og ved vannfôring 1,75m/s og det gir en betydelig lenger responstid ved behov for endring i fôrrate ved endring i appetitt og stoppsignal. Det rapporteres at dette går greit for fôrerne å håndtere etter litt tilvenning. Det er heller ikke slik at stoppsignalet på slutten av fôringsdagen er konkret og digitalt, fisken får gradvis mindre appetitt mot slutten av dagen slik at mye av fôret under transport i slangen blir utnyttet. Det er heller ikke ved dette utsettet observert noen forskjell i fôrets attraktivitet etter å ha blitt transportert i vann i 5min.

5.5 Annet

5.5.1 Groe

De nedsenkede merdene med fisk ble ikke vasket fra utsett og til avlusing i slutten av august. De to nedsenkede merdene uten fisk hadde svært lite groe, mens merdene med fisk var en del grodd (Figur 25). Det var særlig hydroider som hadde festet seg, noe som ikke er uventet da hydroidene trives i dypet.



Figur 25 Groe på Atlantis merd



5.5.2 Lift Up og dødfiskflåte

Vi hadde utfordringer med å få Lift Up til å fungere optimalt. Dødfiskslangen går fra Liftup og opp i en gjennomføring i ytterkanten av taket. Hvis denne slangen blir for lang får vi to 90 graders knekker på slangen inne i nota, en når slangen treffer taket og en ute ved flyteringen. Disse knekkene gjør det vanskelig å få en jevn strøm av vann og fisk gjennom slangen, og på bakgrunn av dette er det kritisk å finne rett lengde på dødfiskslange inne i merda. Mellom merd og flytekai er ikke slangelengde like kritisk som inne i merda, men vi ønsker likevel ikke å ha veldig mye slange i overflata når vi kjører Liftup.

I stedet for å pumpe dødfisk inn til flåten som på forrige utsett valgte vi å bygge en liten dødfiskflåte i PE der servicebåten kunne legge inn til og pumpe opp dødfisken. Årsaken var at flåten lå langt fra merdene og vi ønsket å redusere risiko for at noe skulle gå galt. Dødfiskflåten fungerte meget bra.

5.5.3 Kablingssystem inkludert kontrollflasker og ventilbøye

Kablingssystemet ble endret etter utsett på Skrubbholmen for å redusere antall kabler mellom flåte og merdene. I dårlig vær blir kablene utsatt for slitasje og det er også fare for påkjørsel av båt. Økningen fra en til fire merder økte kompleksiteten og samtidig var Otervika betraktelig mer eksponert enn Skrubbholmen og vi forventet mer slitasje på kabler og luftslanger. Designendringene som ble gjort er beskrevet i en egen rapport⁵, men i korte trekk gikk det ut på å innføre en ventilbøye som hadde til oppgave å fordele trykkluft fra kompressor om bord i førflåten til opptil fire nedsenkbare merder. I tillegg fordeler bøyen strøm og signal fra flåte til merdene. Denne løsningen betyr at det kun går en strøm- og fibernettkabel fra ventilbøyen til selve hovedflåten. Vi utviklet også en vanntett metallsylinder på hver merd som inneholder interface-elektronikk for all sensorikk på merden og kommuniserer med PC og AKVAconnect via fiberkabel. Kamera, dybdemålere, for merd og kuppel, lastsjakler, lys og annen sensorikk kobles til kontrollsynderen.

Erfaringene tilsier at utfordringene med mye kabling i sjø ble redusert, men ventilbøyen var til dels vanskelig tilgjengelig i dårlig vær. Luftslangene ble utsatt for slitasje i overgangen fra sjø til ventilbøye. Kontrollflaskene fungerte etter hensikten med unntak av et havari i funksjonstestingsfasen⁶.

⁵ [10 atlantis subsea farming grunnlag for designendringer skrubbholmen 2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

⁶ [11 atlantis subsea farming rapport funksjonstesting før utsett på otervika.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)



6 Konklusjoner og anbefalinger

Hovedkonklusjonen når det gjelder Atlantis nedsenkbar merd er at fiskens adferd og velferd var god, og at fisken lærte seg å bruke luftkuppelen for å fylle svømmeblæren. Produksjonsdata som fôrfaktor, tilvekst, dødelighet og slakteresultat viser normale verdier sammenlignet med en ordinær produksjon, gitt at det justeres for lavere temperatur i dypet. Utbruddet av ILA rett før slakting på den ene nedsenkbare merden har etter all sannsynlighet ingen årsak i at fisken har vært nedsenket, men utbruddet bidro til økt dødelighet og redusert produksjonsresultat på den ene nedsenkbare merden.

Atlantis merdene ble avluset en gang mot at overflatemerdene i anlegget ble avluset fire ganger. Den ene avlusingen har sin årsak i at avlusing av overflatemerdene gir påslag av lus i de nedsenkede merdene.

For å lykkes med å holde fisken fri for lus er det ekstremt viktig å:

- Etterstrebe å sette ut mest mulig lusefri fisk på hele anlegget
- Heve merden minst mulig til overflaten, noe som fordrer bruk av automatisk lusetelling og overvåking av fisk og tekniske løsninger i dypet
- Ha dyp drift på alle merdene på lokaliteten, enten det er snakk om Atlantis, tubenot eller en annen teknologisk løsning
- Teknisk er det fortsatt et rom for forbedringer når det gjelder dødfisksystem, kablingssystem og bøyer.

Vedlegg 1 Oversikt over registreringer

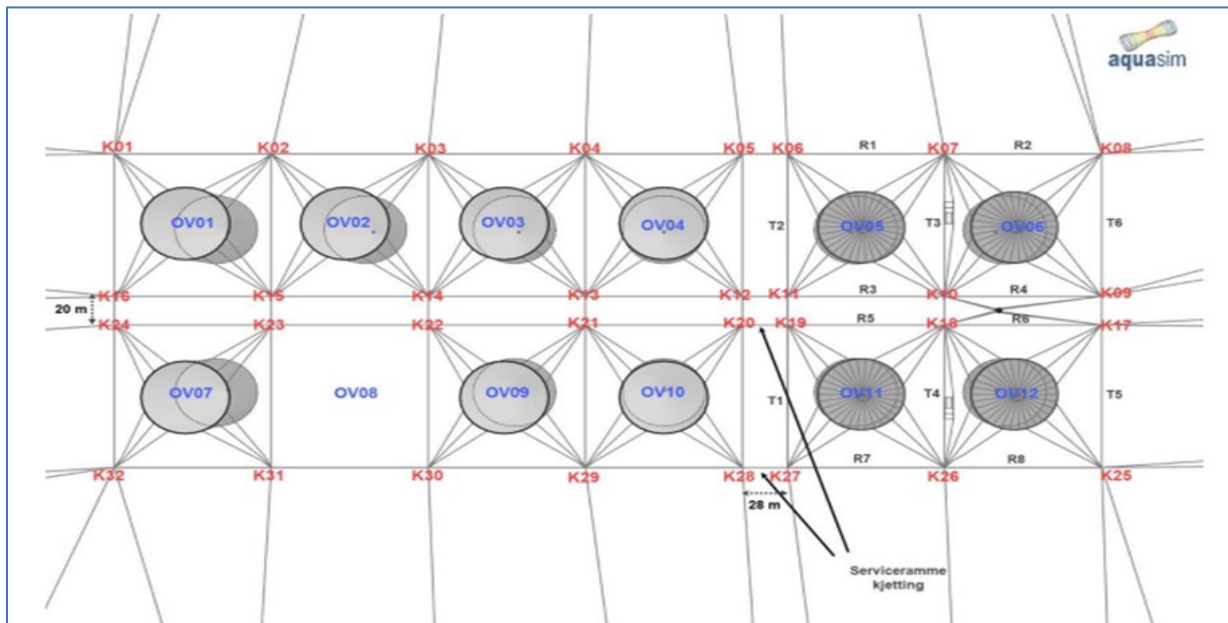
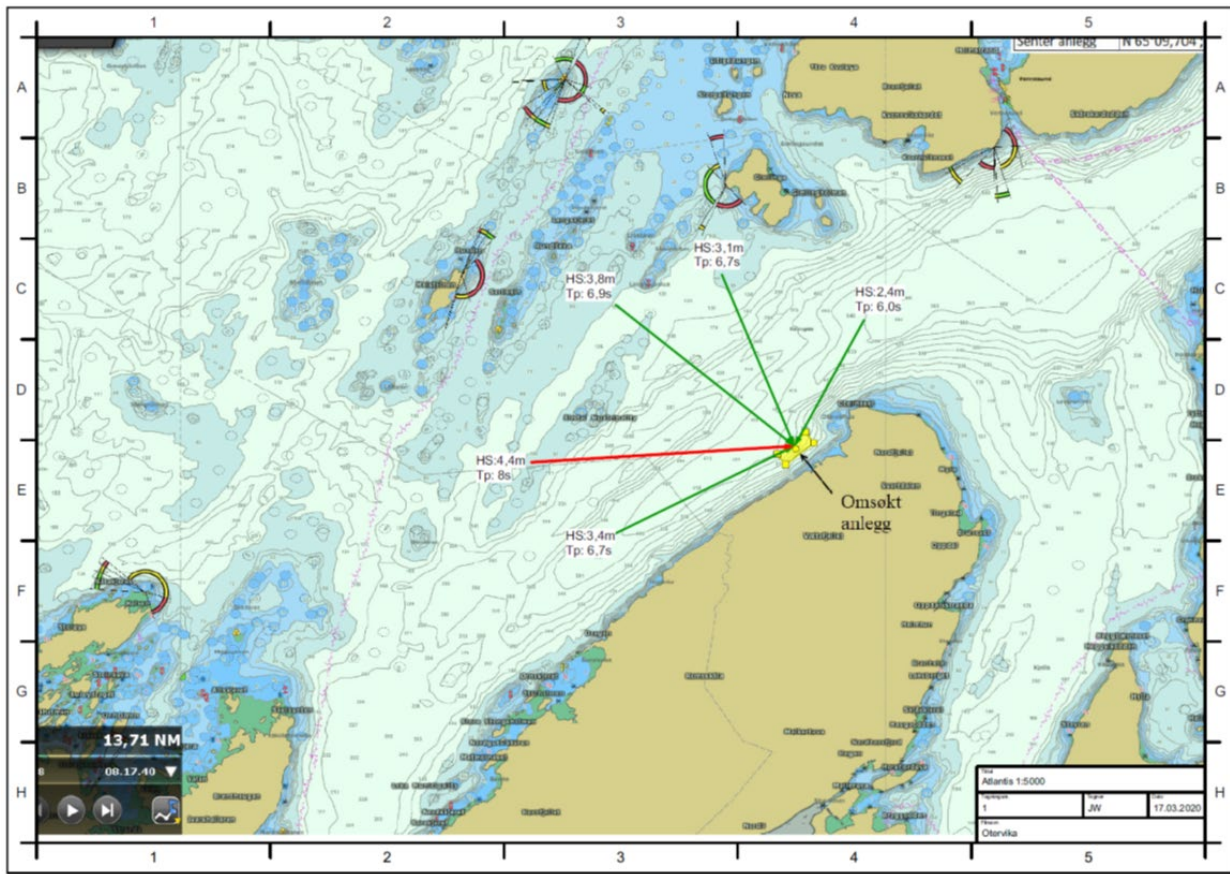
Biologisk måleprogram

Fortløpende registreringer (daglig?)	Ved prøveuttak	Ved utsett og opptak av fisk
Miljø; <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur og saltholdighet dybdeprofil måles med CTD på flåte • Oksygen måles på to dyp i en merd • Vannstrøm ved anlegget • Vind på flåte 	Vitenskapelige lusetellinger	Vitenskapelige lusetellinger
Appetitt vurdering	SWIM vurdering	SWIM vurdering
Utfôret mengde	Vekt	Vekt
Dødelighet		Overflateaktivitet
Svømmehastighet (fiskelengde/ s)		
Overflateaktivitet i kuppel		
Svømmemønster (gruppestruktur)		
Tiltvinkel		
Svømmedyp		
Registrering av lus ved hjelp av Aquabyte		

Teknologisk måleprogram

Registreringer	Beskrivelse	Måleperiode
Luftfylling av kuppel	Ved bruk av kamera	Daglig
Stabilitet av kuppel	Ved bruk av dybdesensorer	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Dybde flytekrage	Dybdesensorer	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Dybde nedsenket bøye	Måling av lufttrykk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Kraft på hanefot	Lastceller på de mest belastede haneføttene	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Kraft i krysstau i tak	Lastceller på de mest belastede krysstauene	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Kraft på bøyekjetting	Lastceller	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Dybde variable bøyer	Måling av lufttrykk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie
Energiforbruk vannføringssystem	Avlesning av effektforbruk på utstyr (omformere)	Punktmålinger
Utfôret mengde per dag	Som registrert i Fishtalk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserie

Vedlegg 3 Lokaliteten Otervika




Vedlegg 4 Gjennomsnittlig velferdsscorer med standardavvik fra oppstart, før avlusning og ved slakt

	Atlantis 1		
	Oppstart	Avlusning	Slakt
Rødbuk	0,45 ± 0,51	0,16 ± 0,37	0,6 ± 0,80
Sår	0,20 ± 0,52	0,26 ± 0,44	0,35 ± 0,91
Risttap	0,75 ± 0,63	0,53 ± 0,6	1,45 ± 0,81
Finneskader	1,10 ± 0,64	1,26 ± 0,64	1,35 ± 0,85
Katarakt	0,10 ± 0,31	0,42 ± 0,5	0
Øyeblikning	0,15 ± 0,36	0,11 ± 0,31	0,15 ± 0,36
Exopthalmus	0,05 ± 0,22	0	0,11 ± 0,48
Operculum	0,15 ± 0,49	0,05 ± 0,22	0,20 ± 0,4
Gjellestatus	0,30 ± 0,57	0	0,10 ± 0,3
Snutesår	0,80 ± 0,52	0,79 ± 0,69	0,65 ± 0,96
Ryggdeformitet	0,10 ± 0,45	0,05 ± 0,22	0
Deformitet underkjeve	0	0,16 ± 0,67	0,15 ± 0,65
Deformitet overkjeve	0	0	0

	Atlantis 2		
	Oppstart	Avlusning	Slakt
Rødbuk	0	0,45 ± 0,59	0,50 ± 0,6
Sår	0	0	0,10 ± 0,3
Risttap	0,70 ± 0,47	0,45 ± 0,5	1,15 ± 0,65
Finneskader	1,20 ± 0,52	1,05 ± 0,22	0,95 ± 0,5
Katarakt	0	0	0
Øyeblikning	0,15 ± 0,37	0,1 ± 0,3	0
Exopthalmus	0	0	0
Operculum	0	0	0
Gjellestatus	0,10 ± 0,31	0	0
Snutesår	0,45 ± 0,51	0,3 ± 0,46	0
Ryggdeformitet	0	0	0
Deformitet underkjeve	0	0	0
Deformitet overkjeve	0	0	0

	Kontroll 1		
	Oppstart	Avlusning	Slakt
Rødbuk	0	0,2 ± 0,4	0,15 ± 0,36
Sår	0	0,05 ± 0,22	0
Risttap	0,75 ± 0,44	1,7 ± 0,71	1,20 ± 0,51
Finneskader	0,60 ± 0,50	1,2 ± 0,6	1,10 ± 0,44
Katarakt	0,00	0,45 ± 0,5	0
Øyeblikning	0,20 ± 0,37	0	0,15 ± 0,36
Exopthalmus	0	0	0
Operculum	0	0	0
Gjellestatus	0,05 ± 0,22	0	0
Snutesår	0,60 ± 0,60	0	0
Ryggdeformitet	0,20 ± 0,61	0,05 ± 0,22	0,10 ± 0,3
Deformitet underkjeve	0	0	0
Deformitet overkjeve	0	0	0

	Kontroll 2	
	Oppstart	Avlusning
Rødbuk	0	0,7 ± 0,46
Sår	0	0
Risttap	0,75 ± 0,55	1,65 ± 0,6
Finneskader	1,15 ± 0,37	1,15 ± 0,6
Katarakt	0,05 ± 0,22	0
Øyeblikning	0,05 ± 0,22	0,05 ± 0,22
Exopthalmus	0	0
Operculum	0,05 ± 0,22	0
Gjellestatus	0,05 ± 0,22	0
Snutesår	0,35 ± 0,49	0
Ryggdeformitet	0	0
Deformitet underkjeve	0	0
Deformitet overkjeve	0	0


Vedlegg 5 Gjennomsnittlig velferdsscorer fra aquabyte helsebesøk ved Otervika

	Atlantis 1			
	20.05.2021	17.06.2021	06.07.2021	16.09.2021
Rødbuk	0,0	0,0	0,0	0,3
Sår	0,0	0,0	0,1	0,0
Risttap	0,7	0,3	0,1	1,2
Finneskader	0,7	0,2	0,2	1,1
Katarakt	0,0	0,0	0,0	0,0
Øyeblikning	0,0	0,0	0,0	0,0
Exophthalmus	0,0	0,0	0,0	0,0
Operculum	0,0	0,0	0,2	0,1
Snutesår	0,4	0,2	0,0	0,3
Nakkeskade	0,0	0,0	0,0	0,0
Ryggdeformitet	0,0	0,0	0,0	0,2
Deformitet underkjeve	0,0	0,0	0,1	0,1
Deformitet overkjeve	0,0	0,0	0,0	0,0

	Atlantis 2		
	20.05.2021	17.06.2021	06.07.2021
Rødbuk	0,0	0,0	0,0
Sår	0,0	0,0	0,1
Risttap	0,4	0,3	0,2
Finneskader	0,7	0,2	0,1
Katarakt	0,2	0,0	0,0
Øyeblikning	0,0	0,0	0,0
Exophthalmus	0,0	0,0	0,0
Operculum	0,0	0,0	0,0
Snutesår	0,3	0,2	0,1
Nakkeskade	0,0	0,0	0,0
Ryggdeformitet	0,0	0,0	0,0
Deformitet underkjeve	0,0	0,0	0,0
Deformitet overkjeve	0,0	0,0	0,0

Figurer og tabeller

Figur 1	Atlantis som prinsipp	9
Figur 2	Utvikling i temperatur på ulike dyp (10, 20, 30, 40, 50 og 60 meter) i uke 18-39 2021 ved Otervika.....	12
Figur 3	Saltholdighet på ulike dyp (20, 40 og 60 meter) i uke 18-39 2021 ved Otervika.....	13
Figur 4	Oksygenmetning i prosent fra utsett til slakt ved Otervika 2021 i Atlantis merd OV06 og OV12 målt i senter av merd på ca 39 m dyp.....	14
Figur 5	Gjennomsnittlig, maks og strømfordeling for 5m, 15m og 25m for tilgjengelige måleserier. ...	15
Figur 6	Gjennomsnittlig, maks og strømfordeling for 35m for tilgjengelige måleserier.	16
Figur 7	Vindstyrke i m/sek på Kvaløyfjellet ved Otervika fra mai til september (Kilde: Yr.no).....	17
Figur 8	Vindretninger målt på Kvaløyfjellet ved Otervika (Kilde: Yr.no).....	17
Figur 9	Eksempel på bilde tatt av fisk med Aquabyte kamera.....	18
Figur 10	Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorene som ble vurdert, for de fire merdene ved oppstart Otervika.	20
Figur 11	Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorene som ble vurdert, for de fire merdene ved avlusning i før avlusning i uke 34.....	21
Figur 12	Oversikt over andel fisk med velferdsscore 0, 1, 2 og 3 fordelt på de ulike velferdsindikatorene som ble vurdert, for de fire merdene ved avlusning i ved slakteføring.	22
Figur 13	Dødelighet (%) i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 under utsett på Otervika frem til uke 39. Trekant markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice kur, stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og runding markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling. Blå og oransje piler markerer heving og senking av hhv. Atlantis 1 og Atlantis 2.	23
Figur 14	Svømmehastighetsmålinger målt som fiskelengde per sekund fra fisk øverst i merdene Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2. X- akse viser måneder og y-akse viser gjennomsnittlig hastighet ved målingen, målt som fiskelengde per sekund.	28
Figur 15	Svømmehastighetsmålinger målt som fiskelengde per sekund fra fisk nederst i merdene Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2. X- akse viser måneder og y-akse viser gjennomsnittlig hastighet ved målingen, målt som fiskelengde per sekund.	28
Figur 16	Viser målt overflateaktivitet i timene etter heving av merd og fjerning av tak for de to Atlantismerdene på lokaliteten.	29
Figur 17	Akkumulert overflateaktivitet de første timene etter heving av Atlantismerdene.....	30
Figur 18	Lusetall talt med Aquabyte kamera i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 fra uke 22 til 36. Lusetallene er gitt som gjennomsnittlig antall lus pr. fisk pr. uke, alle lusestadier sammenlagt. Blå stjerne markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice-kur, røde stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og grønn stjerne markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling.....	33
Figur 19	EGI i Atlantis merder, kontrollmerder og gjennomsnitt for region Midt justert for riktig temperatur der fisken oppholder seg. EGI er her beregnet fra utsett på Otervika og fram til slakt (kilde: EWOS)	38
Figur 20	Dybdesensorer på luftkuppel.....	40
Figur 21	Tilt av luftkuppel 6.-18. mai 2021	40



Figur 22	Oppsett for lastsensorer	41
Figur 23	Makslast målt i sjakler på Otervika 2021 (tonn)	42
Figur 24	Gjennomsnittslast målt i sjakler på Otervika 2021 (tonn)	43
Figur 25	Groe på Atlantis merd	45
Tabell 1	Gjennomsnittstemperatur og antall døgngader på ulike dyp (10, 20, 30, 40, 50 og 60 meter) under utsett på Otervika	12
Tabell 2	Oppsummering av utsett ved Otervika.	19
Tabell 3	Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra Atlantis 1. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.	33
Tabell 4	Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra Atlantis 2. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.	34
Tabell 5	Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra kontroll 1. Fra oppstart 24/4, før avlusning 26/8 og ved slakteføring 22/9, fordelt på alle stadier.	34
Tabell 6	Gjennomsnittlig lusetall per fisk ved manuell, vitenskapelig lusetelling av 20 fisk fra kontroll 2. Fra oppstart 24/4 og før avlusning 26/8, fordelt på alle stadier.	34
Tabell 7	Sammenligning av automatiske lusetellinger gjort med Aquabytekamera i uke 33, og manuelle tellinger gjort i uke 34, for Atlantis 1 og Atlantis 2, fordelt på fastsittende, bevegelige og kjønnsmodne hunnlus, samt summen av kjønnsmodne hunnlus og bevegelige.	34
Tabell 8	Biomasse ved utsett på Otervika og ved slakt basert på tall fra Fishtalk	36
Tabell 9	Dødelighet, biologisk og økonomisk fôrfaktor og superiorandel for de ulike gruppene fra utsett i sjø på Oksbåsen til slakt.....	37